

4 Cambio climático y agua

No.		Actividad	Página
4.1	★	**Efectos del cambio climático**	2
4.2		**Pasado - Presente - Futuro**	4
4.3	★	**Caja de erosión**	6
4.4		**Experimento de infiltración**	15
4.5	★	**Pósteres: Ciclo de agua**	20
4.6		**Experimento de transpiración**	21
4.7		**Vídeo: Ciclo de agua – La importancia de la cobertura boscosa para los patrones de lluvia**	25
4.8		**Pósteres: Mitigación y adaptación al cambio climático**	26

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

Video

Póster / Folleto

Diapositivas

Hoja de trabajo

4.1 30 min

Efectos del cambio climático

15 min

Introducción y discusión

Material: Mapa mundial y/o regional, en papelógrafo preparado antes, marcadores, tarjetas de moderación

El facilitador pregunta en plenaria si los participantes han experimentado o escuchado de algún incidente relacionado al cambio climático y apunta las respuestas en tarjetas de moderación.
El facilitador o el participante colocan la tarjeta en el mapa, en el lugar dónde ocurrió el evento mencionado.

Preguntas para la discusión

¿Han escuchado recientemente de algún efecto del cambio climático (sequía, inundación, incendios, ...)?

¿Dónde fue (en el mundo, en su región)?

Sigue hasta que se pueda mostrar que todo el mundo esté afectado y se vea la variedad de los efectos. El facilitador complementa con eventos de otros lugares en el mundo, si lo ve necesario.

15 min

Resultados y discusión

Material: Papelógrafo, Marcadores

El facilitador indica, que se nota que todo el mundo está afectado, y hace un resumen de los efectos mencionados en la región y sus efectos sobre la producción agrícola.

Mensajes clave

- Los efectos del cambio climático se presentan en diferentes lugares, de maneras diferentes.
- Es necesario tomar acción local para enfrentar estos efectos y aumentar la capacidad adaptativa y resiliencia de los sistemas productivos.

- Dependiendo del público ajustar el nivel de mapa (municipio, país, global).
- Se puede combinar con una visita al campo y discutir los efectos locales directo en una parcela. También se puede trabajar más a nivel local, haciendo un mapeo de los recursos, producción y riesgos en la comunidad y cómo está influido por el cambio climático.



Los participantes comentan e intercambian sus observaciones en la plenaria. Comentan las prácticas típicas en su región y sus impactos. Mensajes clave se anotan en el papelógrafo.

El facilitador modera la discusión con la ayuda de las siguientes preguntas.

¿Cómo influye el cambio climático a las cosechas en su región? ¿También de forma positiva?

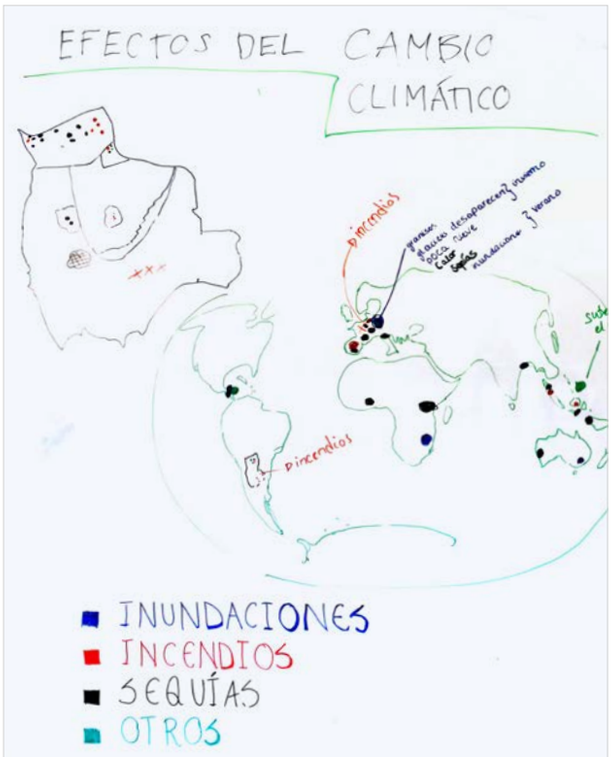
¿Qué diferencias ven en el clima con 20, 10, 5 años atrás y ahora?

¿Cómo podemos enfrentar los efectos de cambio climático en el manejo de parcelas y el paisaje entero?

¿Cómo lo hacen en sus parcelas o han visto en otros lugares (contra sequía, inundaciones, temporalidad alterada, vientos fuertes, incendios, pérdida de biodiversidad etc.)?

Mensajes clave

- El sector agrícola tiene que cambiar para poder adaptarse a las nuevas condiciones de clima
- Pueden surgir también efectos positivos que se pueden aprovechar



4.2 1.5 h

Pasado - Presente - Futuro

10 min

Introducción

El facilitador explica que el ejercicio tiene como meta reflexionar sobre los cambios positivos y negativos en nuestro entorno y paisajes, cómo se ve el futuro considerando los cambios presentes, y cómo nosotros podemos actuar para asegurar la sostenibilidad de la producción agrícola y de nuestras vidas.

El facilitador divide a los participantes en grupos y explica la tarea.

---

60 min

Elaboración de póster: Nuestro paisaje en el pasado, presente y futuro

Material: Papelógrafos, marcadores, lápices, tarjetas para cada grupo

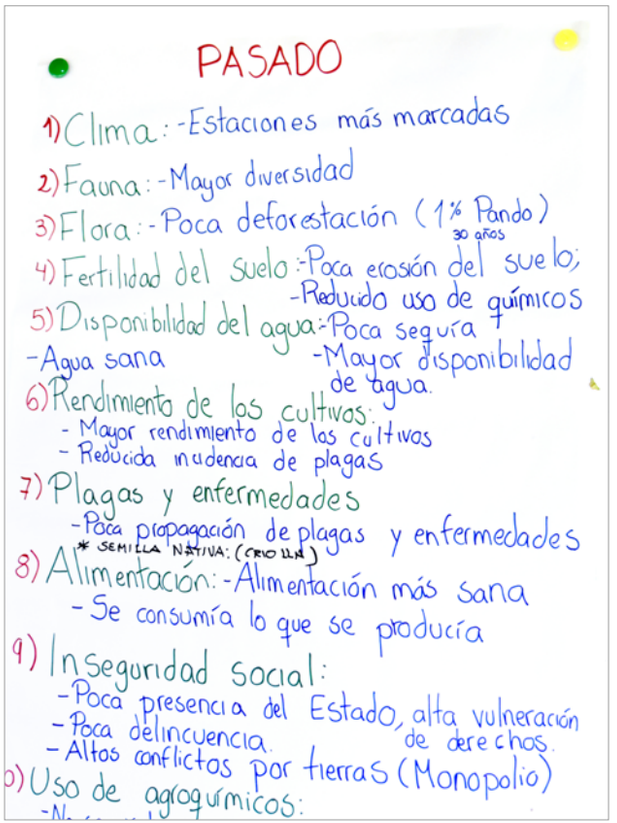
Se forman tres grupos. Cada grupo dibuja o describe la situación en el paisaje reflejando su realidad en uno de los tres periodos de tiempo: pasado (20 o 50 años atrás), presente, y futuro (20 o 50 años después). En el dibujo se refleja el uso agrícola, la biodiversidad, el medio ambiente, vida social, industria, desafíos, etc.

