



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



INATEC
Tecnológico Nacional



2016
EN BUENA
ESPERANZA,
CRISTIANA
SOCIALISTA,
SOLIDARIA!

INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO
DIRECCIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL

MANUAL DEL PROTAGONISTA

PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



ESPECIALIDAD: AGROPECUARIA
NIVEL DE FORMACIÓN: TÉCNICO GENERAL



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO

Dirección Ejecutiva

Subdirección Ejecutiva

Dirección General de Formación Profesional

COORDINACION TÉCNICA

Dirección Técnica Docente

Departamento de Curriculum

Instituciones colaboradoras:



MAG
Ministerio Agropecuario



INTA
Instituto Nicaragüense de
Tecnología Agropecuaria



IPSA
Instituto de Sanidad y
Protección Agropecuaria



BIENVENIDA DEL PROTAGONISTA

El manual de “Prácticas de Conservación de Suelos y Agua” está asociado a la unidad de competencia: *Establecer los diferentes cultivos agrícolas tomando en cuenta sus etapas fenológicas, las técnicas de manejo para incrementar la producción, preservando el medio ambiente y sus recursos.*

Este manual está dirigido a los Protagonistas que cursan la especialidad del Técnico General Agropecuario con el único fin de facilitar el proceso enseñanza aprendizaje durante su formación.

El propósito de este manual es proporcionar al Protagonista una fuente de información técnica que le ayudará a mejorar su proceso de enseñanza aprendizaje.

Este manual está conformado por cuatro unidades didácticas:

1. Composición y degradación de los suelos
2. Manejo de técnicas y tecnologías de la conservación de suelo y agua
3. Manejo de técnicas y tecnología de cosecha de agua
4. Manejo de técnicas y tecnologías de los sistemas de riego y drenaje

Cada unidad del manual ha sido estructurada de la siguiente manera:

- Objetivo de la unidad
- Contenido
- Actividades
- Autoevaluación

En los contenidos se presenta la información general, científica y técnica, que necesita saber el protagonista para el desarrollo de las unidades.

Al final de todas las unidades encontrará:

- Anexos
- Glosario
- Índice de tablas
- Para saber más
- Bibliografía

Esperamos que logres con éxito culminar esta formación, que te convertirá en un profesional Técnico en las Prácticas de Conservación de Suelos y Agua y así contribuir al desarrollo del país.

RECOMENDACIONES

Para iniciar el trabajo con el manual, debes estar claro que siempre tu dedicación y esfuerzo te permitirán adquirir las capacidades del Módulo Formativo. Al comenzar el estudio de las unidades didácticas debes leer detenidamente las capacidades/objetivos planteados, para que identifiques cuáles son los logros que se proponen.



Analiza toda la información consultada y pregunta siempre a tu instructor cuando necesites aclaraciones.



Amplía tus conocimientos con los links y la bibliografía indicada u otros textos que estén a tu alcance.



Resuelve responsablemente los ejercicios de autoevaluación y verifica tus respuestas con los compañeros e instructor.



Prepara el puesto de trabajo según la operación que vayas a realizar, cumpliendo siempre con las normas de higiene y seguridad laboral.



Durante las prácticas en el campo, se amigable con el Medio Ambiente y no tires residuos fuera de los lugares establecidos.



Recuerda siempre que el cuidado y conservación de los equipos y herramientas, garantizan el buen desarrollo de las clases y que en el futuro los nuevos Protagonistas harán uso de ellas.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Manejar la importancia de las prácticas preventivas y correctivas de la conservación del suelo y agua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a. Explicar de forma correcta la composición de los suelos y sus principales componentes, a través de medios reales.
 - b. Utilizar las medidas y procedimientos establecidos para las prácticas de conservación de suelos en la finca didáctica.
 - c. Aplicar con criterios técnicos las diferentes tecnologías para la conservación y aprovechamiento del agua, utilizando los recursos de la finca.
 - d. Identificar correctamente los diferentes sistemas de riego y drenaje a través de pruebas diagnósticas.
 - e. Aplicar adecuadamente los procedimientos para establecer los sistemas de riego y drenaje considerando los criterios técnicos.
-

