

Policultivos y sistemas silvopastoriles

Estrategias para la adaptación al cambio climático



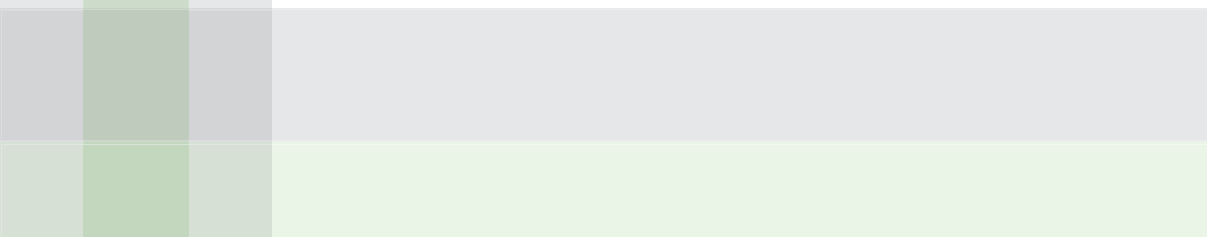
Módulo de estudio

Sud Sair Sierra, Juan Guillermo Cano, Fabián Rojas



POLICULTIVOS Y SISTEMAS SILVOPASTORILES

ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN
AL CAMBIO CLIMÁTICO





Gobernación de Cundinamarca

Guillermo Rivera Flórez
Gobernador de Cundinamarca (e)

Álvaro Turriago Hoyos
Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación

Álvaro Turriago Hoyos
Supervisor Convenio 019 Fortalecimiento de la Innovación a través del Parque Científico de Innovación Social UNIMINUTO y la Gobernación de Cundinamarca



Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

P. Diego Jaramillo Cuartas
Presidente Consejo de Fundadores

Leonidas López Herrán
Rector General Sistema UNIMINUTO

Marelen Castillo Torres
Vicerrectora General Académica (e)

Amparo Vélez Ramírez
Directora General de Investigación

Jefferson E. Arias Gómez
Gerente Parque Científico de Innovación Social

Miguel González Palacios
Director de Proyectos Parque Científico de Innovación Social

Daniel Rocha Jiménez
Director Gestión del Conocimiento Parque Científico de Innovación Social

Carlos Vásquez Hernández
Director Observatorio de Innovación Social Parque Científico de Innovación Social

Juan Guillermo Cano Muñoz
Coordinador proyecto Agroecología

Rocio del Pilar Montoya Chacón
Coordinadora General de Publicaciones

Maritza Durán Guzmán
Coordinadora Editorial Parque Científico de Innovación Social

Sierra Roncancio, Sud Sair
Policultivos y sistemas silvopastoriles. Estrategias para la adaptación al cambio climático: /
Sud Sair Sierra, Juan Guillermo Cano Muñoz y Fabián Rojas Sánchez. -- Bogotá: Corporación
Universitaria Minuto de Dios. Parque Científico de Innovación Social, 2015.

72 p.: il.

ISBN: 978-958-763-156-2

1. Cambios climáticos - Planeación 2. Agricultura sostenible - Planeación 3. Silvicultura -
Planeación i. Cano Muñoz, Juan Guillermo ii. Rojas Sánchez, Fabián.

CDD: 634.9 S43e BRGH

Esta publicación es producto del Convenio Especial de Cooperación No. SCTel 019 de 2013 entre el Departamento de Cundinamarca y la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, cuyo objeto es "Aunar esfuerzos para fortalecer las capacidades de Innovación Social de la región de Bogotá-Cundinamarca potenciando el modelo del Parque Científico de Innovación Social en el que se integran y articulan iniciativas y recursos destinados a atender problemáticas sociales". Las entidades miembros del Convenio están aquí representadas por el Parque Científico de Innovación Social UNIMINUTO, en la construcción académica del texto, y en el proceso editorial de la publicación, y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación - CTel, de Cundinamarca, en la auditoría y control de contenidos de las cartillas, módulos u otro tipo de publicación que surja en el marco del convenio.

Autores

Sud Sair Sierra Roncancio, Juan Guillermo Cano Muñoz, Fabián Rojas Sánchez

Investigadores Parque Científico de Innovación Social

Luis Eduardo Sánchez S, Edith Catherine Niño S, Yulieth Prieto P, Juan Guillermo Cano M, Fabian Rojas S, Albert Hernández G, Jefferson Arias G, Miguel Angel González P.

Coordinación editorial

Maritza Durán Guzmán, Daniel Rocha Jiménez

Revisión interna

Marcela Rozo Gómez, Wilson Garrido Sandoval

Pares evaluadores

Raul Posada Almanza, Jorge Plaza Mora

Corrección de estilo

Daniel Fernando Trujillo Barrera

Diseño y diagramación

Ricardo Molina Sánchez

Ilustraciones

Juan David Medina Leal

Primera edición: 2015

300 ejemplares

Impreso por

Panamericana Formas e Impresos S.A.

Centro Editorial UNIMINUTO

Calle 81B No. 72B - 70. Séptimo piso Edificio p. Diego Jaramillo

Esta publicación hace parte de la Colección Módulos de estudio, serie agro del Parque Científico de Innovación Social.

Reservados todos los derechos al Convenio Especial de Cooperación No. SCTel 019 de 2013 entre el Departamento de Cundinamarca y la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. La reproducción parcial o total de esta obra, en cualquier medio, incluido el electrónico, solamente puede realizarse con permiso expreso del editor y cuando las copias no vayan a ser usadas para fines comerciales. Los textos son responsabilidad del autor y no comprometen la opinión del Convenio.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	15
METODOLOGÍA	17
MAPA CONCEPTUAL	19
CAPÍTULO 1. CAMBIO CLIMÁTICO	21
1.1 ¿Qué es el cambio climático?	21
1.2 ¿Por qué se produce el cambio climático?	22
1.3 Efectos del cambio climático	24
1.4 Evaluación cambio climático	25
CAPÍTULO 2. POLICULTIVOS (CULTIVOS ASOCIADOS)	27
2.1 El suelo	28
2.2 Características del suelo	29
2.3 Sistemas de siembra	33
2.4 Selección del material vegetal	35
2.5 Terreno	36
2.6 Siembra	37
2.7 Evaluación de policultivos	38

CAPÍTULO 3. SISTEMAS SILVOPASTORILES	38
3.1 Beneficios de los sistemas silvopastoriles	40
3.2 Medición del terreno	44
3.3 Selección de materia vegetal	45
3.4 Diseño de sembrado, preparación del terreno y siembra	45
3.5 Siembra de pasturas	47
3.6 Pastoreos	47
3.7 Evaluación sistemas silvopastoriles	47
CAPÍTULO 4. MANEJO DE PARCELAS DEMOSTRATIVAS	49
4.1 Supermagro	51
4.2 Agroplus casero	54
4.3 Compost	55
4.4 Biopreparados	60
4.5 Evaluación Manejo de parcelas demostrativas	64
Bibliografía	65

Listado de figuras

Figura 1.	Emisiones mundiales de Gases Efecto Invernadero (GEI)	22
Figura 2.	Calentamiento de la superficie de América Latina en grados centígrados °C	23
Figura 3.	Horizontes del suelo	28
Figura 4.	Formación del suelo. a) La roca madre; b) Inicio de la meteorización de la roca madre; c) Formación de gravas por meteorización de la roca madre y mulch por la producción de materia orgánica; d) Formación del material llamado suelo, en el que se combinan el material de la roca madre y la materia orgánica o mulch (cubierta protectora que se extiende sobre el suelo)	29
Figura 5.	Micro, meso y macroorganismos del suelo	30
Figura 6.	Proceso de meteorización o degradación de la roca madre a suelo	31
Figura 7.	El pH del suelo y su importancia en los cultivos	31
Figura 8.	Composición del suelo	32
Figura 9.	Cultivos intercalados	33
Figura 10.	Cultivos mixtos	33
Figura 11.	Cultivos en franja	34
Figura 12.	Cultivos de relevo	34
Figura 13.	Terreno seleccionado	36
Figura 14.	Mecanización manual	37
Figura 15.	Distancias de siembra	38
Figura 16.	Elementos de un sistema silvopastoril	39
Figura 17.	Ciclo de nutrientes en un sistema silvopastoril	40
Figura 18.	Simbiosis entre las raíces de una planta leguminosa y Rhizobium	41
Figura 19.	Crecimiento radicular	41
Figura 20.	Arbustos como alimento para ganado	42
Figura 21.	Árboles que ofrecen sombra al ganado	42
Figura 22.	Sistemas silvopastoriles que funcionan como sistemas de conservación de la biodiversidad	43
Figura 23.	Árboles frutales	43
Figura 24.	Medición de un terreno	44

Figura 25.	Siembra con curvas de nivel.	46
Figura 26.	Cerca viva	46
Figura 27.	Montaje para el Supermagro	51
Figura 28.	Mezcla de ingredientes básicos del Supermagro	52
Figura 29.	Mezcla de minerales del Supermagro	52
Figura 30.	Finalización de la preparación del Supermagro	53
Figura 31.	Modo de aplicación del Supermagro	53
Figura 32.	Aplicación del agua oxigenada	54
Figura 33.	Agroplus casero listo para usar	55
Figura 34.	Armado de una pila de compostaje y sus dimensiones	57
Figura 35.	Termómetro de aguja, con el que se mide la temperatura de la pila de compostaje	58
Figura 36.	Técnica del machete	58
Figura 37.	Volteo del compostaje	59
Figura 38.	Técnica del puño	59
Figura 39.	Pasos para preparar un purín	62
Figura 40.	Pasos para preparar una infusión	63

Introducción

Este módulo de estudio ha sido diseñado con el propósito de enseñar prácticas agrícolas como policultivos y sistemas silvopastoriles, las cuales son estrategias que contribuyen a disminuir la vulnerabilidad de territorios y a la adaptación al cambio climático, específicamente de la producción agrícola y ganadera. Asimismo, este módulo proyecta una transformación en la forma en que el agricultor produce y en la mentalidad del profesional en el campo, ya que muestra las consecuencias del cambio climático en el sector primario de la producción agrícola y pecuaria. En suma, estas técnicas aumentan la capacidad para enfrentar las consecuencias de la modificación del clima con respecto al historial climático que ha tenido una zona o región.

Según Perfetti et al. (2013), desde una perspectiva histórica, la agricultura ha desempeñado un papel importante en la evolución económica de las naciones siendo la agricultura familiar una base fuerte en la economía, que participa en gran parte de la seguridad alimentaria del país. Londoño Vélez (2008) menciona que la agricultura de pequeños campesinos participa con un porcentaje de entre el 20% y 60% de los productos de la canasta familiar, con una oferta surtida, continua y variada. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2014), esta cifra le significó al país en el primer trimestre de 2014 un 6,1% de aporte del sector agropecuario al PIB.

Estos niveles de producción se pueden ver afectados por el cambio climático, fenómeno que la (Union Europea, 2006) define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la

actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (p. 7). En opinión del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2010), la ciencia muestra que el cambio climático se manifiesta esencialmente en un incremento lento pero continuo de la temperatura, en alteraciones en los estándares de lluvias, en el aumento del nivel del mar, en la reducción de las zonas del sistemas terrestre que contienen agua en estado sólido y en las modificaciones en los patrones de eventos extremos como tsunamis, tormentas, fenómeno del niño y la niña, etc.

Este cambio climático es el resultado de diversas actividades humanas, principalmente asociadas con la quema de combustibles fósiles, al cambio de uso de suelo y, en particular, a la deforestación y a la producción de residuos sólidos (EstradaPorrúa, F. 2001; González E. et al., 2003; GreenFacts, 2007; Locatelli, Evans, Wardell, Andrade, & Vignola, 2011; PNUMA, 2010).

Lorente et al., (2004) estudiaron que debido a que los sistemas climáticos intervienen sobre la distribución de las especies a través de sus límites funcionales de tolerancia a la temperatura y lluvias se reflejan efectos negativos sobre los sistemas productivos por los drásticos cambios actuales.

Entre los efectos del cambio climático registrados sobre la agricultura y la ganadería se encuentran sequías, heladas, inundaciones, olas de calor, tormentas de granizo (González E. et al., 2003; Kim, n.d.; Scialabba & MüllerLindenlauf, 2010), variación en las conductas de vida de plagas (por desplazamiento a zonas con mayor elevación sobre el nivel del mar, de garrapatas y chinches de los pastos) (Nardone, et al., 2010); en muchas zonas de trópico y subtropical, los sistemas agropecuarios están sobrellevando cambios precipitados, aunque los efectos del calentamiento global no son totalmente desfavorables para todas las zonas productoras agropecuarias, se espera un aumento negativo con efectos sobre los cultivos y forrajes (Nardone, et al., 2010; Thornton, et al., 2009). A pesar de estas dificultades ambientales, las comunidades son resilientes a los efectos del cambio climático. Pero lastimosamente

los ecosistemas se encuentran en un proceso de transformación constante, lo cual dificulta la sustentabilidad de los nichos ecológicos. (Wang, et al., 2014).

“La amenaza del cambio climático global ha causado preocupación, ya que variables climáticas claves para el crecimiento de los cultivos (por ejemplo: precipitación, temperatura, etc.) podrían ser severamente afectadas y así impactar la producción agrícola” (Altieri & Nicholls, 2008, p. 8). Estos efectos negativos en la producción agropecuaria conllevarían a que se disminuya no sólo el porcentaje de producción sino que también disminuiría la calidad de vida de los productores y consumidores (Campos, Velázquez, & McCall, 2014).