---

20 min

Presentación de resultados y discusión

Cada grupo presenta su trabajo en plenaria. Se empieza con el pasado, se pasa al presente, y se termina con el futuro.



El facilitador modera la discusión sobre la percepción positiva o negativa de las situaciones. Los participantes reflexionan sobre los cambios en el paisaje en los 50-100 años y cómo cada uno puede apoyar un desarrollo hacia el futuro positivo, actuar contra el futuro negativo, y asegurar el desarrollo sostenible.

Preguntas para la discusión

¿Cómo ha cambiado nuestro entorno desde que éramos niños?

¿Cómo vemos el futuro si el desarrollo sigue igual?

¿Cómo podemos cambiar nuestras vidas e influir políticas para asegurar el futuro sostenible?

¿Qué prácticas agrícolas tradicionales y modernas nos ayudarán a mantener el futuro positivo?

¿Qué prácticas agrícolas tradicionales y modernas nos impedirán a mantener el futuro positivo?

¿Cómo podemos incrementar la resiliencia de nosotros y nuestros paisajes para asegurar la sostenibilidad?

Mensajes clave

- Con acciones locales, incluso en la propia parcela, se puede asegurar más sostenibilidad y resiliencia.
- Estamos a tiempo para prevenir un futuro catastrófico utilizando una combinación entre conocimiento tradicional y herramientas modernas.

Es importante asegurar equilibrio entre lo positivo y negativo durante la sesión, para identificar conjuntamente las oportunidades de actuar. Por ejemplo, se puede pedir al grupo trabajando en el futuro, de también incluir una versión optimista al igual que una pesimista para su presentación.



4.3 1 h

Caja de erosión

PLANIFICACIÓN

Lugar

En el exterior, preferiblemente en la sombra.

Pasos del ejercicio

Paso	Método	Duración
Preparación: Ensamblaje de la caja	La caja se prepara antes de la capacitación	Medio día (no es parte de la actividad)
Preparación: Llenar la caja	La caja se llena según las instrucciones y se prepara el material para el ejercicio.	1 hora (no es parte de la actividad)
Introducción y experimento	Se apuntan dos voluntarios previamente instruidos para ayudar con el experimento. Se observa el comportamiento del agua y suelo.	20 min
Discusión	Discusión en plenaria o en grupos, Mensajes clave se anotan en papelógrafo.	20 min
Llamada a la acción	Discutir conclusiones para el manejo y la instalación de parcelas.	20 min
Tiempo total sesión		60 min

Material

Preparación: Caja de erosión ensamblada (ver p. 7–8)

Para llenar la caja: pala, tierra, 1 kg de ceniza, materia orgánica, humus (ver p. 9–10)
Para la sesión: Dos baldes de 15 litros vacíos, 2 baldes de agua con 30 litros de agua, 2 botellas grandes de plástico con huecos en la tapa para servir como regaderas, papelógrafo, marcadores, tarjetas.

Objetivos didácticos

- Relacionar el modelo con sus propias observaciones de momentos de fuerte erosión por lluvia.
- Entender la importancia de tener suelos cubiertos de materia orgánica.
- Conocer distintas maneras de cómo prevenir erosión
- Aprender cómo garantizar la provisión de agua en nuestros sistemas de producción.

A considerar en la planificación

- La caja hay que prepararla con anticipación.
- El material que se usa para llenar los compartimentos (subsuelo, tierra vegetal, etc.) debe estar ligeramente húmedo, pero no mojado.