ABREVIATURAS

ADP	Adenosín Difosfato
ARN	Ácido Ribonucleico
ATP	Adenosín Triifosfato
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CSA	Conservación de Suelo y Agua
MM	Microorganismo de montaña
MO	Materiales Orgánicos
pH	potencial de hidrógeno
Relación C/N	Relación Carbono/Nitrógeno

UNIDADES DE MEDIDA

meq/100gr	Mili equivalente sobre 100 gramos de suelo: Expresa la relación entre el peso atómico del nutriente (especificación en miligramos), contenidos en 100 ml de suelo.
µg/ml	Microgramo por mililitro de suelo: Se refiere a las millonésimas de gramo de un nutriente contenido en un mililitro de suelo.
ppm	Partes por millón (ppm): Es la unidad de medida con la que se evalúa la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc.) que hay por cada millón de unidades del conjunto.

ÍNDICE

Unidad I: Composición y degradación de los suelos	1
1. Concepto de suelo	1
2. Importancia del suelo.....	1
3. Factores de formación del suelo	1
3.1. Material parental	1
3.2. El clima.....	2
3.3. El relieve	2
3.4. Organismos.....	3
3.5. El ser humano.....	3
3.6. El tiempo	4
4. Principales componentes.....	4
4.1. Material mineral.....	4
4.2. Materia orgánica	5
4.3. Agua y aire	5
5. Perfil del suelo	6
6. Propiedades físicas del suelo	7
6.1. Estructura.....	7
6.2. Textura del suelo	9
6.3. Porosidad del suelo.....	12
6.4. Color del suelo	14
7. Propiedades químicas del suelo	14
7.1. La partícula de arcilla en la química del suelo	15
7.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	15
7.3. pH del suelo	16
7.4. Funciones de los macro y micronutrientes en la fertili	
dad de los suelos	19
8. Propiedades biológicas del suelo.....	23
8.1. Materia orgánica	23
8.2. Microorganismos.....	24
8.3. Macroorganismos.....	24
8.4. Humificación de la materia orgánica	25
8.5. Clasificación agroecológica de los suelos	26
9. Toma de muestras de suelo	26
9.1. Procedimiento y métodos de obtención de la muestra	26
9.2. Calificación de los contenidos nutريente	28
10. Degradación de los suelos	29
10.1. Concepto	29
10.2. Principales causas de la degradación del suelo	29
10.3. Tipos de degradación del suelo	29
Actividades	33
Autoevaluación	34
Unidad II: Manejo de técnicas y tecnologías de la conservación de suelo y agua	35
1. Conceptos básicos.....	35
1.1. Concepto de conservación de suelo	35
1.2. Importancia de la conservación de suelo.....	35
2. Caracterización biofísica del área productiva	36
2.1. Criterios técnicos para el diagnóstico situacional	36
2.2. Selección de la tecnología apropiada con los criterios	
técnicos	41
3. Prácticas de conservación de suelo.....	42
3.1. Construcción y uso del nivel A para el trazado de curvas	
a nivel.....	42
3.2. Prácticas mecánicas o físicas	46
3.3. Prácticas agronómicas o biológicas	50
3.4. Prácticas agroforestales	53
3.5. Uso y manejo de fertilizantes	55
Actividades	68
Autoevaluación	69
Unidad III: Manejo de técnicas y tecnología de cosecha de agua.....	70
1. Mantos acuíferos	70
1.1. Concepto.....	70
1.2. Importancia	70
1.3. Clasificación de acuíferos	71
1.4. Aprovechamiento de aguas subterráneas	
permanentes	73
1.5. Conservación de agua de lluvia en las unidades	
agropecuarias	73
2. Tecnologías de cosecha, captación y almacenamiento	
de agua de lluvia	74
2.1. Captación de agua del techo	74
2.2. Micropresas desmontables	75
2.3. Lagunetas, reservorios o embalses	76
2.4. Captación de agua por escorrentía.....	77
3. Buenas prácticas para optimizar el uso del agua en	
sistemas de producción	79
3.1. Aprovechamiento del agua a través de obras físicas..	79
3.2. Cobertura vegetal.....	79
3.3. Protección de manantiales o fuentes de agua	80
Actividades	82
Autoevaluación	83
Unidad IV: Manejo de técnicas y tecnologías de los sistemas de riego y drenaje	84
1. Almacenamiento del agua en el suelo	84
1.1. Capacidad de campo	85
1.2. Drenaje o percolación	85
2. Sistema de riego	86
2.1. Elementos del sistema de riego	86
2.2. Tipos de bombeo.....	87
2.3. Tipos de riego.....	89
3. Sistema de drenaje.....	93
3.1. Elementos del sistema de drenaje	93
3.2. Obras de drenaje	93
Anexos.....	97
Glosario	118
Índice de tablas y figuras.....	120
Para saber más	121
Bibliografía.....	122