Entre las estrategias usadas para contrarrestar los efectos del cambio climático están la siembra de policultivos que según Sarandón, (2005) y RodríguezPosada, (2010) son “una estrategia de diversificación espacial reconocida en el cultivo ecológico, o la producción de dos o más cultivos en la misma superficie durante el mismo año” (p. 1); y los sistemas silvopastoriles los que Navas, (2010) los define como “el uso de árboles en los sistemas ganaderos y que tienen múltiples funciones; fuente de alimentación animal, recuperación de la fertilidad del suelo, regulador del balance hídrico, fijador de CO₂, entre otros” (p. 115).



Objetivos

Objetivo general:

Describir las metodologías agroecológicas en sistemas de cultivos asociados a policultivos y sistemas silvopastoriles dirigidas a comunidades de pequeños productores de Colombia.

Objetivos específicos:

- Reconocer las características relevantes del cambio climático.
- Ilustrar de manera sencilla y aplicable los procesos de implementación de sistemas silvopastoriles y policultivos.
- Proponer las metodologías de sistemas silvopastoriles y policultivos como medidas de mitigación de los impactos del cambio climático.
- Destacar los procesos y técnicas de adaptación que podrían utilizar los estudiantes para transferir y/o enseñar a los pequeños productores agrícolas.



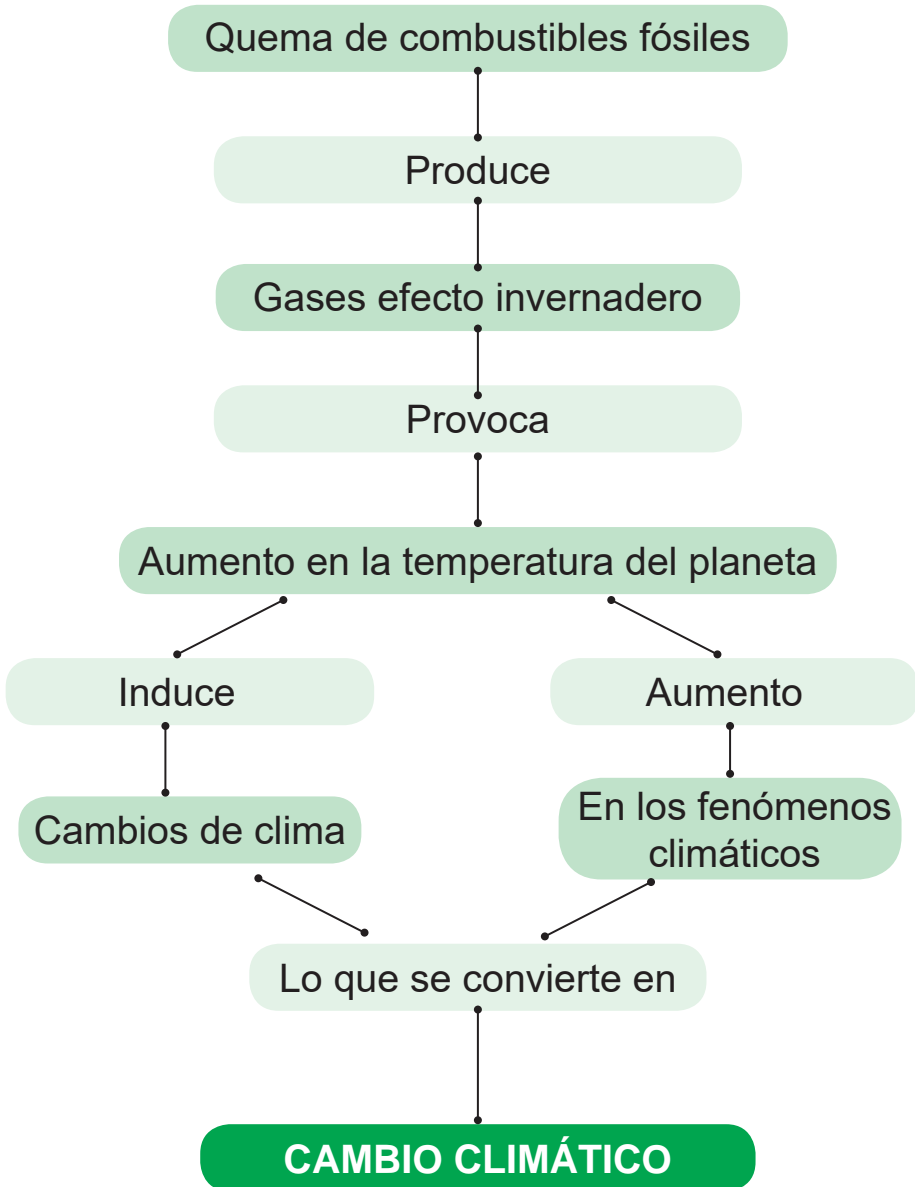
Metodología

La metodología del módulo es presencial, con una duración de ocho meses en los cuales se desarrollarán cada una de las actividades propuestas y al final de cada una de las unidades del módulo se hará una evaluación.

El módulo de estudio se diseñó para que se desarrolle en forma dirigida o de autoaprendizaje, como instrumento de enseñanza que permita la apropiación de los conceptos por medio de la práctica, la investigación propia y participativa, así como la extensión del conocimiento de la comunidad educativa. La metodología de desarrollo del módulo es participativa, activa y práctica, basada en el trabajo en equipo, la socialización de los saberes propios, el análisis de los problemas sociales y el conocimiento de la región.



Mapa Conceptual



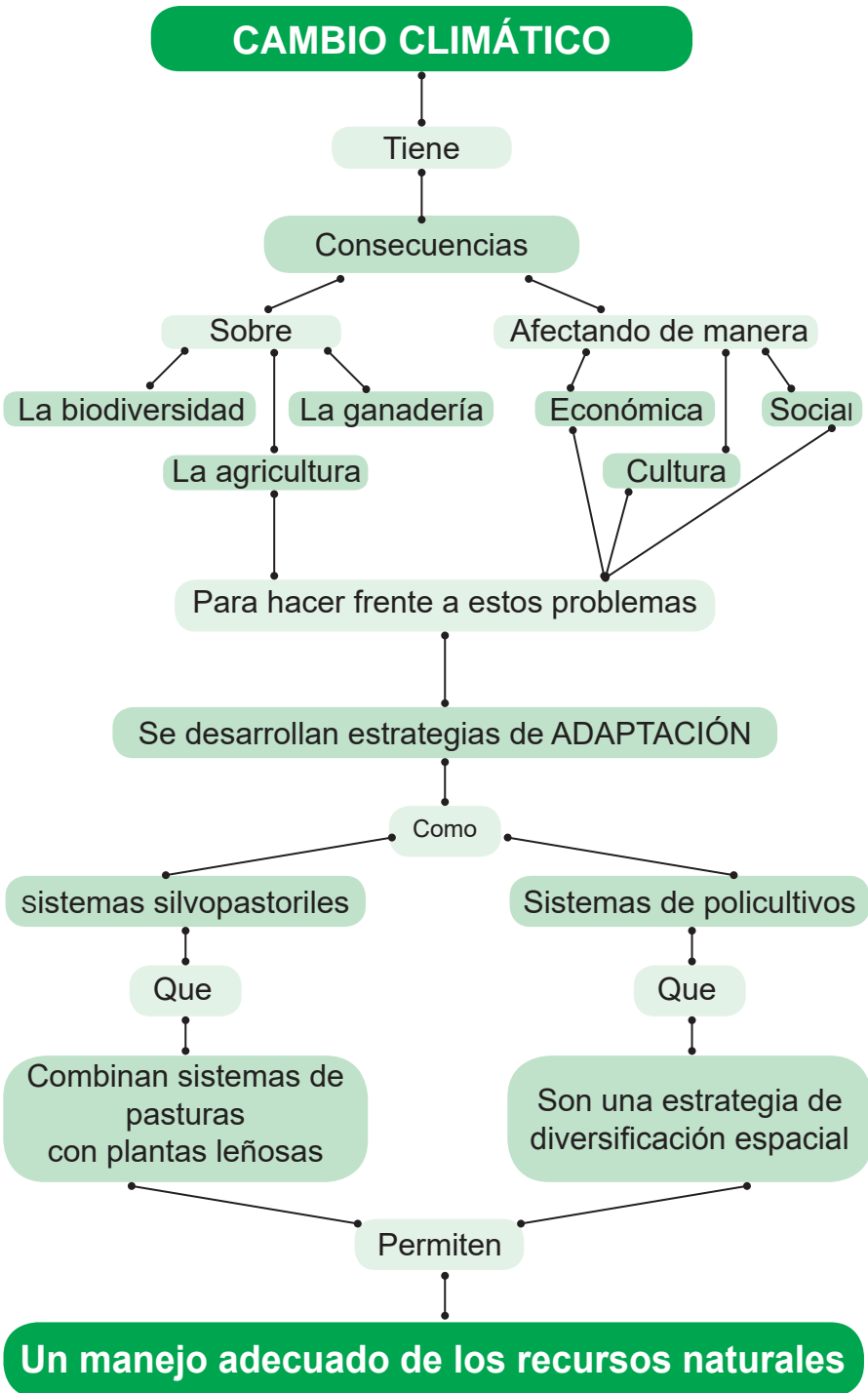


Figura 1. Mapa conceptual de la ruta metodológica.

1 Cambio climático

1.1 ¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático es un aumento en la temperatura del planeta, el cual es causado por la emisión de gases efecto invernadero (GEI), principalmente el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) (CostaPosada, C., 2007; González, E. et al., 2003) los cuales retienen parte de la energía solar y hacen que la superficie terrestre se caliente, generando cambios drásticos en las condiciones climáticas del planeta. Estas emisiones se dan a nivel mundial.



Las emisiones se dan a nivel mundial como consecuencia del aumento de las actividades humanas, (transporte, industria, incendios forestales, uso de insecticidas en la agricultura, etc.) (Costa-Posada, C. 2007; González E. et al., 2003; GreenFacts, 2007) que se intensificaron en un 70% en el último siglo.

1.2 ¿Por qué se produce el cambio climático?

En la figura 1 observamos a) Emisiones anuales mundiales de GEI antropógenos entre 1970 y 2004. b) Parte proporcional que representa diferentes GEI antropógenos respecto a las emisiones totales en 2004, en términos de CO₂ equivalente. c) Parte proporcional que representa diferentes sectores en las emisiones totales de GEI antropógenos en 2004, en términos de CO₂ equivalente.

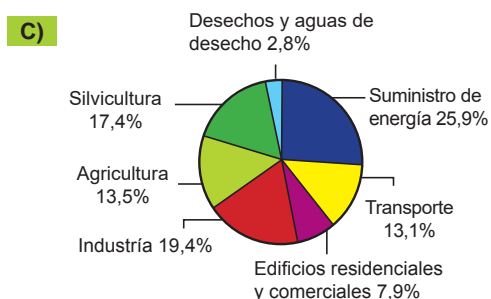
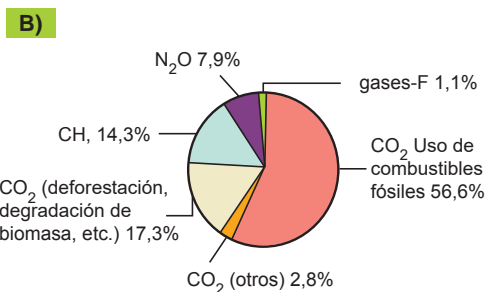
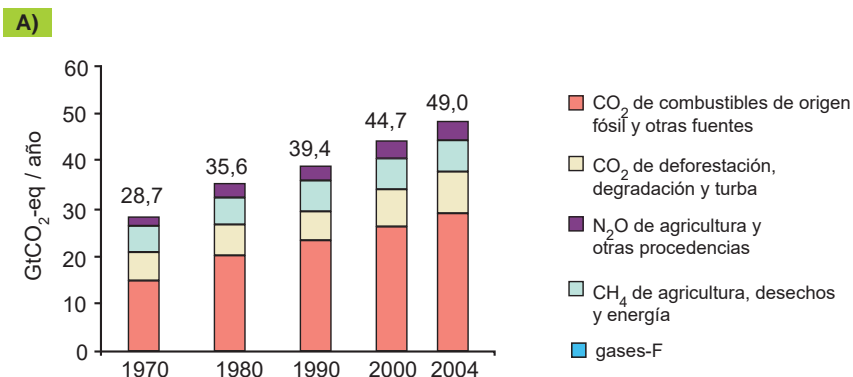


Figura 1. Emisiones mundiales de Gases Efecto Invernadero (GEI). Fuente (IPCC, 2007).



Las emisiones de gases efecto invernadero han aumentado en el último siglo, y tendrán un fuerte impacto en la producción agrícola y pecuaria.
¡Esto es algo inevitable!