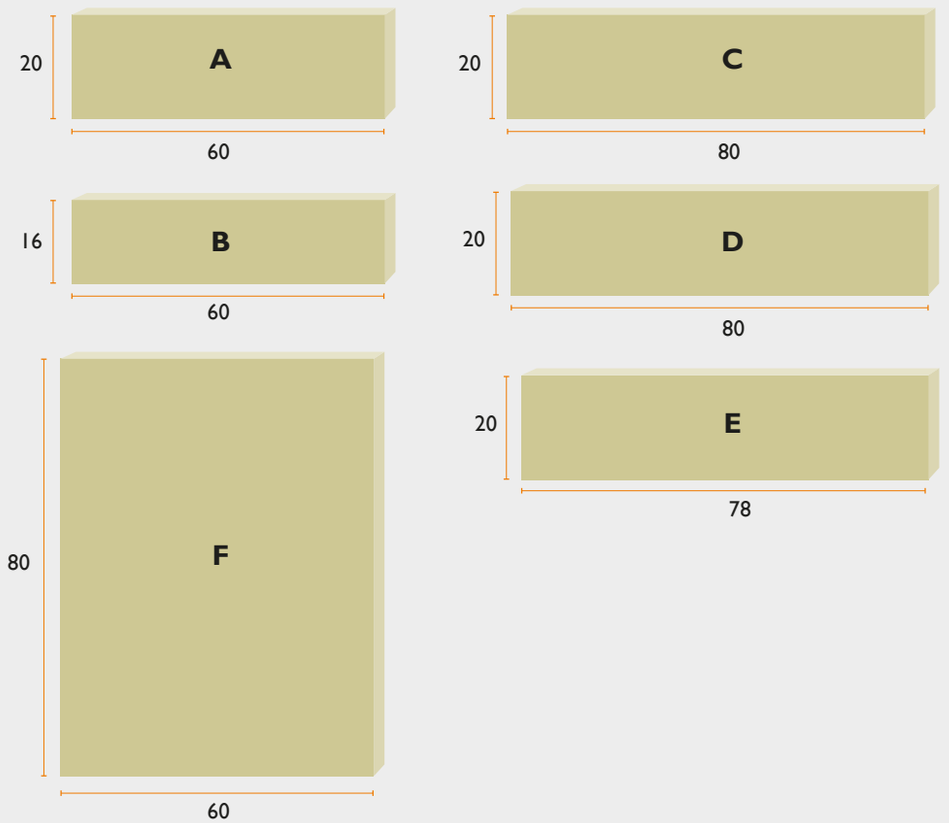


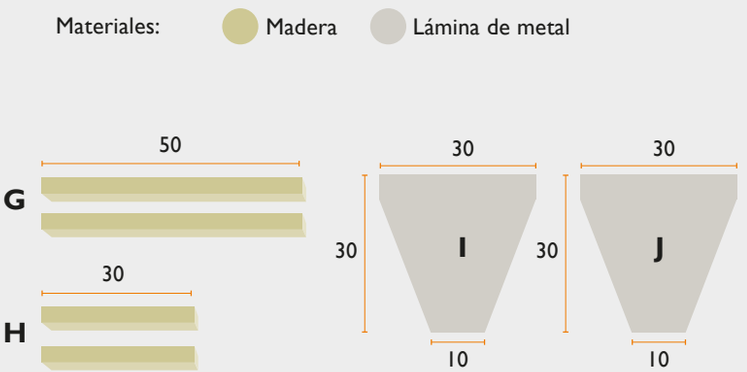
Preparación: Ensamblaje de la caja

La caja de erosión requiere un ensamblaje simple que se muestra en el diagrama a continuación. Al unir las piezas se debe evitar que haya rendijas en las uniones por donde el agua pueda filtrar. La caja se construye con una pendiente o desnivel que permita que el agua circule durante la demostración.

La caja de erosión

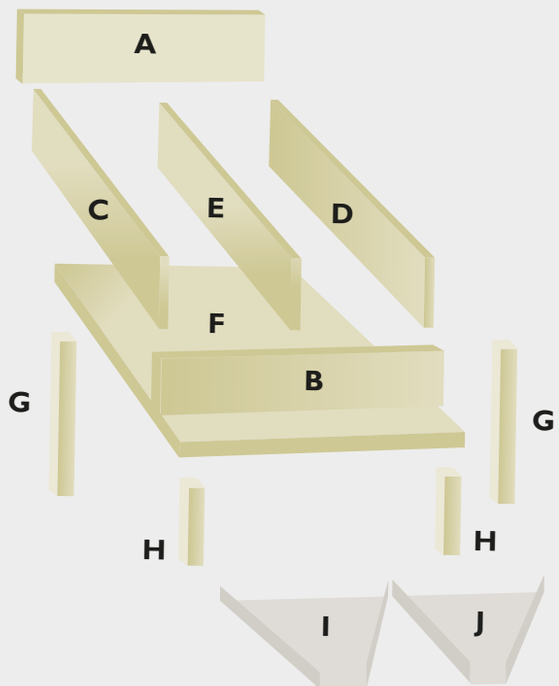
Para elaborar una caja de erosión se necesitan las siguientes piezas en las medidas indicadas.
Piezas y medidas (en cm)

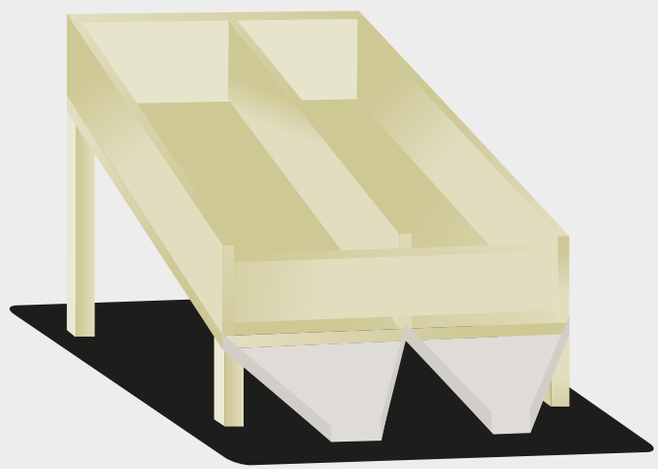




Preparación: Ensamblaje de la caja

La caja de erosión requiere un ensamblaje simple
que se muestra en el diagrama a continuación.
Al unir las piezas se debe evitar que haya rendijas en las uniones por donde el agua pueda filtrar





La caja se construye con una inclinación o desnivel que permita que el agua circule durante la demostración.

Preparación: Llenar la caja con tierra

- Colocar la caja en un lugar amplio, abierto, a la sombra. Que entren cómodamente los participantes
- La inclinación de la caja de erosión debe adaptarse para representar la topografía de la zona.
- Llenar con agua las dos regaderas y colocar los envases vacíos en el pico de cada caja.

Material: Pala, tierra de subsuelo, tierra vegetal, 1 kg de ceniza, material vegetal descompuesto, materia orgánica (hojarasca)

Compartimento 1	Compartimento 2
Representa una parcela donde se ha quemado vegetación para habilitar un cultivo.	Representa una parcela donde no se ha quemado, sino se deja descomponer la vegetación cortada para habilitar un cultivo.
La primera capa como material es igual para los dos compartimentos: Llenar los compartimentos con una pala. Colocar tierra de subsuelo (horizonte B), desmenuzada, fina, seca, libre de terrones y piedras, compactando ligeramente con las manos en el grosor de acuerdo a las siguientes instrucciones:	
La primera capa (tierra) alcanza los 17 cm de altura	La tierra llega hasta los 5 cm.
La segunda capa tendrá un espesor de 1 cm de ceniza, simulando a una parcela después de la quema.	Luego, 5 cm de tierra vegetal fina y seca/ligeramente mojada (tierra negra),
	una capa de 2 cm con material descompuesto
	4 cm de materia orgánica gruesa.
Dejar libres 2 cm en la parte frontal del compartimento, para formar una barrera para el agua que escurre.	Dejar libres 2 cm en la parte frontal del compartimento, para formar una barrera para el agua que escurre.
Opcional: En caso que se quiera discutir más allá de la instalación de parcelas, sino también sobre la influencia de los árboles y plantas sobre el ciclo de agua: Sobre la materia orgánica gruesa se puede colocar pequeñas ramas, simulando los troncos de un bosque o ramitas pequeñas con hojas simulando un bosque o barbecho. Ideal sería utilizar plantas herbáceas plantadas en este caso.	