Unidad I: Composición y degradación de los suelos

Objetivo de la unidad:

Explicar de forma correcta la composición de los suelos y sus principales componentes, a través de medios reales.

1. Concepto de suelo

Es la capa superficial que sirve de sostén físico y fisiológico de las plantas siendo una mezcla de materia orgánica e inorgánica, aire y agua.

2. Importancia del suelo

Los suelos representan un factor de gran importancia en las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, es considerado como uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo socioeconómico de nuestro país y factor fundamental para la alimentación humana y obtención de materia prima para la industria.

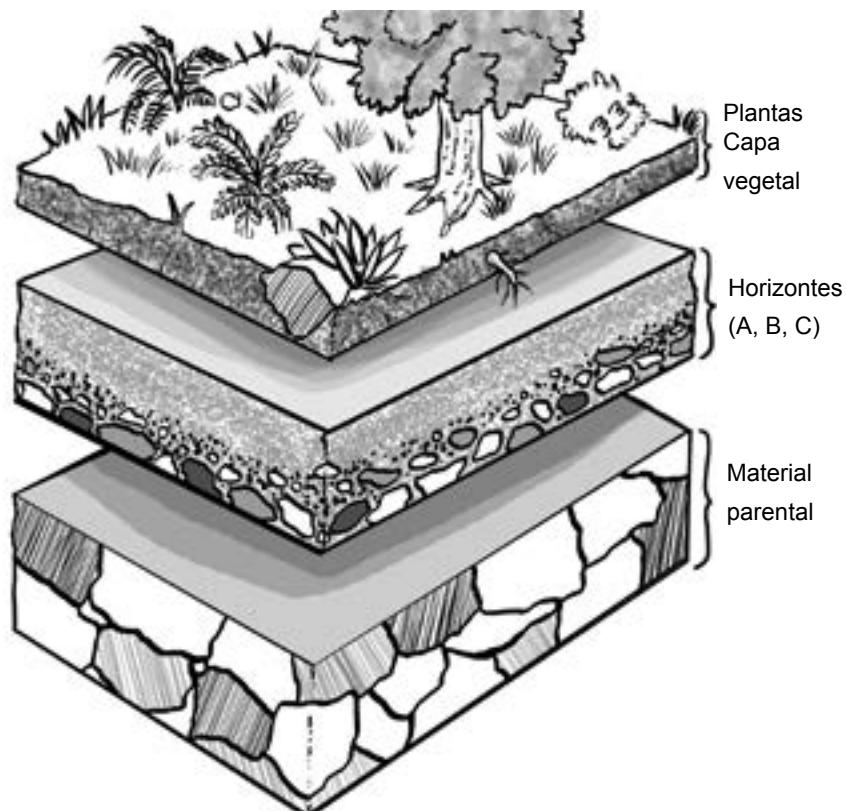
El suelo es el sustrato donde las plantas pueden encontrar su sostén, nutrición e hidratación y los animales una fuente de alimentación; así como las condiciones propias para crecer y desarrollarse.

3. Factores de formación del suelo

3.1. Material parental

La roca madre de la que se originan los suelos se dividen en tres grandes grupos:

- Rocas ígneas (volcánicas)
- Rocas metamórficas
- Rocas sedimentarias

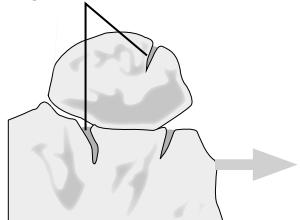


3.2. El clima

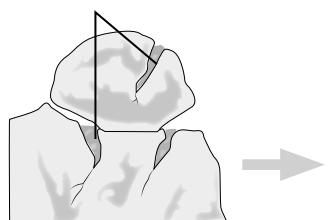
Los factores del clima son: precipitación, temperatura y viento.