Este aumento en la temperatura cambia drásticamente las distribuciones de las lluvias, debido al aumento en la evaporación de las aguas marítimas y continentales, además de causar un crecimiento de las zonas áridas, asimismo, se verán efectos sobre la productividad, la dinámica poblacional, la abundancia y distribución de especies, entre otros (CostaPosada, 2007; EstradaPorrúa, 2001; Lorente, Gamo, Gómez, Santos, Flores, Camacho, Galindo, Navarro, 2004). Se observa el aumento en la temperatura terrestre para la zona de Latinoamérica, en donde está ubicada Colombia; entre más oscuro es el color, mayor temperatura se concentra como se aprecia en la figura 2. De acuerdo con los diferentes modelos climáticos hacia finales de este siglo (2090-2099) se proyectan aumentos en la temperatura para América Latina de entre 1°C y 4°C.

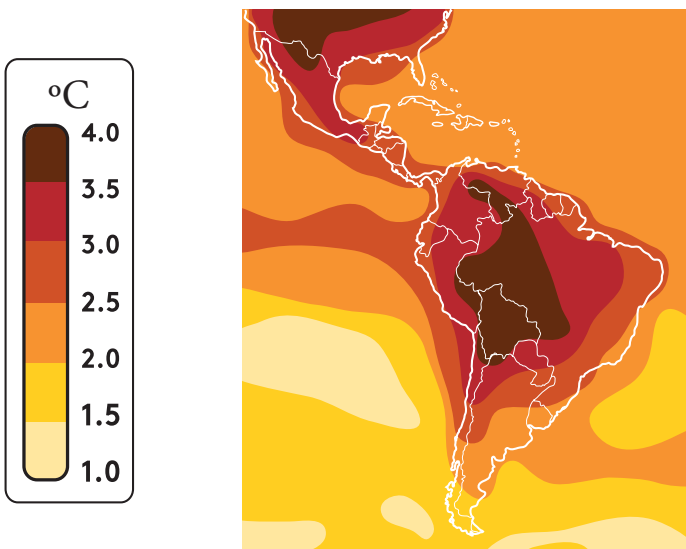


Figura 2. Calentamiento de la superficie de América Latina en grados centígrados °C.

Fuente (IPCC, 2007).



El aumento de la temperatura para la década del 2090 al 2099, será de 3 a 3.5 °C, teniendo como referencia el período de tiempo de 1980 a 1999.

1.3 Efectos del cambio climático

El clima general es uno de los principales determinantes de la producción agrícola y la alteración del clima pueden causar variabilidad en la producción (Altieri & Nicholls, 2008), las plantas y plagas también pueden tener efectos adversos en la agricultura, debido a sus procesos de adaptación biológica, pues debido a sus cortos ciclos de vida tienden a evolucionar rápidamente y adaptarse a nuevos pisos térmicos (Lorente et al., 2004). “Un país como Colombia, que tiene poco control sobre las causas del fenómeno, debe dedicarle gran esfuerzo a prepararse para sus impactos” (CostaPosada, 2007, p. 79).

Algunos de los efectos del cambio climático sobre la agricultura y la ganadería son sequías, heladas, inundaciones, olas de calor, tormentas de granizo, (Kim, n.d.), cambio en los hábitos de vida de plagas (ejemplo, desplazamiento a zonas con mayor elevación sobre el nivel del mar, de garrapatas y chinches de los pastos) (Nardone, Ronchi, Lacetera, Ranieri, Bernabucci, 2010). Para adaptarse al cambio climático se han desarrollado estrategias que mitigan los efectos del cambio y facilitan que los agricultores se apropien de los procesos para adaptarse a los cambios sin mayores efectos ni consecuencias.

1.4 Evaluación sobre el cambio climático

Al concluir el tema, los alumnos deberán ser capaces de identificar las causas del cambio climático y las consecuencias de sus efectos sobre los agroecosistemas.

Para medir su nivel de comprensión del tema, los estudiantes deberán desarrollar el siguiente cuestionario y en una hoja en blanco escribir en un párrafo a modo de ensayo sobre las consecuencias que ha traído el cambio climático sobre la comunidad en la que vive.

El curso se dividirá en parejas para el desarrollo de la actividad, al final de evaluación se hará una mesa redonda y se discutirán las respuestas a las preguntas; asimismo se compartirá el ensayo que cada estudiante hizo.

1 . ¿En qué consiste el efecto invernadero? (Por favor seleccione una (1) o más respuestas).

- Aumento en la presión atmosférica de la Tierra por la compresión de los gases como el vapor de agua o el dióxido de carbono.
- Variabilidad del clima en la Tierra a causa del incremento de gases industriales producidos por el hombre.
- Parte de la luz solar que llega a la Tierra es retenida por determinados gases y nubes, calentando la superficie y el aire del planeta.

2 . ¿Cuál es la principal causa del aumento reciente de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera?

- El incremento de la temperatura terrestre.
- La quema de combustibles fósiles.
- El aumento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

3 . ¿Cuáles son algunos de los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria?

- El aumento de la temperatura sobre los cultivos.
- Sequías, heladas, cambio en los hábitos de vida de plagas.
- Deshielo de los polos y aumento del nivel del mar.

2 Policultivos (cultivos asociados)

Los cultivos asociados o policultivos son una estrategia de diversificación espacial reconocida en la producción ecológica u orgánica, se practica a gran escala por agricultores de subsistencia en zonas tropicales y subtropicales para un mayor uso de la tierra disponible y para reducir la incidencia de insectos plagas y enfermedades (PérezGutiérrez & SánchezPérez, 2006; RodríguezMorán, 2010).

Para entender correctamente cómo funciona un policultivo o cultivo asociado se repasarán algunos conceptos esenciales para su siembra.

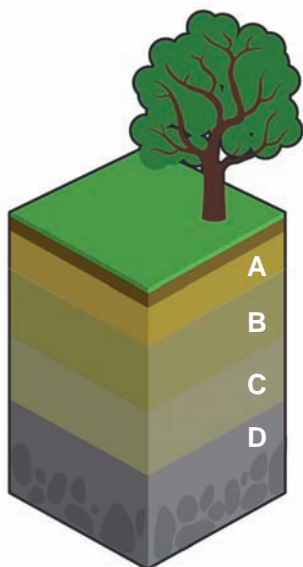


Que buena estrategia sembrar más especies en menos espacios.

2.1 El suelo

El suelo es la fina capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra (Cabria, et al., 2012; Jordán, 2006), y según MalagónCastro, (n.d.) es un cuerpo natural conformado por una conexión de elementos y procesos, resultado de su localización y del contacto de la atmósfera con la superficie de la corteza como se aprecia en la figura 3.

En síntesis, el suelo se forma por la descomposición de las rocas que se encuentran más abajo de la superficie y que con el tiempo van saliendo, pero las condiciones climáticas y la acción de los microorganismos hacen que estas rocas se degraden poco a poco hasta que se convierten en el suelo que se conoce y se trabaja; como se aprecia en la figura 4 este material se combina con la materia orgánica que producen las plantas en la superficie terrestre.



Horizontes del suelo

A	A00	Hojas y residuos orgánico s sin descomponer.
	A0	Residuos parcialmente descompuestos.
	A1	Color oscuro por presenc ia de materia orgánica.
	A2	Color claro por efecto del lavado.
A3-B1		Transición a A-B
B	B2	Precipitación de sustancias lavadas de A.
	B3	Transición B-C.
C	C	Fragmentos y restos de meteorización de la roca madre.
D	D	Roca madre sin alterar.

Figura 3. Horizontes del suelo.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

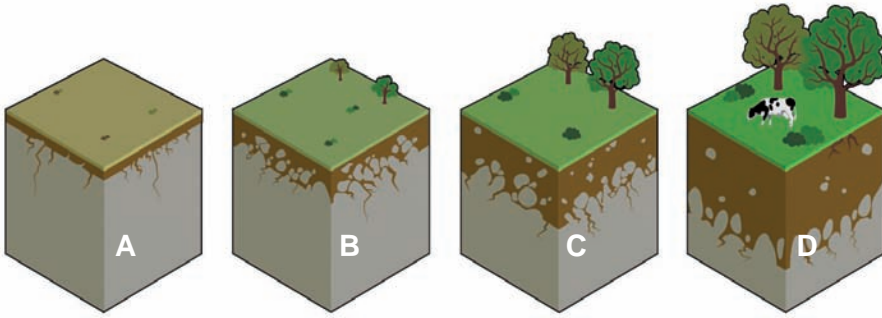


Figura 4. Formación del suelo. a) La roca madre; b) Inicio de la meteorización de la roca madre; c) Formación de gravas por meteorización de la roca madre y *mulch* por la producción de materia orgánica; d) Formación del material llamado suelo, en el que se combinan el material de la roca madre y la materia orgánica o *mulch* (cubierta protectora que se extiende sobre el suelo).
Fuente: UNIMINUTO, 2015.

2.2 Características del suelo

Las características de suelo son importantes, ya que regulan su capacidad para la producción agrícola.

- **Relieve:** Son las elevaciones o irregularidades de la superficie de un terreno consideradas en su totalidad, de esta característica dependen otras, como la escorrentía y la fertilidad, que son afectadas por el nivel de inclinación de la zona, y la vegetación presente en la misma (Cabria, Domínguez, Caladroni, 2012). A mayor grado de inclinación mayor será la escorrentía.



La escorrentía es el agua de la lluvia que la vegetación intercepta, se convierte en flujo superficial sobre el suelo, se infiltra y corre a través de este como flujo subsuperficial hasta que se descarga en los ríos.

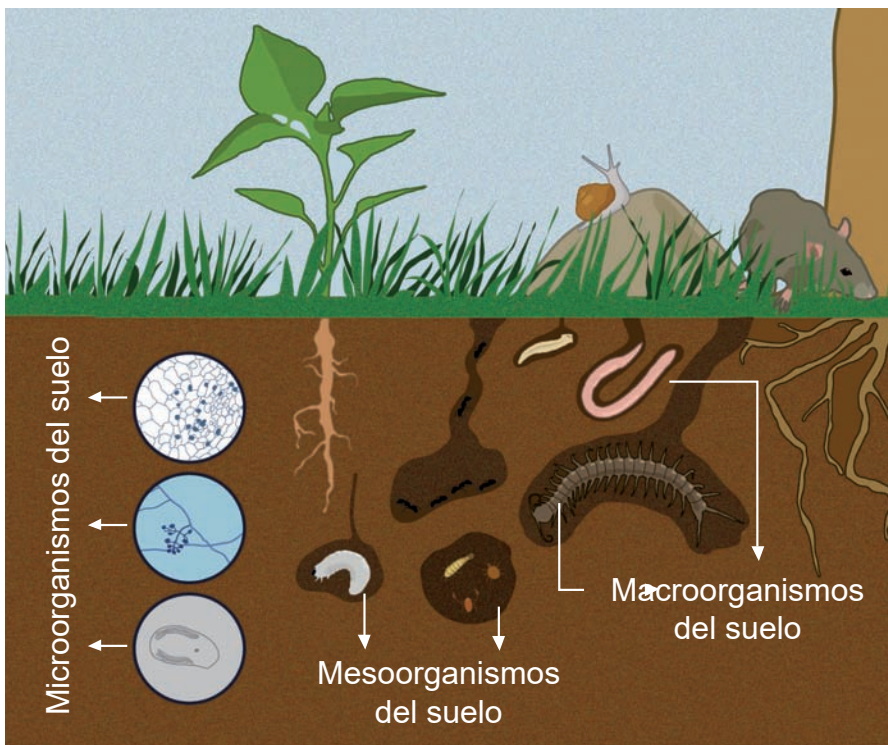


Figura 5. Micro, meso y macroorganismos del suelo.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- **Organismos:** Incluye tanto las plantas como los animales de tamaño grande (macroorganismos), así, como a los pequeños (meso y microorganismos); los organismos o seres vivos se estudian como un factor activo en la formación de los suelos, ya que contribuyen no sólo en la desintegración del material parental (roca madre) sino también en la producción y descomposición de los materiales orgánicos (IGAC, n.d.), como se ve en la figura 5.
- **Rocosidad:** Se entiende como la cantidad de roca firme exteriorizada en un área (afloramientos rocosos), el término “suelo rocoso” se emplea para aquellos suelos que poseen rocas continuas (manto rocoso), mientras que la expresión “suelo pedregoso” se utiliza cuando los suelos presentan fragmentos rocosos sueltos (Cabria et al., 2012), a mayor rocosidad, la labranza del suelo es más difícil y la disponibilidad de los nutrientes es menor; en la figura 6 se pueden observar distintos niveles de rocosidad.