Preparación: Llenar la caja con tierra

Compartimento 1

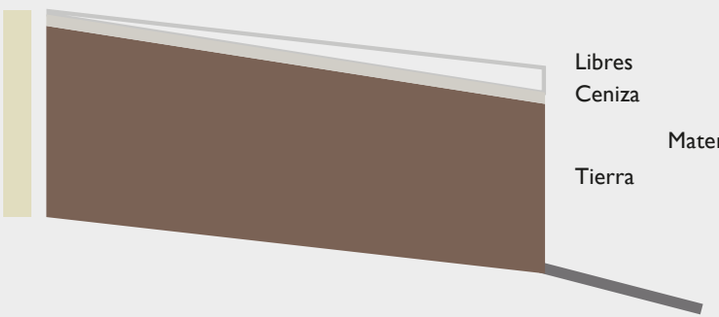


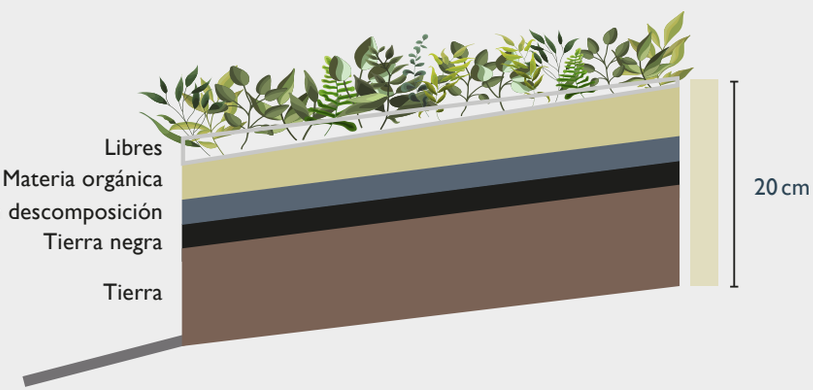


Compartimento 2









Preparación: Materiales y herramientas para el experimento

- Caja de erosión ensamblada
- Dos baldes vacíos de al menos 15 litros cada uno
- 30 litros de agua en baldes
- 2 botellas grandes de plástico con huecos en la tapa para servir como regaderas.



Regaderas a partir de botellas de plástico

- Cortar 2 botellas en la base a la misma altura.
- Producir orificios en las tapa (la misma cantidad de orificios en ambas botellas).
- Llenar de agua y comprobar que las dos botellas se vacían al mismo tiempo.
- La salida de agua debe ser similar a una lluvia torrencial.



4.3 1 h

Caja de erosión

Implementación

El volumen de agua para cada compartimento debe ser igual: de 8 a 10 litros, es importante saber con precisión cuánta agua se usó.

20 min

Introducción y experimento

Material: Caja de erosión montada y preparada antes de la sesión, agua, regaderas.

Procedimiento

- El facilitador apunta dos voluntarios previamente instruidos que van a ayudar con la demostración y dirige el experimento según las instrucciones.
- El facilitador explica los dos sistemas agrícolas representados en los dos compartimentos de la caja.
- El facilitador indica que habrá una lluvia torrencial, y anima a los participantes a observar lo que sucede en cada compartimento.
- Los participantes observan el experimento, notan las diferencias entre los dos compartimentos y se fijan en varios detalles (corriente y color del agua, comportamiento del suelo, etc.).

Experimento

- Las personas asignadas llenan las regaderas con la misma cantidad de agua.
- Sueltan primero dos litros al mismo tiempo, solo en la mitad de arriba de la caja.
- Las personas asignadas riegan el resto del agua, repitiendo de arriba para abajo, cuidando de no pasar al otro compartimento.
- El riego debe mantenerse hasta que el agua empiece a escurrir en el compartimento "no quemado". Si es necesario, volver a llenar las regaderas.



Dos personas asignadas riegan al mismo tiempo los dos compartimentos de la caja de erosión, mientras los demas hacen sus observaciones.

20 min

Reportar observaciones y discusión

Material: Papelógrafo, tarjetas y marcadores en caso de que participantes observan en grupos

Los participantes comentan e intercambian sus observaciones en plenaria (o se puede trabajar en grupo anotando sus repuestas en las tarjetas) y elaboran explicaciones sobre las causas y posibles impactos. Comentan las prácticas típicas en su región y sus impactos. Los Mensajes clave se anotan en un papelógrafo.

Preguntas para la discusión

¿En cuál sistema hubo mayor erosión/pérdida de tierra? ¿Y en cuál menor?

¿Qué pasa con el agua que escurre?

¿Qué se observa en el agua infiltrada que se acumula en los dos baldes?

¿Por qué hay diferencias entre los dos compartimentos?

¿Les sorprende este resultado?

¿Tienen experiencias similares de su lugar de origen?

¿Ha cambiado la situación en los últimos 20 años?

¿Hay sequías o inundaciones en su región?

¿Qué otras maneras de prevenir la erosión conocen?

¿Qué significa la erosión para el suelo y los nutrientes disponibles para la producción?





20 min

Llamada a la acción

Material: Papelógrafo, marcadores, tarjetas

El facilitador anima la discusión con las preguntas propuestas abajo y anota los puntos claves en el papelógrafo/las tarjetas. Divide las acciones de corto, mediano y largo plazo y quién tiene la responsabilidad.

¿Qué podemos hacer para reducir la pérdida de suelo y agua en nuestros sistemas productivos, paisajes y regiones?

¿Quién tiene el poder, la responsabilidad de tomar acción?

Mensajes clave

- El suelo no-cubierto (aunque con o sin ceniza) siempre es más vulnerable a erosión que el suelo cubierto con materia orgánica o con plantas vivas
- La cobertura del suelo es imprescindible para prevenir erosión y para mejorar la retención de agua en el sistema
- El riesgo de erosión para parcelas en pendientes es aún más alto
- La quema de la parcela no trae beneficios a largo plazo, al contrario, expone el suelo
- Con el cambio del clima se esperan lluvias más fuertes y sequías imprevistas, hay que adaptarse con mayor protección del suelo

4.4 2h

Experimento de infiltración

Planificación

Lugar

Cerca de parcelas demostrativas, para poder hacer el experimento en diferentes sitios.

Pasos del ejercicio

Paso	Método	Duración
Preparación de infiltrómetros		1.5 h
Introducción y demostración	Demostración del facilitador/a sobre como utilizar el infiltrómetro.	15 min
Experimentación con infiltrómetro	Experimentación en grupos en distintos lugares.	60 min
Reportar resultados y discusión	Discusión en plenaria, papelógrafo	45 min
Tiempo total sesión		2 h

Material

Infiltrómetros: Preparar un infiltrómetro por grupo (ver p. 16).