Los cambios climáticos desarrollados a través de la temperatura y la precipitación influyen en los procesos de alteración y transformación mineral de las rocas, como resultado se producen algunos procesos físicos o mecánicos y químicos como la meteorización ①.

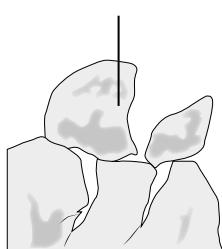
El agua se acumula en las grietas de las rocas.



Al congelarse el agua, aumenta su volumen.



Rocas fracturadas



El viento ejerce presión sobre la superficie de las rocas al chocar contra ellas cargado de partículas finas lo que aumenta el proceso erosivo.

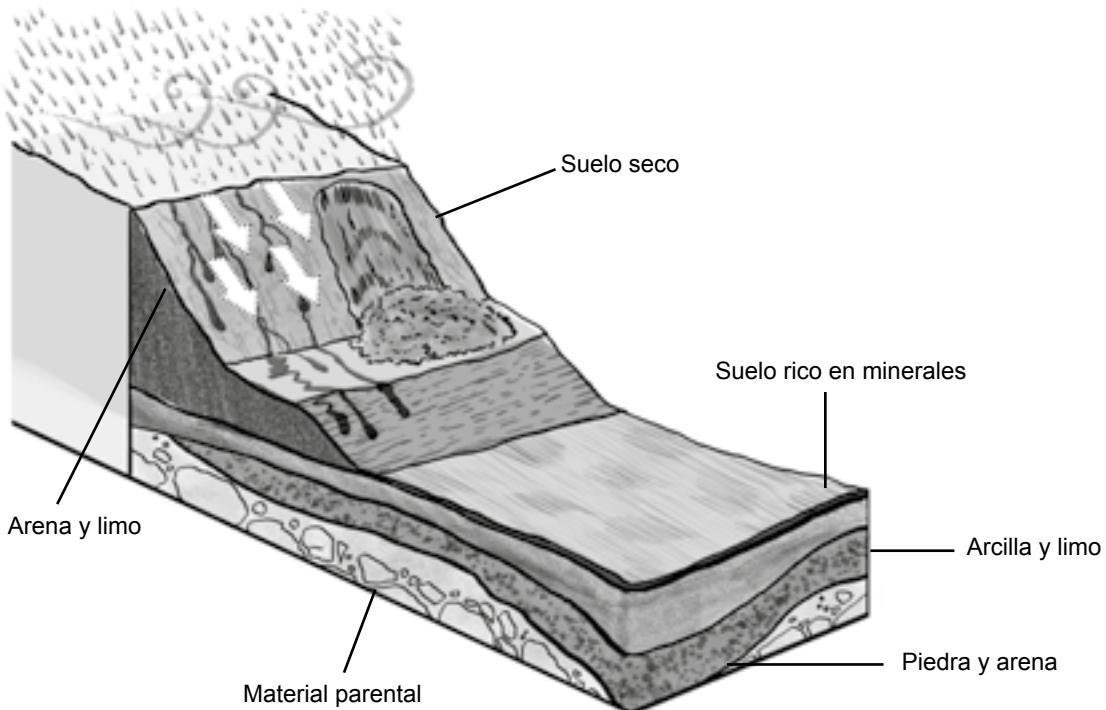


① Proceso de meteorización:

La meteorización física resulta, en primer lugar, de los cambios de temperatura, tales como el calor intenso o la acción del agua al congelarse en las grietas de las rocas. Los cambios de temperatura expanden y contraen las rocas alternativamente, causando granulación, separación en escamas y una laminación de las capas exteriores. La acción del hielo y el ensanchamiento exponen a las capas más profundas a la meteorización química.

3.3. El relieve

El grado de inclinación que tenga el suelo afectará su formación al modificar las relaciones de humedad, la remoción del suelo, el grado de erosión, así como la incidencia de los rayos solares sobre la superficie según la posición del relieve con respecto al sol.