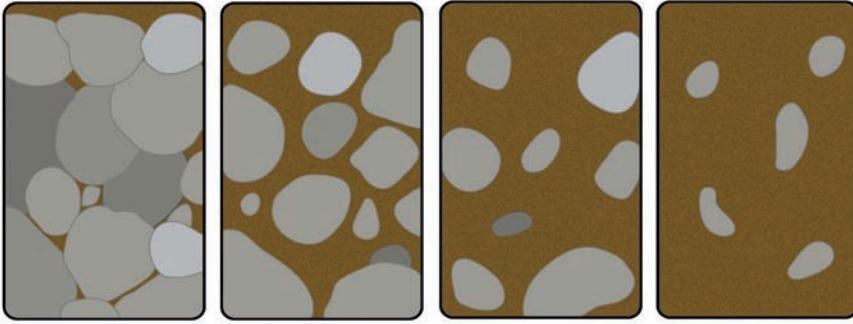
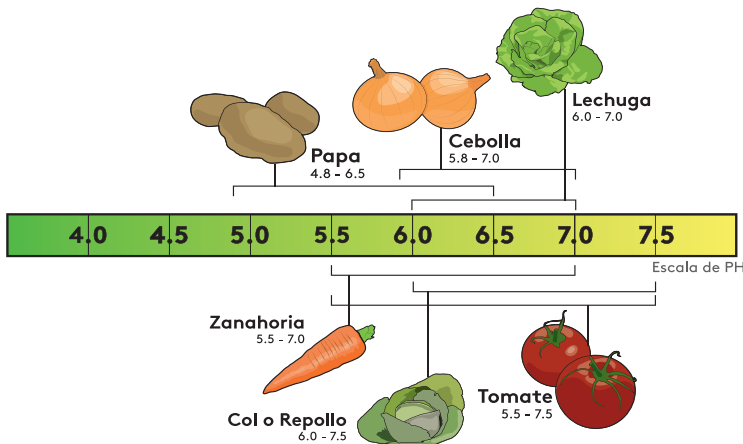


Figura 6. Proceso de meteorización o degradación de la roca madre a suelo.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- pH o acidez del suelo:** La acidez del suelo corresponde a la concentración de hidrogeno (H) en la solución del suelo, esta característica es importante debido a que muchos procesos microbianos o de elementos que son la nutrición de las plantas se ven afectados por la cantidad de H presente (Llorentelsidro, 2002). Como se observa en la figura 7, no todos los cultivos pueden ser plantados en parcelas con el mismo pH, por la disponibilidad de nutrientes.



¿Por qué es importante el pH del suelo?

El pH del suelo afecta la salud de las plantas; para que estas puedan utilizar un nutriente, el mismo tiene que estar previamente disuelto en agua. Muchos de los nutrientes necesarios se disuelven cuando el suelo es ligeramente acidógeno. Muchas plantas crecen bien entre pH de 6 a 7.

Cuando el suelo es acidógeno, los minerales como hierro y manganeso se disuelven en el agua de la tierra; en pequeñas cantidades ayudan a las plantas a crecer; pero si el suelo es muy acidógeno, estos minerales abundan y pueden hacer daño o hasta matar las plantas.

Figura 7. El pH del suelo y su importancia en los cultivos.

Garden Mosaics: Science Pages, 2015.

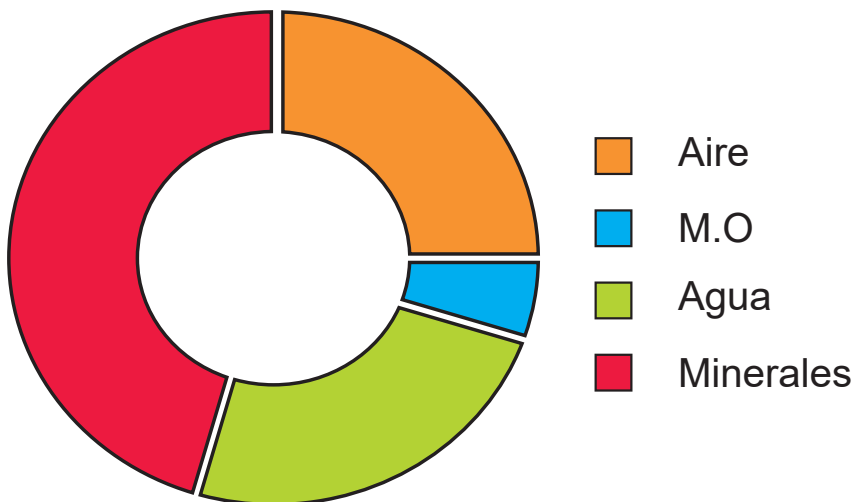


Figura 8. Composición del suelo.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- **Materia orgánica:** Es el resultado de la descomposición de los residuos tanto vegetales como animales, incluyendo los microorganismos. A medida que los microorganismos descomponen los residuos de la materia orgánica, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes) (JulcaOtiniano, MenesesFlorián, BlasSevillano, BelloAmez, 2006). Como se observa en la figura 8, la materia orgánica es el 5% del total del suelo.



Para sembrar los policultivos se debe:

1. Definir el tipo de cultivo o sistema de siembra.
2. Identificar el material vegetal que se va a sembrar (semillas, plántulas, estolones).
3. Preparar el terreno.
4. Sembrar.

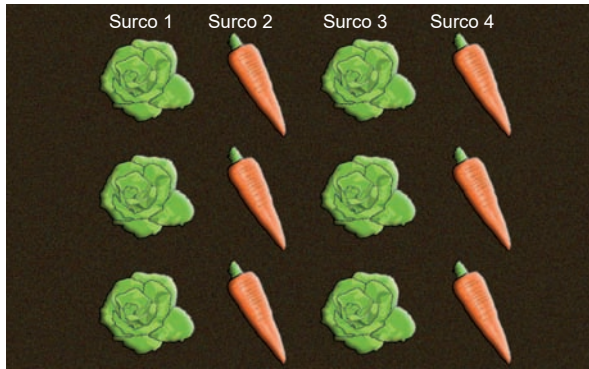


Figura 9. Cultivos intercalados.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

2.3 Sistemas de siembra

GómezÁlvarez y AgudeloMesa (2006), clasifican los diferentes sistemas de siembra en:

1. **Cultivos intercalados:** Es la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, en surcos independientes pero vecinos como se evidencia en la figura 9; cuando se siembran cultivos intercalados se aprovecha el área de mejor manera, con dos o más productos.
2. **Cultivos mixtos:** Consiste en sembrar simultáneamente dos o más cultivos en el mismo terreno, sin organización de surcos. Como se aprecia en la figura 10, los espacios para sembrar cultivos mixtos utilizan menor cantidad de área.

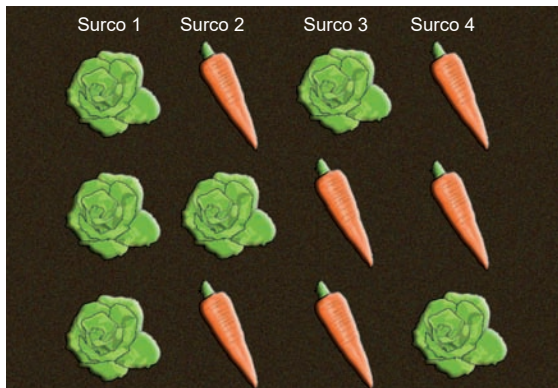


Figura 10. Cultivos mixtos.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

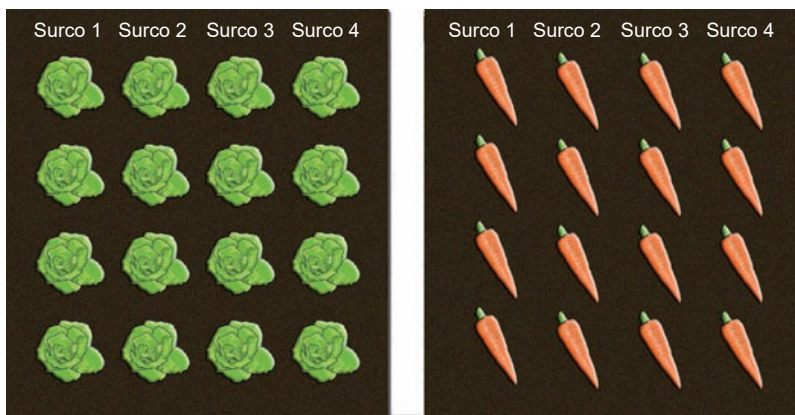


Figura 11. Cultivos en franja.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

3. **Cultivos en franja:** Consiste en la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, pero en franjas amplias. Esta técnica permite un manejo independiente de cada cultivo como se aprecia en la figura 11; los cultivos en franja hacen posible un manejo específico para cada especie sembrada.

4. **Cultivo de relevo:** Consiste en la siembra de dos o más cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo antes de la cosecha del primero. Luego de la cosecha del primer cultivo, el segundo aprovecha el mayor espacio y los residuos (rastros) para su desarrollo como se aprecia en la figura 12. Generalmente estos cultivos se siembran en épocas diferentes del año, en las cuales los cultivos y su adaptación a las condiciones climáticas juegan un papel decisivo.

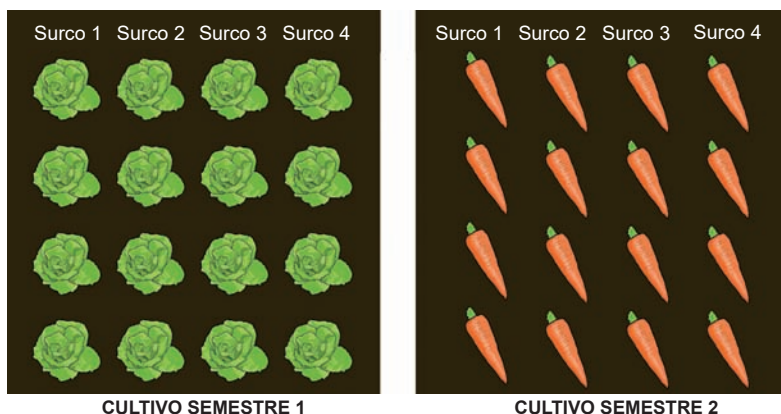


Figura 12. Cultivos de relevo.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

2.4 Selección de material vegetal

La selección del material vegetal o plántulas para la siembra como se ve en la tabla 1 se realiza tomando en cuenta las recomendaciones técnicas y las condiciones del suelo. De igual forma se debe considerar el tipo de policultivo que se va a sembrar; para el caso del proyecto Fortalecimiento de la capacidad de adaptación al cambio climático en territorios productores de agua en Bogotá y Cundinamarca, se estudiaron:

Tabla 1: Especies seleccionadas para siembra en el Proyecto “Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación al Cambio Climático en Territorios Productores de Agua en Bogotá y Cundinamarca.”

TIPO	ESPECIE
AROMÁTICAS	Hierbabuena
	Menta
	Albahaca
	Toronjil
	Tomillo
	Caléndula
	Manzanilla
HORTALIZAS	Lechuga crespa verde
	Lechuga crespa morada
	Lechuga verde lisa
	Lechuga Batavia
	Acelga china
	Brócoli
	Coliflor
	Acelga común
	Espinaca
	Repollo
	Rábano
	Cebolla larga
FRUTAS	Uchuva
	Fresa
	Durazno
	Feijoa

TIPO	ESPECIE
TUBÉRCULOS ANDINOS	Ocas
	Yacón
	Cubios
	Cubios
CEREALES	Quinua
	Amaranto

Nota: Las especies aquí mencionadas fueron seleccionadas para el Proyecto "Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación al Cambio Climático en Territorios Productores de Agua en Bogotá y Cundinamarca", gracias a que se adaptan a las condiciones agroecológicas de las zonas en las que desarrolló. Existen otras especies que también se pueden adaptar a esas condiciones; consulte con su técnico.

2.5 Terreno

Para la selección del terreno se deben examinar las características del suelo, su disponibilidad de agua apta para realizar el riego, que no se encharque y que si es en ladera no sea un terreno erosionado, porque de lo contrario hay que hacer correcciones para mejorar las condiciones de disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Un ejemplo de terreno se puede observar en la figura 13, imagen en la que se evidencian las características del terreno seleccionado y sus componentes principales.



Figura 13. Terreno seleccionado.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.



Figura 14. Mecanización manual.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

En la preparación del terreno hay que considerar el tipo de labranza que se realizará, es recomendable hacer labranza mínima en la que se desyerba el terreno con un azadón y si el terreno es muy duro se puede picar soltándolo un poco como se observa en la figura 14. No se recomienda hacer una labranza mecanizada porque afecta la biología del suelo; los microorganismos que son habitantes naturales sufren directamente por la exposición a la luz solar y por el efecto del volteo que el tractor le hace al suelo.

La hierba y la maleza que se quitan con el desyerbe se pueden utilizar como cobertura vegetal y/o abono verde, ya que es materia orgánica que al descomponerse se transforma en nutrientes para los cultivos. Posteriormente se deja reposar la tierra por un par de días para luego sembrar. La mecanización manual se realiza con azadón y no afecta las condiciones físicas, químicas ni biológicas del suelo.

2.6 Siembra

La densidad de la siembra, o número de plantas por unidad de área de terreno, que se establece para las especies es de 0.30 metros para las hortalizas (surtidas); 0.40 metros para las aromáticas (intercaladas entre las otras especies, como mecanismo de control de plagas y enfermedades alelopatía); 0.30 metros para los cereales (siembra directa a chorrillo, con un previo raleo después de la germinación) y los frutales se siembran de la siguiente forma: la fresa a 0.40 metros entre plantas; la uchuva a 3 metros entre plantas; el durazno a 5 metros entre plantas y la feijoa a 7 metros

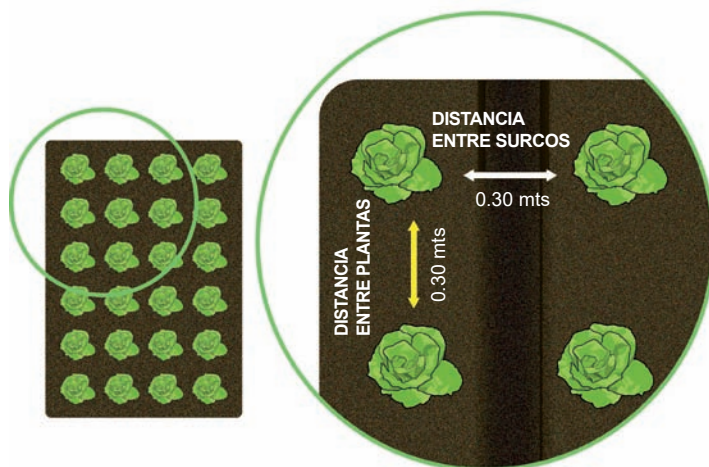


Figura 15. Distancias de siembra.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

entre plantas. Las especies frutales (durazno y feijoa) se siembran alrededor de la huerta, como estrategia de cerca viva y barrera rompevientos. Para todos los arreglos se define un ancho de cama de 1 metro y un número de camas de acuerdo con las condiciones del terreno como se ve en la figura 15. Para la siembra se debe prestar atención a la distancia entre surcos y entre plantas, ya que estos espacios permiten hallar la densidad de siembra; es decir, el número de plantas en una determinada área.