Para la sesión: Hoja de trabajo H 4.4, lápiz uno por grupo. 1 o 2 hojas de papelógrafo, rotuladores, reglas, cronómetro/celular, 1 litro de agua (por ejemplo, una botella/un balde) por grupo.

Objetivos didácticos

- Entender la importancia de las raíces, la materia orgánica como cobertura del suelo y la capa herbácea para la infiltración.
- Relacionar la infiltración con la escorrentía, y la escorrentía con la erosión, y comprender por qué los bosques/árboles son importantes en las cuencas hidrográficas para evitar las inundaciones.
- Comprender por qué la infiltración aumenta con la actividad biológica (raíces, sustancia orgánica, formación de poros).
- Comprender cómo con su gestión, los productores y productoras pueden afectar a las tasas de infiltración y, por tanto, aumentar la eficiencia del uso del agua en sus parcelas.

Preparación de material

Construcción de los infiltrómetros

El infiltrómetro es un instrumento utilizado por los científicos, aquí se muestra un ejemplo de cómo construirlo con materiales disponibles en todas partes.

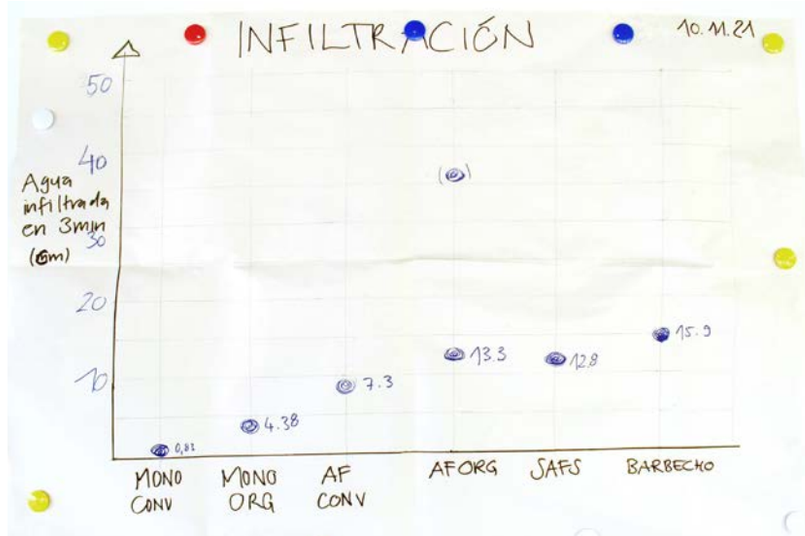
Para construir los infiltrómetros, se usa una lata de alimentos que se corta con un abre lata o cuchillo. Alternativamente se pueden usar tubos de plástico. Cortar el fondo de una lata para obtener un tubo.

Marcar la lata con una linea con rotulador permanente a 1/3 de la altura total, para saber hasta donde entra en la tierra en los experimentos.

Visualización de los resultados

Prepare dos rotafolios. Uno con una tabla para anotar los valores individuales reportados por los participantes, el segundo para visualizar los resultados en un gráfico científico (calculando un promedio por sistema de producción o sumando los valores de todas las mediciones por grupo).

Los resultados dependen de la humedad de suelo, por ello es importante de hacer una prueba antes de practicar el ejercicio con los participantes. Así se puede adaptar la escala en el gráfico.



Ejemplo de visualización de los datos después de practicar el experimento en los 5 sistemas productivos en el ensayo a largo plazo SysCom y en los barbechos.

MONO CONV: Monocultivo convencional, con aplicación de herbicida.
MONO ORG: Monocultivo orgánico, suelo cubierto de hierbas vivas.
AF CONV: Agroforestal convencional, con herbicida y suelo cubierto de hojarasca.
AF ORG: Agroforestal orgánica, suelo cubierto de hojarasca y algunas hierbas.
SAFS: Agroforestal dinámico, suelo cubierto con hojarasca, hierbas y árboles de regeneración natural.
Barbecho: Bosque secundario de la misma edad, con hojarasca y muchas raíces, sin compactación por pisoteo.

Se excluyó un valor extremamente alto en AF ORG para calcular los promedios.

4.4 2h

Experimento de infiltración

Implementación

15 min

Introducción y demostración

El facilitador pregunta por la experiencia de los participantes con erosión/inundaciones e introduce el tema y el objetivo. El facilitador demuestra como se utilizará el infiltrómetro y cómo se tomarán los datos usando el formulario.

---

60 min

Experimentación con infiltrómetro

Material por grupo: Hoja de trabajo H4.4 con la instrucción y el formulario impreso infiltrómetro, regla, lápiz, 1 litro de agua y cronómetro o celular.

Los participantes se dividen en grupos de 3-5 personas. Cada grupo realizará 5 mediciones en uno de los ambientes previamente escogidos por el facilitador. Por ejemplo se pueden escoger distintos espacios dentro de una parcela demostrativa, también en bosque o en un pastizal compactado.

Los participantes deben anotar los mm que han infiltrado en 3 minutos, ver la descripción en la hoja de trabajo H 4.4.

Mensajes clave

- Donde hay plantas o raíces, o materia orgánica la tasa de infiltración es mayor.
- En los lugares sin cobertura de plantas u hojas la tasa de infiltración es menor.
- Dónde el suelo está más compactado (por ejemplo donde se aplica herbicida), la tasa de infiltración es baja.
- Los poros en el suelo se forman principalmente por la actividad biológica (raíces, lombrices y otros seres vivos). Dónde hay plantas o hojarasca están activos los micro- y macroorganismos.

Otra opción es que cada grupo mide la tasa de infiltración en dos diferentes ambientes y se comparan los resultados después.

45 min

Reportar resultados y discusión

Material: Papelógrafos preparados

El facilitador modera la discusión y anota los resultados reportados por los participantes.

¿En cuál sistema hubo mayor infiltración? ¿Y en cuál la menor?

¿Les sorprende este resultado?

¿Por qué hay diferencias entre los sistemas? ¿Qué ha observado durante las mediciones, en qué sitios la infiltración era alta y dónde baja?