3.4. Organismos

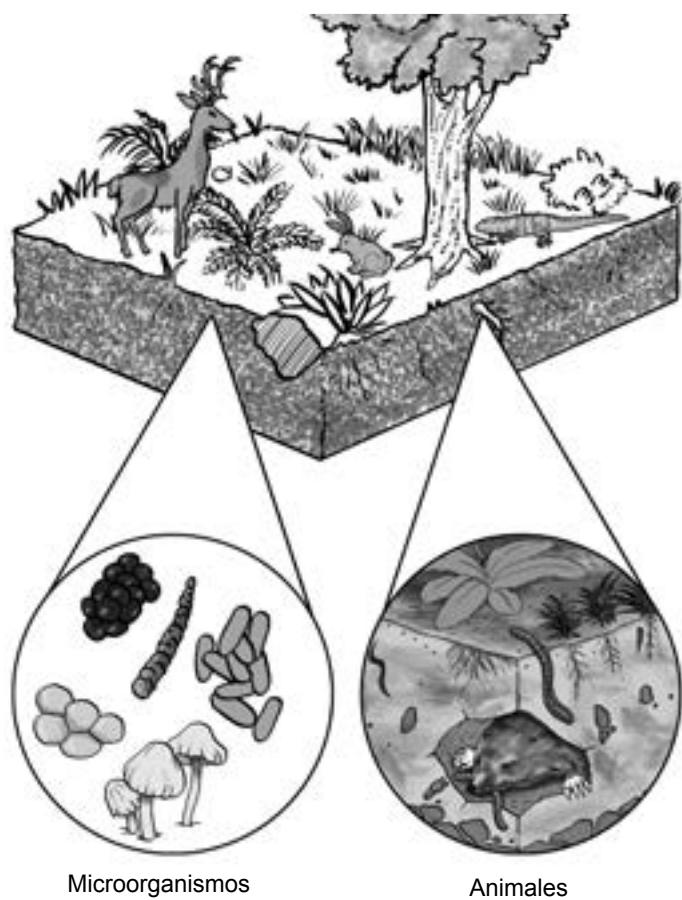
Los tres grupos de organismos que afectan la formación del suelo son:

Vegetación: las raíces de las plantas, al penetrar en el material parental, llevan a cabo una acción física, mecánica, biológica y química sobre éste al dejar espacios abiertos por los cuales circula el agua y el aire, a la vez que remueven y extraen nutrientes del material parental.

Animales y Microorganismos: hacen una labor fundamental, mezclando los residuos orgánicos en descomposición llenos de nutrientes con los minerales presentes en el suelo, de esta manera la capa superficial se enriquece y se vuelve fértil.

Las actividades de los animales y microorganismos influyen en la formación del suelo tales como:

- Ingestores de materia orgánica y minerales (lombrices, termitas y otros)
- Transportadores de material (hormigas y otros)
- Mejoradores de aireación y la estructura (lombrices, hormigas y otros)
- Predadores
- Parásitos (nematodos y artrópodos)
- Moluscos (caracoles de tierra, babosas)



3.5. El ser humano

En la agricultura (labranza, eliminación de cobertura vegetal del suelo, aplicación de agroquímicos), minería, construcción de represas, de carreteras, entre otras, se observa la interferencia del ser humano en la formación del suelo.



3.6. El tiempo

Los factores de desarrollo y formación del suelo interactúan entre sí a mayor o menor intensidad dependiendo de las condiciones óptimas para el proceso de formación a lo largo del tiempo.