2.7 Evaluación de policultivos

Al concluir el tema, los alumnos deberán ser capaces de implementar un sistema de policultivos siguiendo las técnicas descritas en el módulo de estudio.

Para la evaluación del tema de policultivos, los alumnos deberán elaborar un mapa en un pliego de papel o cartulina de su finca ideal, definiendo las áreas en la cuales sembrarán los policultivos, así como el material vegetal (especies) tanto en cantidad como en sistema de siembra.

Cada alumno expondrá su mapa ante los compañeros de curso y tendrá 15 minutos para explicar, según cada especie seleccionada, la elección del sistema de siembra y el tipo de material (semilla, plántula y/o estolón), además de las distancias utilizadas para la siembra.

3 Sistema silvopastoreo

Un sistema silvopastoril es una alternativa de producción pecuaria en la que se mezclan en la misma área plantas forrajeras como gramíneas y leguminosas rastreras con arbustos y árboles, bajo un sistema de manejo integral y que es destinada a la alimentación animal y usos complementarios como cercas vivas y banco de proteínas (Martin & Agüero, 2009; Restrepo, n.d.; Villanueva, Ibrahim, Casasola, Ríos, & Sepúlveda, n.d.).

Para hacer frente a los problemas de la ganadería en las condiciones del trópico y los efectos del cambio climático, una alternativa de adaptación es el establecimiento de sistemas silvopastoriles (Restrepo, n.d.; Sileshi et al., 2014; Uribe et al., 2011). Como se observa en la figura 16, entre los elementos de un sistema silvopastoril se tienen en cuenta los siguientes:

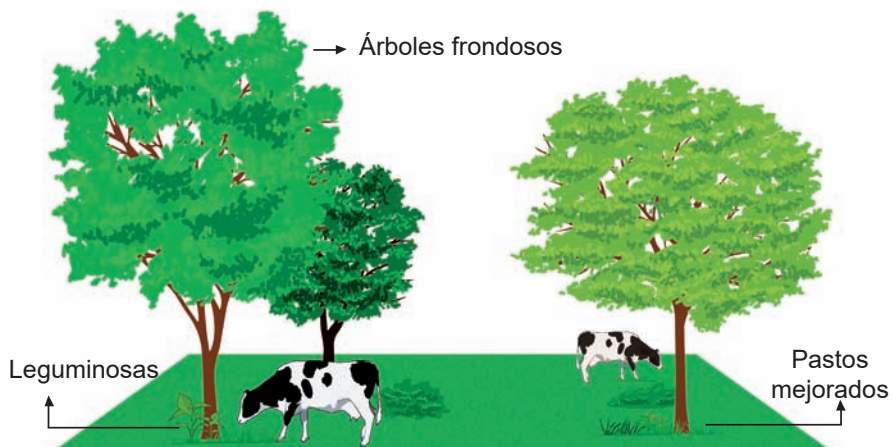


Figura 16. Elementos de un sistema silvopastoril.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

3.1 Beneficios de los sistemas silvopastoriles

Estos sistemas son una herramienta que permite conseguir una ganadería eficiente en la producción de carne y leche, además, mejora la rentabilidad y competitividad de la finca, e incentiva la conservación de los recursos naturales (Jarquín et al., 2005; Zuluaga et al., 2011).

Los beneficios que brindan los sistemas silvopastoriles según Zuluaga et al., (2011) son:

- Reciclaje de nutrientes y conservación de la fertilidad del suelo: los árboles cubren el suelo con su copa, pero además extraen nutrientes de las partes profundas del suelo, con sus raíces y los llevan a la superficie, dejándolos a disposición de los pastos, donde los animales los consumen, asimilan y finalmente los excretan para que se reincorporen al suelo como se aprecia en la figura 17.

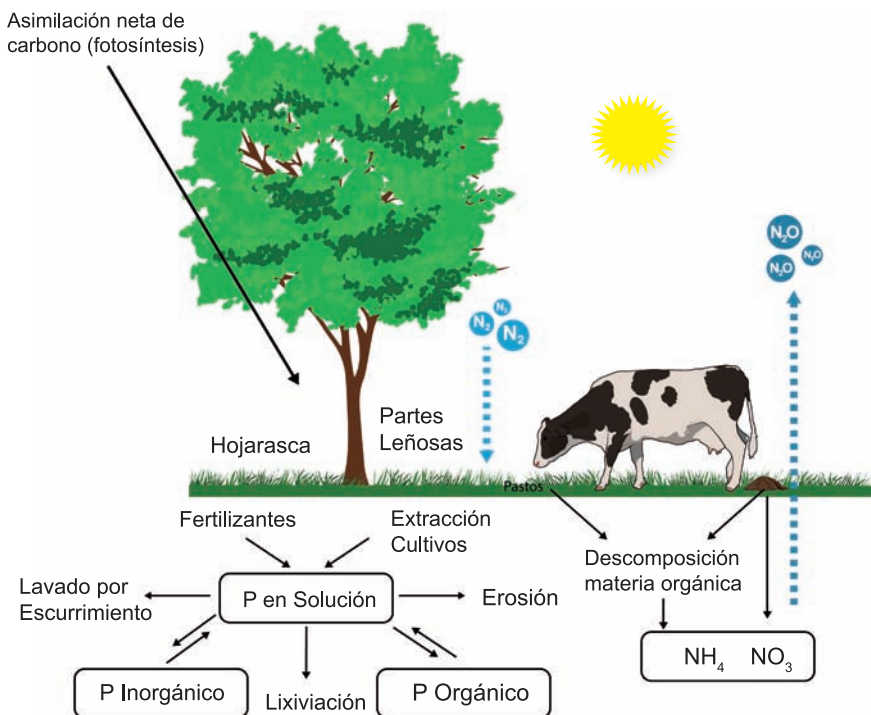


Figura 17. Ciclo de nutrientes en un sistema silvopastoril.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

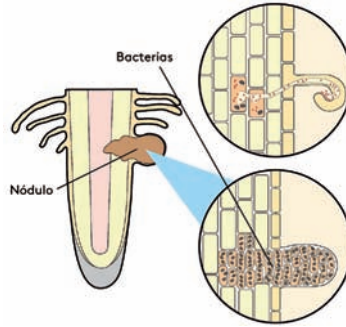


Figura 18. Simbiosis entre las raíces de una planta leguminosa y bacterias *Rhizobium*.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- Fijación de nitrógeno y fertilidad del suelo. Como se ve en la figura 18 cuando se siembran leguminosas, estas plantas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, ya que sus raíces forman una sociedad simbiótica con bacterias llamadas *Rhizobium*, las cuales toman el nitrógeno del aire y lo fijan en los poros del suelo, dejándolo disponible para los pastos y demás plantas.
- Conservación y regulación de las aguas. Las raíces de los árboles sembrados perforan los suelos y ayudan a disminuir la compactación, además facilitan la aireación y la capacidad de retención de agua en el suelo. Como se observa en la figura 19, las raíces tienen mayor crecimiento cuando hay menor compactación del suelo. En la superficie, la hojarasca disminuye en gran parte el arrastre de la tierra fértil ocasionado por la escorrentía cuando las lluvias son fuertes, además actúa como una esponja que retiene agua.

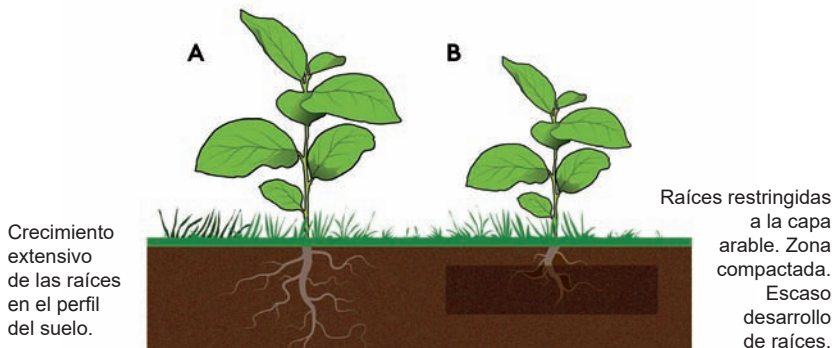


Figura 19. Crecimiento radicular.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

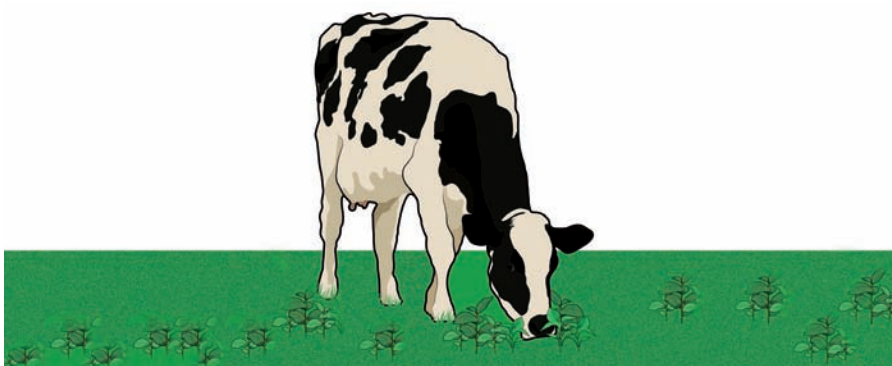


Figura 20. Arbustos como alimento para ganado.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- Alimento para el ganado. Las leguminosas forrajeras son fuente de alimento para el ganado, especialmente en los meses de sequía, como se observa en la figura 20. Los pastos renovados suministran más cantidad y alta calidad en comparación con el pasto convencional.
- Sombra. Como se aprecia en la figura 21, los árboles ofrecen sombra al ganado y mitigan los rayos directos del sol; en las noches resguardan al hombre y a los animales de las inclemencias del clima. Asimismo, mejoran la fertilidad y las características físicas de los suelos. De igual forma, brindan ingresos económicos y agregados a mediano y largo plazo, tales como madera, resguardo, barreras rompevientos y corredores biológicos.

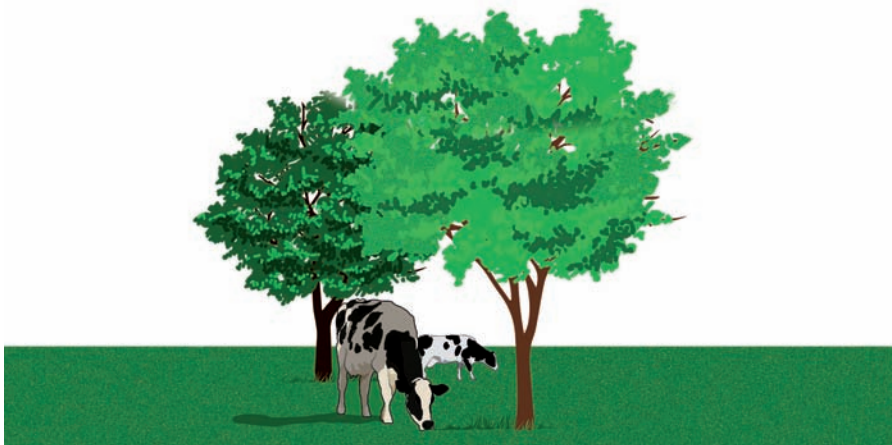


Figura 21. Árboles que ofrecen sombra al ganado.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.



Figura 22. Sistemas silvopastoriles que funcionan como sistemas de conservación de la biodiversidad.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- Conservación de la biodiversidad. En la figura 22 se evidencia cómo los árboles ofrecen un ambiente adecuado para muchas otras especies en donde pueden vivir y multiplicarse: proporcionan alimentos (hojas, frutos, polen), sombra, sitios para anidar y para protegerse; son corredores biológicos y sitios de descanso.
- Producción de madera y frutos. Con un apropiado diseño y manejo se logra que los árboles maderables y frutales sembrados como se observa en la figura 23 sean una fuente de ingresos significativa y se consigan incluso dividendos superiores a la misma ganadería.



Figura 23. Árboles frutales.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.



Los productos lácteos son alimentos con proteínas de alto valor biológico, que contienen todos los aminoácidos esenciales para nuestro organismo.

- El ganado es fuente de ingreso para los pequeños y medianos productores, ya que la leche se puede comercializar o, sencillamente su consumo mejora la dieta familiar. De igual manera, los árboles frutales proporcionan alimento para la familia y con una buena cantidad y manejo de árboles frutales se pueden producir excedentes para la venta.