Discusión – Preguntas y respuestas

Si llueve, ¿qué ocurre con el agua que no se infiltra?	Toda el agua que no se infiltra se escurre, por lo que se pierde en el sistema y acaba rápidamente en el río más cercano. Si llueve poco no hay problema, pero si llueve mucho, el sistema no puede absorber el agua. En las pendientes, es especialmente importante que el agua pueda entrar rápidamente en el suelo, de lo contrario el riesgo de erosión y deslizamientos por agua es muy alto. Para frenarlo, es bueno plantar los cultivos/árboles paralelos a la pendiente.
¿Qué significa para el ciclo del agua a nivel regional/de la cuenca entera si el agua se infiltra mejor o se escapa?	Si en una cuenca o región hay muchas parcelas con poca retención de agua, esto puede favorecer una rápida crecida de arroyos y ríos, conduciendo últimamente a inundaciones en las partes bajas. Por lo tanto, la reforestación y protección de los bosques también es una protección contra las inundaciones.
¿Cómo esta la situación en sus parcelas y que prácticas de gestión podría implementar para mejorar la infiltración?	Prácticas de gestión para aumentar la actividad biológica y la cantidad de cobertura del suelo: Dejar el suelo cubierto de plantas vivas, lo que lleva a una densa red de raíces (hierbas y árboles), utilizar las hojas y ramas de los árboles podados regularmente como cobertura del suelo y como nutrición para los organismos del suelo. Los organismos del suelo y las plantas harán el trabajo por usted. Si tiene un suelo muy compactado o degradado, puede utilizar biomasa o compost como aporte externo para iniciar este proceso.
Además de las raíces, la actividad biológica, la materia orgánica y el humus, ¿Qué factores determinan la infiltración?	En suelos arenosos la infiltración es más rápida que en suelos arcillosos. En estas condiciones es aún más importante aumentar esta esponja biológica de material vivo y muerto. Por otro lado, los suelos muy densos y arcillosos necesitan la actividad biológica para hacerlos menos densos y aumentar los poros.

4.5

Pósteres: Ciclo del agua

30 min

Presentación de pósteres

Material: 3 Pósteres P 4.5 Ciclo del agua – fases, P 4.5 Ciclo del agua – Nivel regional, P 4.5 Ciclo del agua – Nivel local, impresos como pósteres y como folletos para entregar a los participantes

El facilitador presenta el ciclo del agua y la influencia de los sistemas agroforestales a nivel de parcela y a nivel de cuencas con la ayuda de los tres pósteres. En su explicación, el facilitador hace referencia a lo observado en la actividad anterior y a las experiencias de los productores a nivel de parcelas. Después explica los efectos a nivel de paisajes o cuencas y como las decisiones de cada productor puedan influir en la dinámica del agua a nivel de una región.

Para animar una discusión con los participantes el facilitador puede usar las siguientes preguntas:

¿Cómo ha experimentado el efecto de árboles cuando llueve? ¿Y cuándo hace sol?

¿Qué significa esto para la cantidad de agua que hay disponible en el suelo?

¿De lo que hemos visto en la caja de erosión, que piensan que pasa, si en una región hay muchas parcelas quemadas con suelo desnudo, en un evento de fuertes lluvias?

¿Y que pasaría en la misma región si las parcelas usan coberturas o se instalan sin quema?

¿Qué podemos hacer para incrementar el almacenamiento de agua en nuestro paisaje y en nuestras fincas y parcelas?

Mensajes clave

- En un suelo fértil, su capa de materia orgánica y las plantas actúan como esponjas, que capturan el agua durante un cierto tiempo.
- Los árboles frenan las gotas de lluvia. Entonces, además de incrementar la infiltración y de proteger con sus raíces que el suelo se pueda arrastrar, sus hojas impiden que el agua caiga fuertemente en el suelo y menos agua llegue al suelo.
- La tala de bosques, especialmente en las pendientes puede dar lugar a inundaciones y a una erosión masiva.
- Las acciones a nivel de parcela, en su conjunto tienen un efecto a escala grande.



4.6 1.5 h

Experimento de transpiración

Planificación

Lugar

En el exterior, en un ambiente dónde se encuentran árboles de cacao con ramas al alcance. Una parte de los árboles deben estar en un ambiente soleado (monocultivo) y otro sombreado (agroforestal).

Pasos del ejercicio

Paso	Método	Duración
Preparación	Dos horas antes, el facilitador identifica el lugar para la actividad y prepara el ejemplo del experimento.	15 min (no es parte de la actividad)
Introducción y demostración	El facilitador demuestra el experimento en un ejemplo.	15 min
Experimento: Montaje	Los participantes realizan el experimento en grupos y con la ayuda de la hoja de trabajo.	15 min
Pausa intermedia/otra actividad	Dejar el experimento desarrollarse	45 min hasta 2 horas
Experimento: evaluación	Los participantes evalúan el experimento en grupos.	15 min
Discusión	El facilitador modera la discusión en plenaria.	30 min
Llamada a la acción	Los participantes discuten las conclusiones.	15 min
Tiempo total sesión		1.5 h

Material

Cinta para marcar las ramas, papelógrafo, tarjetas, marcadores, cinta masquín

Por grupo: 2 bolsas plásticas transparentes de 60 x 40 cm, 2 bandas elásticas de goma, 1 o 2 probetas graduadas de 500 ml para recoger (y medir) el agua condensada en las bolsas, hoja de trabajo H4.6 impresa.

Objetivos didácticos

- Conocer el efecto de la sombra y sol sobre la transpiración de las plantas en el ciclo de agua.
- Entender los efectos positivos y negativos de la transpiración elevada bajo pleno sol sobre la planta de cacao.
- Conocer distintas estrategias de cómo reducir la transpiración de cultivos.
- Relacionar el experimento con sus propias observaciones de momentos de temperaturas elevadas (época seca) en sus parcelas de producción.

- Realizar el experimento en un día soleado, sí esta nublado puede no haber diferencia entre las dos ramas o puede durar más tiempo.
- La selección de árboles para el experimento debe considerar árboles de cacao que se encuentren en ambientes sombreados y otros soleados. Procurar que las condiciones de exposición al sol sean lo más contrastante posible.
- Seleccionar árboles en sistemas de monocultivos y agroforestales para relacionar los resultados con el efecto de los sistemas de cultivo.
- Luego de montar el experimento, usar el tiempo de espera para una pausa o para realizar otra actividad del módulo.
- Si el tiempo no lo permite, se puede montar el experimento con anterioridad y solamente hacer una demostración.

4.6 1.5 h

Experimento de transpiración

Implementación

15 min

Introducción y demostración de la metodología del experimento

Material: Bolsa plástica transparente, banda de goma.

El facilitador introduce el tema y explica el desarrollo y objetivo de la actividad.