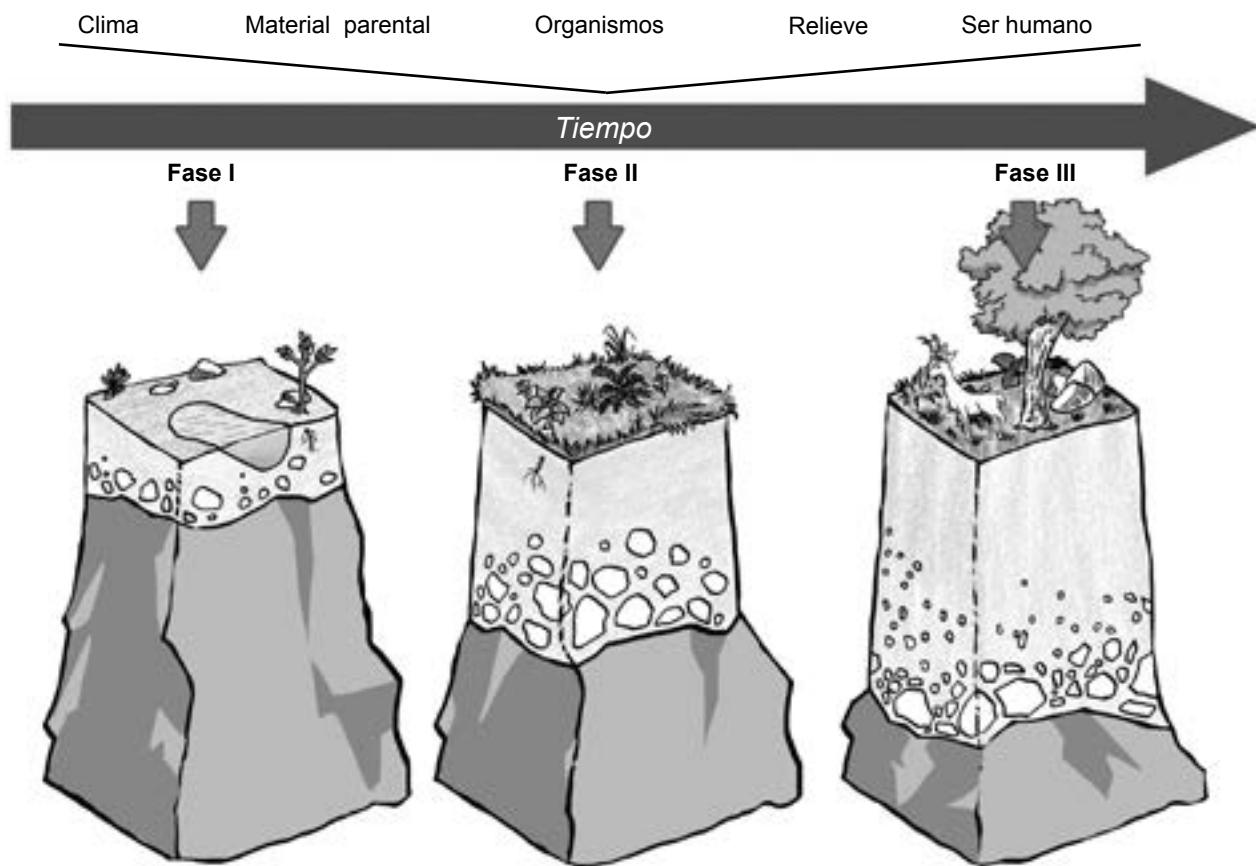


Figura 1. Factores de formación del suelo respecto al tiempo

4. Principales componentes

Los suelos constan de 4 componentes, los cuales se encuentran en las siguientes proporciones:

4.1. Material mineral

Se considera fracción mineral del suelo el material grueso (cascajos); las partículas intermedias (descomposición o desintegración) y las partículas finas (arena, limo y arcilla), en orden decreciente de tamaño.

En éste se encuentran los nutrientes propios del suelo tales como: fósforo, magnesio, potasio, azufre, calcio, nitrógeno, entre otros; como resultado de la descomposición o desintegración del material madre (parental).

El porcentaje ideal del material mineral en el suelo es de 45%.

4.2. Materia orgánica

Está representada por los compuestos de origen biológico presentes. Los tejidos vegetales y animales muertos, en sus diversos estados de descomposición y tipos de compuestos, se pueden considerar como materia orgánica.

El contenido de materia orgánica es variable, puede hallarse hasta un 5%, esto va a depender de la constante incorporación al suelo de residuos animales y vegetales que permiten el desarrollo de microorganismos en descomposición. Por lo tanto es imprescindible mantener constante el contenido de ésta en el suelo.

4.3. Agua y aire

El agua y el aire juntos ocupan de un 50 a un 60% del volumen, ambos componentes contenidos en los espacios porosos del suelo. El volumen que ocupan el agua y el aire es muy variable, intercambiándose entre sí, dependiendo del grado de humedad que el suelo presenta en un momento determinado.