En la implementación de las parcelas se seguirán las actividades descritas por Lozano et al., (2006) y Uribe et al., (2011):

3.2 Medición del terreno

Como se observa en la figura 24 para medir el terreno se puede utilizar cinta de medición o el sistema de posicionamiento global (GPS) que determina la posición global y también el área o cantidad de terreno disponible. Al tener la medida se establece la cantidad de semilla o plántulas que se deben conseguir para el área medida. De igual modo que el número de animales que sería posible manejar en el terreno.

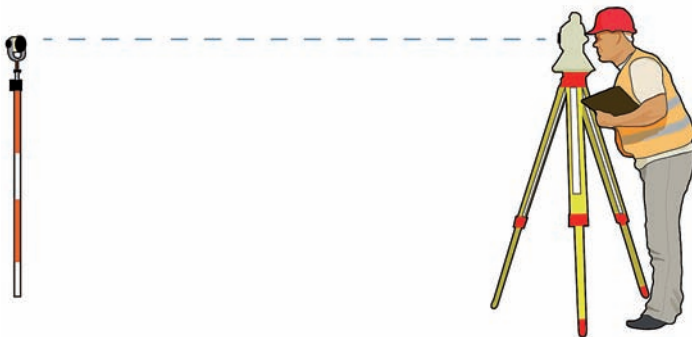


Figura 24. Medición de un terreno.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

3.3 Selección de material vegetal

Para establecer el sistema silvopastoril es necesario disponer del material vegetal y seleccionar cuidadosamente la semilla de cultivares (pastos), árboles y arbustos forrajeros y plantas multipropósito (leña, madera, abono verde). Se escogen las especies vegetales aptas para el clima de la zona, es indispensable conocer la procedencia de las semillas, plántulas, estolones para evitar bajas producciones y posibles enfermedades.

A continuación se presentan algunas de las especies que pueden ser usadas en la implementación de un sistema silvopastoril.

- *Aliso (Alnus acuminata)*
- *Chachafruto (Erythrina edulis)*
- *Sauco (Sambucus nigra)*
- *Botón de oro (Tithonia diversifolia)*
- *Leucaena (Leucaena leucocephala)*
- *Brachiaria (Brachiaria decumbens)*
- *Ryegrass (Lolium multiflorum)*
- *Trébol (Trifolium pratense y Trifolium repens)*

3.4 Diseño de sembrado, preparación del terreno y siembra

Al hacer un diseño de sembrado, las distancias entre plantas y entre surcos dependen de sus características fisiológicas: tamaño de la raíz y del follaje principalmente.

La dirección de los surcos se debe establecer en curvas de nivel y no a favor de la pendiente como se aprecia en la figura 25. De esta manera se evitará el lavado de nutrientes y el volcamiento de tierra. La preparación del terreno debe hacerse preferiblemente con bueyes o realizar un solo pase con rotovator (cultivadora rotativa) para no perjudicar las características físicas del suelo ni afectar negativamente la fauna edáfica que son los organismos que se adaptan a las condiciones bajo el suelo.



Figura 25. Siembra con curvas de nivel.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

El aliso y el chachafruto se siembran en la zona perimetral como cerca viva y barrera rompevientos, con una distancia de 3 metros entre árboles, y de forma intercalada, como se observa en la figura 26. El sauco y el botón de oro, entremezclados con los pastos para consumo directo del ganado, en forma de ramoneo (acción de cortar y comer las puntas de las ramas de arbustos y árboles) de la siguiente manera y distancias:



Figura 26. Cerca viva.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- Una hilera de sauco a 6 metros entre plantas.
- La siguiente hilera de botón de oro a 6 metros entre plantas.
- La distancia entre la hilera de botón y la hilera de sauco es de 10 metros.

3.5 Siembra de pasturas

Para la siembra de pastos es indispensable tener en cuenta las condiciones climáticas y las características del suelo, además de las especies de árboles y arbustos que se desean plantar.

Si el terreno tiene sembrado pasto kikuyo y se quiere mejorar la pastura, se debe sembrar un pasto como el Ryegrass (*Lolium multiflorum*), que tiene una mayor producción de materia verde. También se siembra trébol (*Trifolium pratense* y *Trifolium repens*), leguminosa que brinda beneficios nutricionales como la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo y las pasturas.

3.6 Pastoreos

El primero se realiza cien (100) días después de la siembra del pasto Ryegrass y el trébol. Para este primer pastoreo se llevan los animales jóvenes que no pesen más de 220 kilogramos.

Como el desarrollo de los árboles y arbustos es menor que el de la pastura, es necesario protegerlos para evitar que los animales los dañen. El sistema de protección puede ser una malla con medidas de 1.30 metros de alto y haciendo un cuadrado de 40*40 centímetros.

El acceso a potreros con buena disponibilidad y calidad del pasto es un factor muy importante para que el ganado tenga un buen desarrollo y como resultado una buena ganancia de peso (JiménezTrujillo, 2007).

3.7 Evaluación de sistemas silvopastoriles

Al concluir el tema, los alumnos deberán ser capaces de implementar un sistema de policultivos siguiendo las técnicas descritas en el módulo de estudio.

La evaluación de los conocimientos adquiridos por el estudiante en el desarrollo del tema será diseñar un sistema silvopastoril describiendo las características de cada uno de los factores del sistema, así como el proceso de implementación y manejo que se le daría.

4

Manejo de las parcelas demostrativas

El manejo de las parcelas demostrativas se realiza con insumos que no contaminan el medio ambiente y que son elaborados con bases biológicas, esencialmente de microorganismos como hongos entomopatógenos (*beauveria bassiana*, *metarhizium spp* y *trichoderma spp*), bacterias (*bacillus thuringiensis*) y extractos vegetales (extracto de neem y ajoají).

Esta técnica complementada con labores culturales, alelopatía y la prevención de enfermedades, mediante la preparación de caldo bordelés.



La alelopatía se define como la influencia directa de un compuesto químico liberado por una planta sobre el desarrollo y crecimiento de otra planta (Abu-Irmaileh et al., 2004).

Los productos deben ser aplicados en las parcelas demostrativas siguiendo el cronograma y llenando una bitácora de campo, en la cual se registran los siguientes datos: dosificación, hora, fecha, producto y persona quien la aplica. En la aplicación de los productos biológicos se hace una rotación de los mismos, con la finalidad de no generar resistencia en las plagas y estimular la presencia de microorganismos benéficos en el suelo.

La dosificación de los insumos mencionados anteriormente se hace de la siguiente manera: hongos (3 gramos/litro), bacterias (12 gramos/litros (recomendando para el establecimiento del cultivo una previa inoculación de organismos con dosis aproximadas de 56 gramos/litro)), extractos (3 centilitros/litro) y caldo bordelés (3 gramos/litro).

La fertilización de las parcelas demostrativas se hace con el compostaje, micorrizas, humus y microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo. Estos organismos se inoculan en la preparación de las camas y en la siembra de las especies vegetales (alrededor de 150 gramos/planta). La fertilización se realiza en dos momentos; el primero cuando se siembran las plantas y el segundo, aproximadamente 45 días después, efectuando un desyerbe y una correspondiente aplicación de abono compuesto en corona o sea alrededor de las plantas.

Los biofertilizantes son preparados con microorganismos y minerales, en su mayoría fermentados, los cuales se aplican al suelo o a las plantas directamente con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética o química, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta et al., 2010; Pulido, Jaramillo, & Rintá, 2004; Villanueva Santillana, 2006). Entre los biofertilizantes tenemos el Supermagro y el Agroplus.



Los biofertilizantes tienen como materia prima elementos biológicos y en su mayoría poseen una fase de fermentación.

4.1 Supermagro

Es un abono foliar originario de Brasil, el cual se trabaja con una fermentación anaeróbica (sin aire), (Bejarano & Restrepo, 2002). Para su preparación se necesita un recipiente plástico de 200 litros con cierre hermético que no permita la entrada de aire. Se coloca una válvula con salida a una manguera que termine en un recipiente con agua; esto para dejar que los gases que se expandan durante el proceso salgan y no entre aire en el tanque, tal como se observa en la figura 27, en la cual se evidencia el montaje necesario para la preparación del Supermagro. Este montaje debe quedar totalmente hermético, o sea que no permita la entrada de aire al interior de la caneca, pero que deje salir los gases que se producen por la fermentación.

Ingredientes básicos:

- 40 kilogramos de estiércol fresco de vaca
- 9 litros de leche
- 9 litros de melaza o 4.5 kilogramos de panela

Sales minerales

- 3 kilogramos de sulfato de zinc
- 1 kilogramo de sulfato de magnesio
- 300 gramos de sulfato de manganeso
- 300 gramos de sulfato de cobre
- 2 kilogramos de cloruro de calcio
- 1 kilogramo de ácido bórico o bórax
- 50 gramos de sulfato de hierro
- 300 gramos de harina de hueso

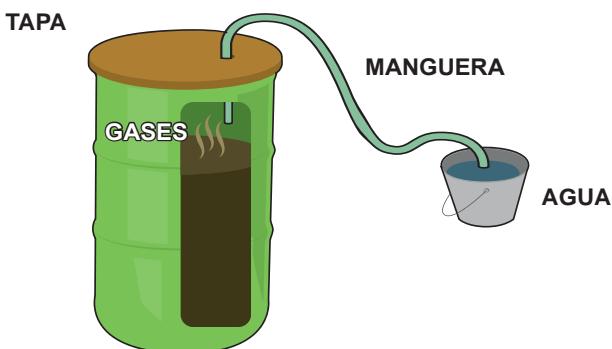


Figura 27. Montaje para el Supermagro.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.



Figura 28. Mezcla de ingredientes básicos del Supermagro.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

En el recipiente plástico se agrega el estiércol fresco, 100 litros de agua, un litro de leche y un litro de melaza o 500 gramos de panela disuelta en agua tibia. Se revuelve bien y se deja fermentar por tres días, como se aprecia en la figura 28.

Luego de los tres días de fermentación, se disuelve por separado cada uno de los minerales en agua tibia como se ve en la figura 29, se mezclan con un litro de leche y un litro de melaza o 500 gramos de panela. Finalmente esta mezcla se agrega al recipiente plástico en donde se tiene el fermentado y se revuelve bien.



Figura 29 Mezcla de minerales del Supermagro.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.



Figura 30. Finalización de la preparación del Supermagro.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

Después de haber agregado todos los minerales, se añade agua y se completa el recipiente plástico hasta 180 litros como se ve en la figura 30, el espacio que no se completa es para dejar que se acumulen los gases, los cuales saldrán controladamente por la válvula de la tapa. La mezcla completa se deja fermentar por 30-35 días en climas cálidos y 45-50 días, en climas fríos.

Modo de uso:

Se recomienda usarlo al 2%, máximo al 4%, con intervalos de 10 hasta 20 días. Por cada litro de agua se aplican 2 centímetros cúbicos sí es al 2%, o 4 centímetros cúbicos sí es al 4%. No se debe exceder el uso, ya que puede quemar los cultivos por su pH ácido o causar una toxicidad (envenenamiento) por exceso de minerales. La aplicación se hace con una bomba de espalda, al agregar el Supermagro se debe filtrar bien para que este no tape la boquilla de la bomba por la cantidad de fibrillas del pasto que contiene el estiércol usado en la preparación como se aprecia en la figura 31.



Figura 31 Modo de aplicación del Supermagro.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

4.2 Agroplus casero

Ingredientes:

- 170 litros de agua
- 40 kilogramos de estiércol fresco (de caballo o vaca)
- 100 centímetros cúbicos de agua oxigenada
- 2 kilogramos de panela o melaza
- 2 litro de leche
- 1 recipiente de plástico de 250 litros
- 1 Manta o tela de 1 metro cuadrado

Para la preparación del fermentado se coloca el estiércol fresco y el agua en el recipiente, se mezcla bien y luego se agrega la leche y la melaza, o panela disuelta en agua tibia como se observa en la figura 32.

Con un catéter (equipo para aplicación de suero) se agrega el agua oxigenada lentamente, dejando gotear por espacio de tres o cuatro horas. Se mezcla cada 5 a 10 minutos siempre hacia la derecha, hasta que se finalice la aplicación del agua oxigenada.

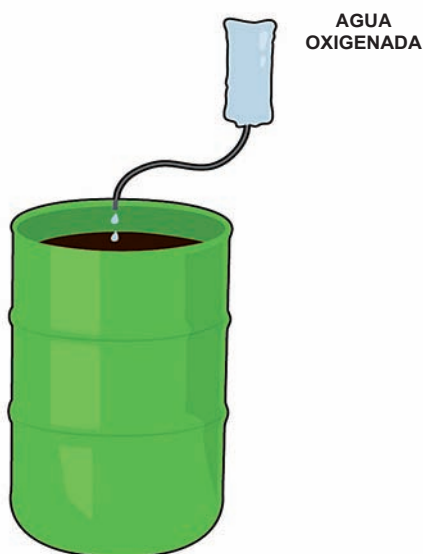
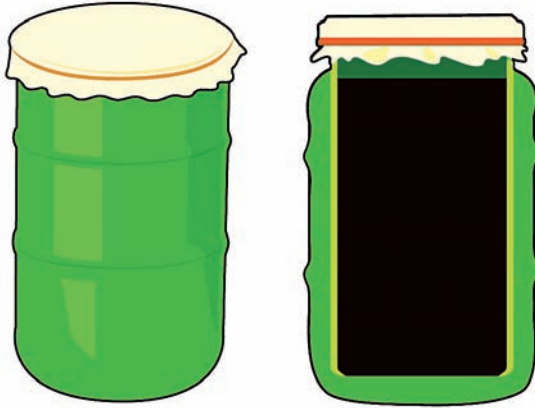


Figura 32 Aplicación del agua oxigenada

Fuente: UNIMINUTO, 2015.