Luego, demuestra primeramente cómo se deben seleccionar las ramas y demuestra cómo sujetar la bolsa de plástico.

---

30 min (con una pausa intermedia de entre 45 minutos y 2 horas)

Trabajo en grupos: Experimento

Material por grupo: Hoja de trabajo H 4.6 impresa, cinta masquín o 2 bandas de goma, 2 bolsas de plástico, 1 o 2 probetas graduadas de 500 ml

El facilitador modera la formación de grupos. Cada grupo realizará el experimento en una rama en la sombra y otra rama en el sol.

Con la ayuda de la descripción en la hoja de trabajo, los participantes implementan el experimento: Seleccionan las ramas y amarran las bolsas con cuidado.

A medida que avanza el experimento (45 min a 2 horas), puede desarrollarse otra actividad.

Luego de la pausa, el facilitador demuestra de como medir la tasa de transpiración en una rama como ejemplo. El facilitador mide la cantidad de agua en la bolsas con la ayuda de una probeta graduada.

- Seleccionar ramas que estén bajo sombra/sol, asegurándose de que las condiciones de sol/sombra no cambien desde mínimo 2 horas antes del experimento y durante toda la duración del experimento.
- Ajustar lo mejor posible la bolsa al tallo de la rama para evitar fugas.





Los participantes observan las dos bolsas de su experimento, notan las diferencias entre las dos ramas aisladas y se fijan en varios detalles (empañamiento de la bolsa, condensación de humedad, aparición de agua en la base de la bolsa).

Luego, cada grupo recoge el agua de las dos bolsas, registrando la cantidad de agua generada en el formulario en la hoja de trabajo y describiendo los factores que los explican.

---

30 min

Reportar observaciones y discusión

Material: Papelógrafo, tarjetas, marcadores, cinta masquín

Cada grupo anota sus valores en tarjetas, las pega en el papelógrafo y comparte sus observaciones en la plenaria.

El facilitador anima la discusión sobre las causas y posibles impactos mediante las siguientes preguntas. Anota los Mensajes clave en el papelógrafo.

Preguntas para la discusión

¿En cuál ambiente hubo mayor transpiración? ¿Y en cuál la menor?

¿Qué pasa con el vapor agua que transpiran las plantas?

¿Qué se observa en el interior de la bolsa y que se va acumulando en su base?

¿Por qué hay diferencias entre ramas expuestas al sol y la sombra?

¿Les sorprende este resultado?

¿Qué significa esto para el árbol de cacao?

¿Qué significa la transpiración para la planta y el medio ambiente?

Mensajes clave

- Las plantas expuestas al sol son más vulnerables a desecación que plantas expuestas a la sombra.
- La cobertura del dosel (sistemas agroforestales) contribuye a prevenir transpiración excesiva y así evitar estrés hídrico para el cacao y lograr un uso más eficiente de agua en el sistema.
- El riesgo de desecación para parcelas en monocultivos es más alto qué en sistemas agroforestales.

Calcular la tasa promedio de transpiración para los dos ambientes estudiados (ver hoja de trabajo). Si esto resulta complicado para el grupo, se pueden sumar todos los valores registrados en cada uno de los dos ambientes.



¿En sus parcelas, han visto un efecto de sequías en la mortalidad o vigor de sus árboles de cacao?

¿Han visto diferencias entre lugares abiertos y lugares con cobertura de árboles?

15 min

Llamada a la acción

Material: Papelógrafo, marcadores, tarjetas

El facilitador anima la discusión y anota los puntos claves en el papelógrafo/en tarjetas.
Divide las acciones de corto, mediano y largo plazo y quién tiene la responsabilidad.

Preguntas para la discusión

¿Cómo podríamos prevenir la transpiración excesiva de cultivos? ¿Cómo podemos proteger nuestros cultivos de las sequías y del sol fuerte?

¿Qué podemos hacer para reducir la pérdida de agua en nuestros sistemas productivos, paisajes y regiones?

¿Quién tiene el poder, la responsabilidad de tomar acción?

Mensajes clave

- Con el cambio climático se esperan temperaturas elevadas y sequías imprevistas.
- El uso de sistemas agroforestales es una medida de adaptación para disminuir los efectos negativos de las olas de calor, aumentando la resiliencia ecológica





4.7 20 min

Vídeo: Ciclo del agua – La importancia de la cobertura boscosa para los patrones de lluvia

20 min

Material: Vídeo V 4.7

El Ciclo del agua en sistemas agroforestales - adaptación al cambio climático
youtu.be/CUG9PhXqFPA

El facilitador presenta la influencia de las condiciones ambientales de los sistemas agroforestales sobre el ciclo del agua con la ayuda del video. En su explicación, el facilitador hace referencia a lo observado en la actividad anterior y a las experiencias de los productores a nivel de parcelas.

Preguntas para la discusión

¿Cómo ha experimentado el efecto de árboles (sombra) cuando hace mucho calor?

¿Qué significa esto para la cantidad de humedad que hay disponible en la atmósfera?

¿Han experimentado cambios en los patrones de lluvia en los últimos años? A partir de lo observado, ¿a qué creen que se deben estos cambios?

Mensajes clave

- Una cobertura vegetal sobre los cultivos y suelos reduce el impacto de temperaturas elevadas sobre la evaporación de agua desde el suelo y la transpiración desde los cultivos de cacao.
- Los árboles de dosel generan un microclima. Esto significa que dentro de una parcela agroforestal las temperaturas y la humedad es distinta que en pleno sol. Creando condiciones ambientales amigables para las plantas del sotobosque (por ejemplo el cacao o el café), estas experimentan menor estrés hídrico.



4.8 30 min

Cambio climático – mitigación y adaptación

15 min

Presentación póster mitigación del cambio climático

Material: Póster P 4.8 Mitigación del cambio climático y sistemas agroforestales

El facilitador anima la discusión usando las preguntas sugeridas debajo.

Después, muestra el aporte de los árboles al ciclo de carbono y su almacenamiento con el apoyo del póster. Explica, que la mitigación es disminuir la fuerza del cambio climático y calentamiento global. Para sostener el gran almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales, utiliza los resultados de estudio de carbono en distintos sistemas de cultivo de cacao en el ensayo SysCom Sara Ana.

Preguntas para la discusión

¿Cuándo se quema el bosque para instalar una nueva parcela, a dónde se va el carbono que estaba dentro de la biomasa?

¿En qué sistema de cultivo se almacena más carbono, agroforestal o monocultivo?