La importancia que reviste el agua en el suelo, está dada por las grandes cantidades que se deben almacenar para satisfacer las necesidades de las plantas durante su crecimiento y desarrollo, además que el agua en el suelo actúa como el conductor de muchos nutrientes esenciales para las plantas, es decir los hace disponibles para que puedan ser asimilables y aprovechables por ésta, formando así lo que se conoce como la solución del suelo. Otro aspecto importante es que el agua regula el contenido del aire y la temperatura del suelo.

El aire juega un papel importante en el suelo, porque permite que se realicen ciertas reacciones biológicas, como es la respiración de las raíces de las plantas y la descomposición de los residuos orgánicos por los microorganismos. Además permite el intercambio gaseoso entre la superficie del suelo y la atmósfera que permiten a la planta aprovechar otros compuestos.

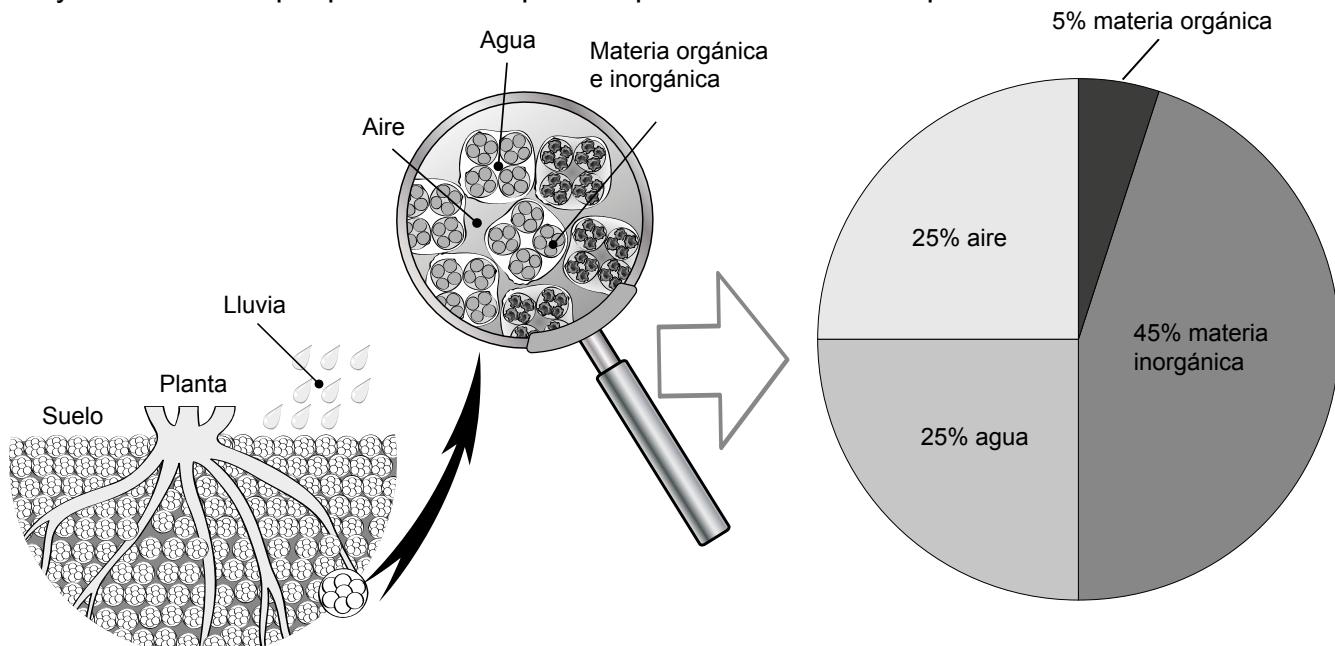
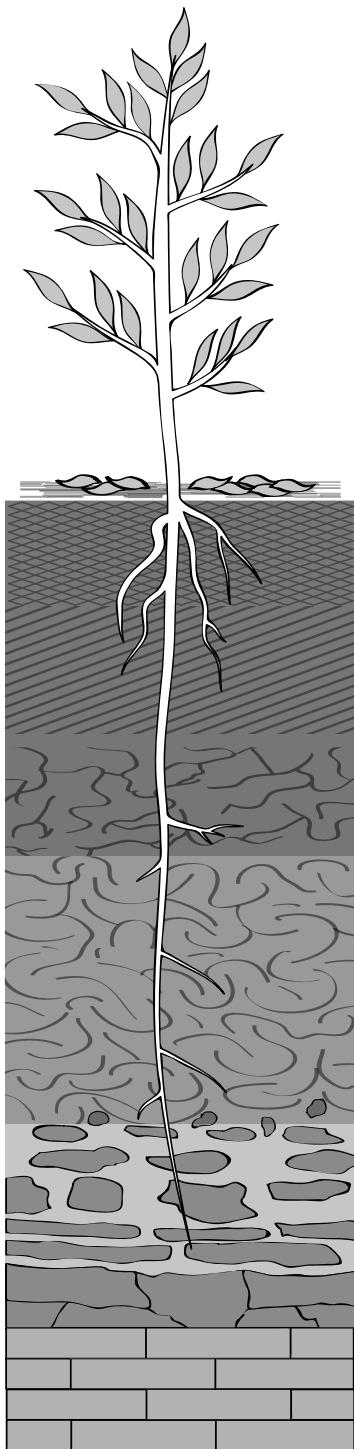