Vista lateral en corte
del recipiente

Figura 33. Agroplus casero listo para usar.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

Se tapa con la manta o tela y se mezcla cada día. Pasados 10 días estará listo para usar tal como se ve en la figura 33.

Modo de uso

- De manera foliar: 1 litro de Agroplus por 2 de agua con intervalo de 10 días.
- Para suelos: 1 litro de Agroplus por 3 de agua con intervalo de 10 días.
- Para pastos, frutales y hortalizas: 1 litro de Agroplus por 1 litro de agua.
- Para cafetos: 1 litro de Agroplus por 6 litros de agua.

4.3 Compost

Para elaborar un compost o abono orgánico, los materiales que se deben tener en cuenta son:

- Pala
- Rastrillo
- Compostera o área cubierta
- Material compostable

La mayoría de los materiales orgánicos son compostables (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). En la siguiente lista se hace una extensa relación de materiales que se pueden compostar:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos, hierba cortada. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecadas).
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.
- Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Alimentos estropeados o que caducaron. Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos. Cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas). Papas estropeadas, podridas o germinadas.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de serrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).
- Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquileo de animales.

Para la preparación se arma una cama o montón con diferentes capas de materiales, con las siguientes medidas como se observa en la figura 34:

- Ancho de 1,5 metros
- Largo 6 metros
- Alto 1,5 metros
- Capas de entre 5 y 10 centímetros, como se ve en la figura 34.

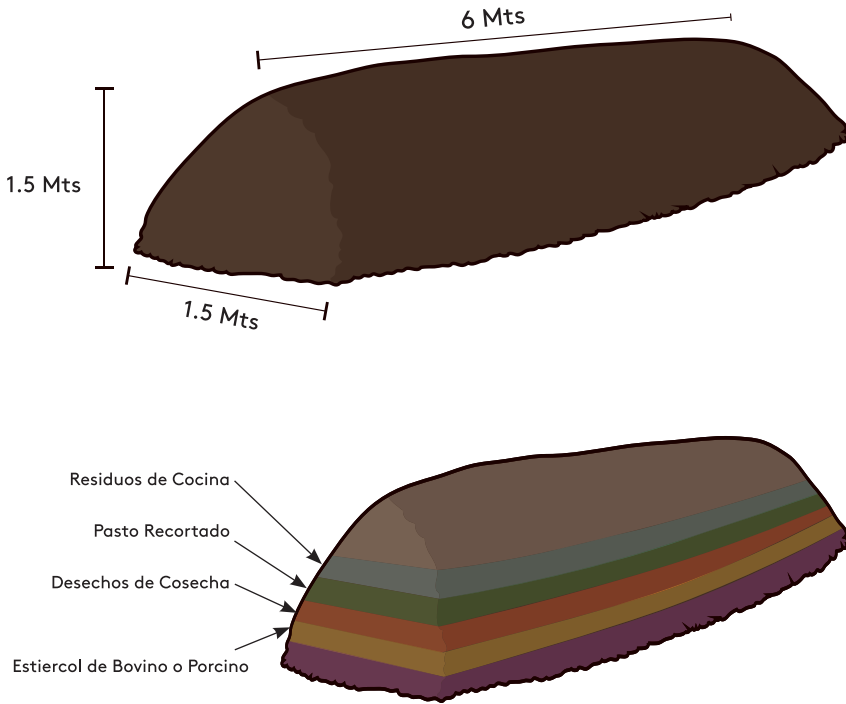


Figura 34. Armado de una pila de compostaje y sus dimensiones.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

Para el armado de las pilas se colocan capas con un grosor de entre 5 y 10 centímetros, de cada uno de los diferentes materiales que se van a compostar. Los materiales deben estar previamente cortados o picados con un tamaño no superior a 5 o 7 centímetros, ya que entre más grande, mayor será el tiempo de compostaje o descomposición microbacteriana hasta alcanzar estabilidad.

Se debe tener en cuenta que la cantidad de material que se utiliza para el armado de las pilas no será la misma cantidad que se recoja, debido a la pérdida del agua que poseen los materiales, así como la del carbono en forma de CO_2 , pérdidas que pueden ser de un 50%.

El tiempo de compostaje dependerá de las condiciones climáticas, a mayor temperatura ambiental, menor será el tiempo de compostaje. Cada semana se hace un volteo para controlar humedad, temperatura y aireación. En clima cálido, el proceso tarda aproximadamente entre seis y ocho semanas, y en clima frío puede tardar entre 10 y 14 semanas, según el material.

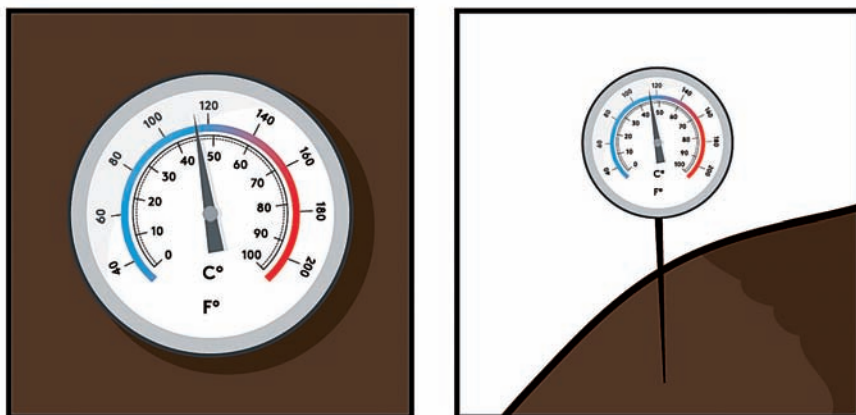


Figura 35. Termómetro de aguja, con el que se mide la temperatura de la pila de compostaje. Fuente: UNIMINUTO, 2015.

Para medir la temperatura se debe usar un termómetro de aguja, el cual se introduce en la pila de compostaje y se deja ahí hasta medir la temperatura máxima del compost como se aprecia en la figura 35. Si no se cuenta con el termómetro, se puede recurrir a la técnica del machete, como se ve en la figura 36, que consiste en introducir un machete de punta en el centro de la pila para determinar que la temperatura es la adecuada, el machete debe estar caliente, pero sin quemar al contacto con el revés de la mano.

Cuando la temperatura es muy alta se puede controlar volteando la pila de material, lo que hará que se airee y baje; el volteo también ayudará a prevenir que los materiales se compacten y, en lugar de compostarse, se pudran. Para hacer el volteo como se evidencia en

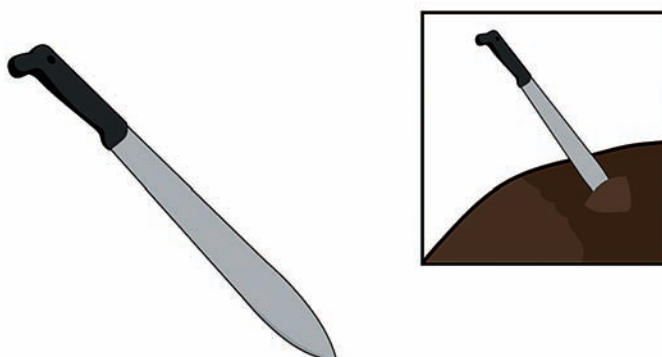


Figura 36. Técnica del machete. Fuente: UNIMINUTO, 2015.

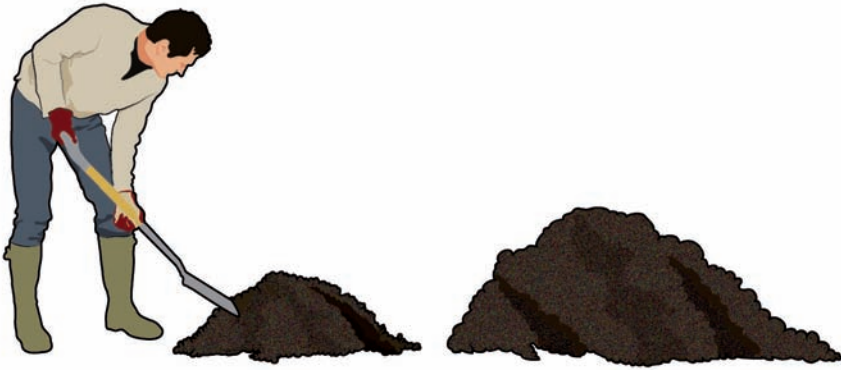


Figura 37. Volteo del compostaje.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

la figura 37, se debe trasladar el material de una pila y formar una nueva, asegurándose que el material que está más expuesto sobre la pila, quede iniciando la pila nueva lo que asegura que quedará en el centro, acelerando la degradación correcta. Las pilas se voltean para controlar temperatura y dar aireación al material.

Para verificar la cantidad de agua o humedad se realiza la prueba del puño, la cual consiste en tomar en una mano una cantidad de material. Posteriormente se le aplica fuerza, la normal de un brazo, y si escurre agua, la humedad es demasiada, pero si solamente humedece la mano y no escurre agua entre los dedos, la humedad es correcta, acción que se aprecia en la figura 38. Esto permite medir la humedad del compostaje y así determinar si hay necesidad de agregar agua o realizar un volteo.



Figura 38. Técnica del puño.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

La cosecha del compostaje se da cuando este proceso ya se encuentra listo. Para determinar que el sustrato está maduro, debe tener una textura granulada, color café oscuro a negro y un olor agradable a tierra. Cuando el material esté cosechado se debe empacar en lonas y almacenar en un lugar cubierto que lo proteja de la lluvia y la luz directa del sol.

Entre los beneficios del compost están:

- Proporciona macroelementos: nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos.
- Proporciona hormonas, vitaminas y proteínas que favorecen el desarrollo de raíces y plantas.
- El humus que se adiciona al suelo al emplear el compost, absorbe materiales peligrosos como el aluminio.
- Aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- Estabiliza la acidez del suelo.
- Suministra materia orgánica.

4.4 Biopreparados

Los biopreparados se centran en el uso de una gran diversidad de plantas que brindan ingredientes sencillos y de bajo costo para los agricultores y sus familias, los biopreparados tienen diversas aplicaciones, básicamente aportan enzimas, aminoácidos y otras sustancias al suelo y a las plantas, aumentando la diversidad y la disponibilidad de nutrientes para las mismas, pueden ser usados en programas de manejo integrado de plagas (MIP) en complemento con otras prácticas culturales (Meza et al., 2013; Terrile, Izquierdo, & Granados, 2010).

Entre los biopreparados que se usan en la agricultura orgánica o limpia están los:

1. Purines que se preparan a partir de estiércoles, plantas, hierbas o restos vegetales que pueden ser enriquecidos con algún

compuesto mineral como por ejemplo cenizas. Los purines aportan enzimas, aminoácidos y otras sustancias al suelo y a las plantas, aumentando la diversidad y disponibilidad de nutrientes y mejorando la producción.

Materiales

- Material orgánico (vegetal, estiércol).
- Material mineral (es opcional) para enriquecer el preparado con compuestos mineralizados, por ejemplo, cenizas.
- Balde (10/20 litros) o tanque (50/100/200 litros), según la cantidad a preparar, preferentemente de material no corrosivo, por ejemplo, plástico.
- Agua: se sugiere utilizar de lluvia. Si la fuente es la red de agua potable y contiene cloro, se debe dejar en reposo unas horas antes de usar.
- Tela o mallas a modo de filtros.
- Espátula o cucharón de madera para revolver.
- Envase oscuros (no transparentes) para almacenar, porque la luz solar puede alterar el compuesto.

Preparación de un purín que se puede observar en la figura 39.