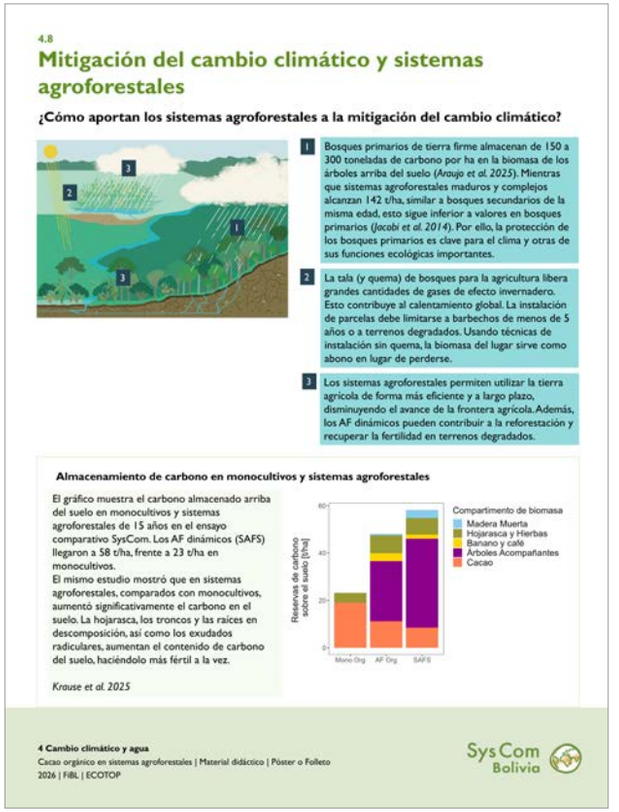
¿Por qué siempre se habla de carbono, porqué es tan importante?

¿Por qué sacando el carbono de la atmósfera se puede mitigar el cambio climático?

¿Cuál es la importancia del bosque para el clima y el almacenamiento de carbono?

Mensajes clave

- Almacenando más carbono en los bosques y sistemas productivos se puede mitigar del cambio climático.
- La deforestación e incendios libera grandes cantidades de carbono a la atmósfera, causando así más calentamiento global.
- Los sistemas agroforestales con alta densidad de árboles acompañantes almacenan mucho más carbono que monocultivos y así juegan rol importante en la mitigación de cambio climático.



15 min

Presentación póster adaptación al cambio climático

Material: Póster P 4.8 Adaptación al cambio climático con sistemas agroforestales

El facilitador anima la discusión usando las preguntas sugeridas debajo.

Después, muestra el aporte de los árboles acompañantes como protección del suelo, cultivos, agua, biodiversidad, y otros con el apoyo del póster.
El facilitador explica, que la adaptación significa de estar preparados para el calentamiento global y otros efectos del cambio climático. Para sostener el potencial de los sistemas agroforestales de aumentar la resiliencia, explica los resultados de SysCom Bolivia: de estudio de efecto de los árboles acompañantes a las temperaturas del aire y suelo, y el potencial de diversificar el ingreso de la producción agrícola.

Preguntas para la discusión

¿Cómo podemos adaptarnos a las temperaturas más y más altas en nuestra parcela y paisaje?

¿En qué sistema de cultivo hace más calor?

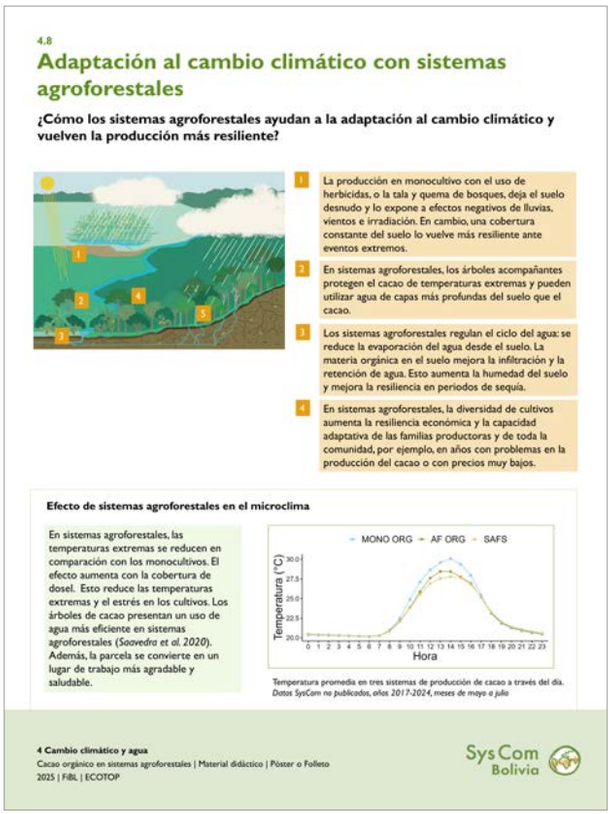
¿Por qué es bueno diversificar nuestros ingresos en visión a eventos extremos como sequías?

¿Por qué plantando más árboles protege nuestro cultivo principal?

¿Qué métodos van a implementar ustedes para enfrentar el cambio climático y conservar agua en sus parcelas y paisajes?

Mensajes clave

- El calentamiento global ya no es un tema de predicción, pero está presente y más fuerte de lo esperado. Cómo nos adaptamos nosotros y nuestros cultivos a la nueva realidad, está en nuestras manos.
- Los sistemas agroforestales tienen un alto potencial de amortiguar los efectos negativos del cambio climático – proteger los cultivos, reducir la evaporación y las temperaturas extremas, diversificar ingresos e incrementar biodiversidad.



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 (videos, 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 4: Cambio climático y agua
Francisco Saavedra (UMSA), Johanna Rüegg (FiBL), Barbora Tůmová (FiBL), Joachim Milz (ECOTOP)

La actividad de la Caja de erosión se ha adaptado de:
J. Milz, B. Pellhammer, W. Yana (2024). Principios de agroforestería sucesional. Módulo 6. Caja de erosión. Herramienta pedagógica para comprender el flujo del agua en los sistemas de producción agrícola.

Disponible bajo:
unocace.com/proyecto-finca/

Diseño: Simone Bissig (FiBL)
Fotos: ECOTOP: página 10; Erick Lohse: p. 21, 22, 23; Julia Männle (FiBL): p. 2, 3, 4, 5; Johannes Milz (ECOTOP): p. 21, 23; Bastian Pellhammer (ECOTOP): p. 11, 16; Johanna Rüegg (FiBL): p. 1, 11, 13; Barbora Tůmová (FiBL): p. 6, 12, 13

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/)