- Recolectar el material vegetal. Generalmente para 10 litros de agua se utiliza un (1) kilogramo de material fresco o 200 gramos de material seco.
- Triturar el material vegetal en trozos para facilitar el proceso de fermentación.
- Colocar el material vegetal (y mineral, si fuese el caso) en un balde con agua en la proporción sugerida para cada caso. Dejar fermentar durante dos semanas o hasta que se perciba un cambio de color en su composición. Durante el

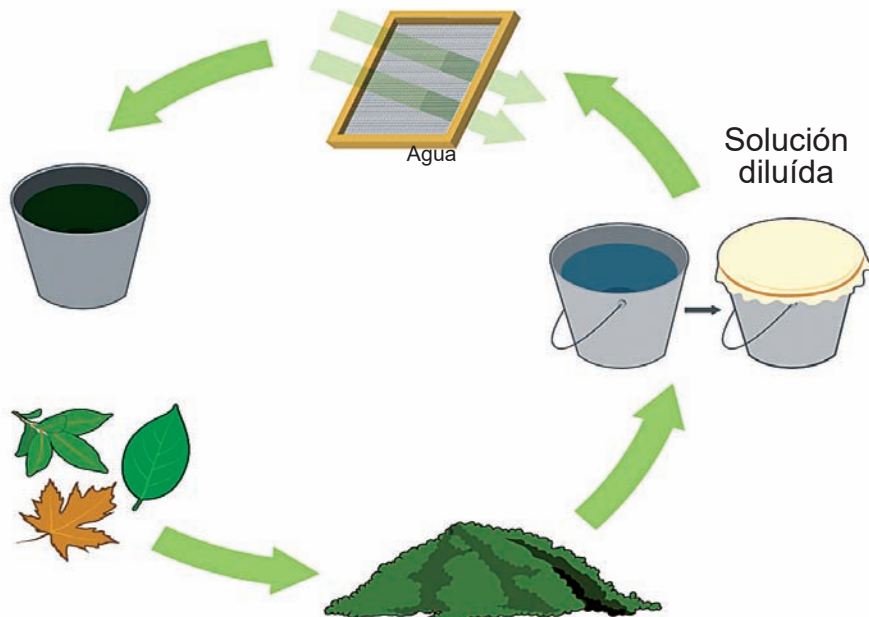


Figura 39. Pasos para preparar un purín

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

proceso, debemos tapar el recipiente en forma no hermética para que ingrese aire (el proceso es aeróbico, es decir con presencia de oxígeno) y revolver periódicamente. Luego de dos semanas, el preparado estará listo para su uso.

- Filtrar con una tela o malla y almacenar hasta su uso cuidando de colocar el preparado en un envase oscuro.
- Antes de aplicar, debemos diluir en la proporción aconsejada para cada caso.

2. Infusiones. Se preparan de la misma forma en la que se prepara un mate o un té de hierbas, se sumergen en agua hirviendo las partes tiernas de las plantas como flores y hojas para extraer sus sustancias activas como se observa en la figura 40.

Materiales

- Material vegetal a procesar.
- Envase de cocimiento (olla, cubo, tarro, tanque).

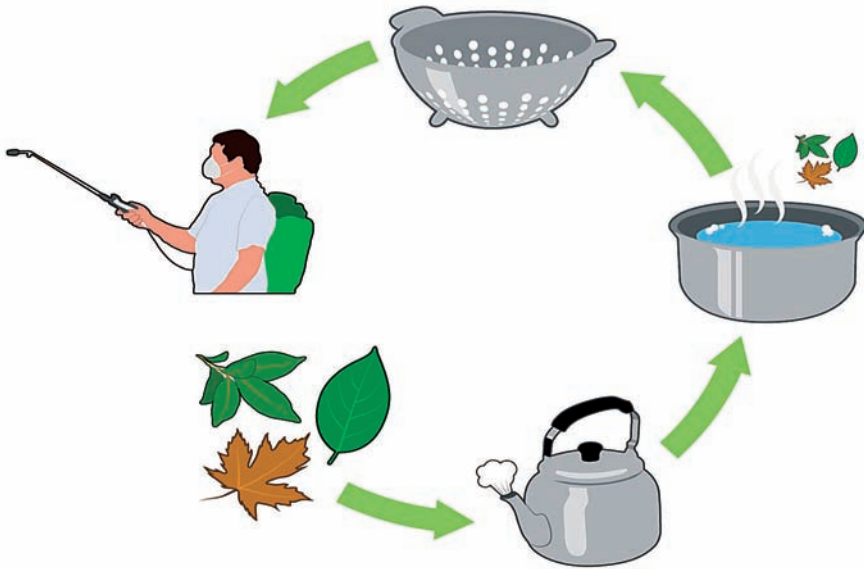


Figura 40. Pasos para preparar una infusión.

Fuente: UNIMINUTO, 2015.

- Espátula o cucharón de madera para revolver.
- Colador.
- Fuente de calor: cocina, mechero, fogata.

Preparación de una infusión

- Lavar con agua limpia las partes de las plantas que se van a utilizar.
- Hervir agua. La cantidad estará en función del volumen del material a procesar. Una vez que el agua haya hervido, retírela del fuego.
- Agregar el material vegetal (hojasflores) al agua caliente y revolver durante unos minutos.
- Dejar reposar durante 24 horas.
- Colar y almacenar hasta su uso.
- Aplicar las infusiones (pueden aplicarse puras o diluidas al 50%).

4.5 Evaluación del manejo de parcelas demostrativas

Al concluir el tema, los alumnos deberán ser capaces de implementar un sistema de policultivos siguiendo las técnicas descritas en el módulo de estudio.

Para la evaluación del tema de manejo de cultivos, los alumnos deberán hacer un ensayo de una página, en la cual describirán los beneficios de los insumos biológicos en el manejo de cultivos y cómo se beneficia un agricultor cuando implementa estas técnicas de producción.

Bibliografía

- Abulrmaileh, B., Auld, B. A., Bàrberi, P., Berti, A., Cardina, J., Chikoye, D., ... Zaragoza, C. (2004). *Manejo de malezas para países en desarrollo Addendum I*. (R. Labrada, Ed.). Roma: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.htm#Contents>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2008). Campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 728.
- Armenta, A., Cipriano, G., Camacho, J. R., Apodaca, M., Montoya, L., & Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Revista de Sociedad, Cultura Y Desarrollo Sustentable*, 6(1), 5156.
- Bejarano, C., & Restrepo, J. (2002). *Abonos orgánicos, fermentados tipo biofertilizantes. caldos minerales y biofertilizantes* (p. 43). Santiago de Cali.
- Cabria, F., Domínguez, G., & Caladroni, M. (2012). *Génesis, clasificación y cartografía desuelos: Fascículo I. Directivas para la descripción de perfiles de suelo* (p. 37). Mar del Plata.
- Campos, M., Velázquez, A., & McCall, M. (2014). Adaptation strategies to climatic variability: A case study of smallscale farmers in rural Mexico. *Land Use Policy*, 38, 533540. doi:10.1016/j.landusepol.2013.12.017

- CostaPosada, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de Ingeniería. Universidad de Los Andes*, 26, 7480.
- DANE. (2014). *Cuentas Trimestrales Colombia Producto Interno Bruto (PIB) Primer Trimestre de 2014* (p. 46). Bogotá Colombia.
- EstradaPorrúa, M. (2001). Cambio climático global: causas y consecuencias. *Revista de Información y Análisis*, 16, 717.
- Garden Mosaics: Science Pages. (2015). Retrieved February 15, 2015, from <http://communitygardennews.org/gardenmosaics/pgs/science/spanish/soilph.aspx>
- GómezÁlvarez, L. E., & AgudeloMesa, S. C. (2006). *Cartilla para educación agroecológica* (p. 52).
- González E, M., Jurado, E., González E, S., Aguirre C, Ó., Jiménez P, J., & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Cienia UANL*, 6(3), 377386.
- GreenFacts. (2007). Greenfact Cambio Climático: Resumen del Informe de Evaluación de 2007 del IPCC.
- IGAC. (n.d.). *Génesis y taxonomía de los suelos* (p. 28). Bogotá D.C., Colombia.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo. IPCC, Ginebra, Suiza: [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)].
- Jarquín, M., Rocha, L., Mendieta, M., Carcache, M., Rodríguez, M., Álvarez, M., & Valdivia, H. (2005). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles* (p. 64). Managua, Nicaragua.
- JiménezTrujillo, J. A. (2007). *Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles*

- (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Jordán, A. (2006). *Manual de Edafología* (p. 143). Sevilla, España.
- JulcaOtiniano, A., MenesesFlorián, L., BlasSevillano, R., & BelloAmez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA (Chile)*, 24(1), 4961.
- Kim, C.G. (n.d.). The Impact of Climate Change on the Agricultural Sector: Implications of the AgroIndustry for Low Carbon, Green Growth Strategy and Roadmap for the East Asian Region. Korea Rural Economic Institute.
- Llorentelsidro, M. (2002). *Formaciones superficiales. Resumen del Manual de Edafología P. H. Douchafour, 1987* (p. 32). Salamanca.
- Locatelli, B., Evans, V., Wardell, A., Andrade, A., & Vignola, R. (2011). Forests and Climate Change in Latin America: Linking Adaptation and Mitigation. *Forests*, 2(4), 431450. doi:10.3390/f2010431
- Londoño Vélez, L. A. (2008). Agricultura campesina y desarrollo rural. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 6(1), 7886.
- Lorente, I., Gamó, D., Gómez, J. L., Santos, R., Flores, L., Camacho, A., ... Navarro, J. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático, 13(1), 103110.
- Lozano, M., Corredor, G., Figueroa, L., Ramírez, M., Carrero, G., Vásquez, N., & Aguirre, M. (2006). *Con uso de biofertilizantes*. (C. C. de I. A. (CORPOICA), Ed.) (pp. 132). Espinal, Tolima.
- Malagón Castro, D. (2000). Los suelos de Colombia. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia (Revista de la Academia de Ciencias Geográficas)*, 46(135).
- Martín, G., & Agüero, S. (2009). Sistema silvopastoril: una estrategia de producción para ecosistemas del NOA. *Sitio argentino de producción animal*, 18(218), 24.

- Meza, J., Pantoja, A., Roman, P., Godoy, N., Gattini, J., Villasanti, C., ... Díaz, J. (2013). *Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana* (p. 37). Paraguay: FAO.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(13), 5769. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, 19, 113122.
- PérezGutiérrez, D., & SánchezPérez, D. E. (2006). *Efecto de policultivos (Tomate: Lycopersicum esculentum Mill, Pipian: Cucúrbita pepo L, Frijol: Phaseolus vulgaris L.), en la incidencia poblacional de insectos plagas e insectos benéficos*. Universidad Nacional Agraria.
- Perfetti, J. J., Balcázar, Á., Hernández, A., Leibovich, J., Becerra, A., Botello, S., ... Vásquez, H. (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia* (p. 247). Bogotá, D.C.: Fedesarrollo, Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), Incoder, Finagro, Banco Agrario.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2010). *Gráficos Vitales del Cambio Climático para América Latina y El Caribe* (p. 44). Panama city, Panamá.
- Pulido, S., Jaramillo, C., & Rintá, A. (2004). Biofertilizantes.... *Una tecnología de producción sostenible* (p. 64). Villavicencio, Meta, Colombia.
- Restrepo, E. M. (n.d.). *Sistemas silvopastoriles en el Trópico de América*, 1–20.
- RodríguezMorán, J. M. (2010). *Policultivos: asociación de hortalizas en cultivo ecológico*, (Lm), 112.

- RodríguezPosada, M. E. (2010). Bats from a forest in the Central Andes of Colombia with notes on their taxonomy and distribution, 32(1), 167-182.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Experiencias en América Latina (pp. 111-112). Santiago de Chile: FAO.
- Sarandón, S. J. (2005). Capítulo 6. Posibilidades de uso de sistemas de policultivos en una agricultura sustentable. In E. C. Americanas (Ed.), *Curso de Agroecología y Agricultura Sustentable* (pp. 113). La Plata.
- Scialabba, N. E.H., & MüllerLindenlauf, M. (2010). Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(02), 158-169. doi:10.1017/S1742170510000116
- Sileshi, G. W., Mafongoya, P. L., Akinnifesi, F. K., Phiri, E., Chirwa, P., Beedy, T., ... Njoloma J., Wuta M., Nyamugafata P., and J. O. (2014). Agroforestry: Fertilizer Trees. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* P, 1, pp. 222–234. doi:10.1016/B9780444525123.00022X
- Terrille, R., Izquierdo, J., & Granados, S. (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana* (p. 96). Lima, Perú: FAO.
- Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101(3), 113–127. doi:10.1016/j.agsy.2009.05.002
- Unión Europea. (2006). *El cambio climático: ¿qué es?* (p. 24). Luxemburgo, Bélgica.
- Uribe, F., Zuluaga, A. F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A., Solarte, L., & Al., E. (2011). *Proyecto ganadería colombiana sostenible. Establecimiento y manejo de* (pp. 178).

Villanueva, C., Ibrahim, M., Casasola, F., Ríos, N., & Sepúlveda, C. (n.d.). Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. In *Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático* (pp. 103-125).

Villanueva Santillana, N. (2006). Producción de biofertilizantes utilizando pseudomonas sp. *Ecología Aplicada*, 5(1,2), 8791.

Wang, J., Huang, J., & Yang, J. (2014). Overview of Impacts of Climate Change and Adaptation in China's Agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(1), 117. doi:10.1016/S20953119(13)605882

Zuluaga, A., Zapata, Á., Uribe, F., Murgueito, E., Cuartas, C., Naranjo, J., ... Valencia, L. (2011). *Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles* (p. 34). Bogotá D.C,

El proyecto Investigación Acción Participativa con agroecología para el cambio climático en la región Bogotá – Cundinamarca, utiliza diferentes estrategias pedagógicas con las que se pretende generar conocimiento en las comunidades, ayudando a transformar su realidad a través de la implementación de parcelas demostrativas en las que de forma técnica, organizada y sistemática se siembran diferentes materiales vegetales como: hortalizas, frutales, aromáticas, tubérculos y cultivos andinos como quinua y amaranto. Estos cultivos han permitido generar diversos alimentos que han fortalecido la seguridad alimentaria de estas comunidades y han utilizado insumos biológicos que posibilitan disminuir la emisión de Gas de Efecto Invernadero (GEI).