Figura 2. Porcentaje de los componentes de un suelo ideal

5. Perfil del suelo



El perfil del suelo se considera un corte transversal del terreno agrícola hasta alcanzar el material parental o la roca y está compuesto por los horizontes. Puede contener uno, dos, tres o más horizontes:

Generalmente es de color más oscuro debido a la materia orgánica descompuesta (humus) y en proceso de descomposición, es el horizonte que suministra mayor cantidad de nutrientes a las plantas y donde se encuentra la capa arable de alto valor agronómico.

Horizonte A

Es de color menos oscuro, rojizo o amarillento, con mayor contenido de arcilla y menos materia orgánica.

Horizonte B

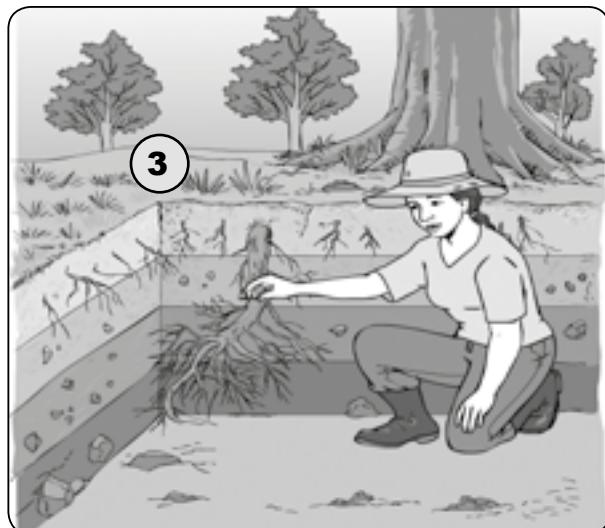
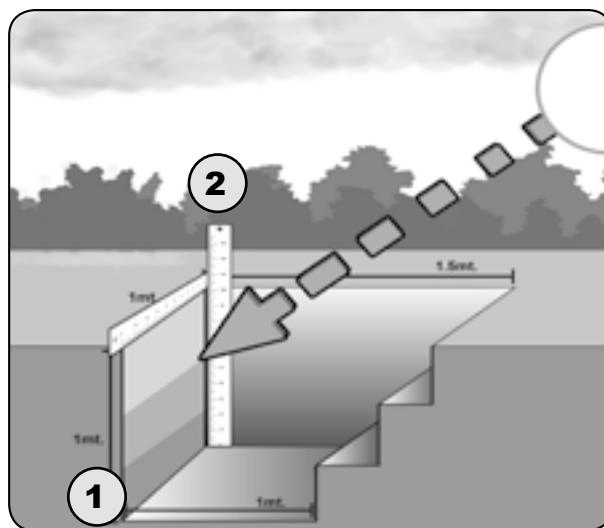
Generalmente es de color más claro, amarillento y cascajoso (piedra menuda), se le conoce como el horizonte de material parental porque es la roca madre desintegrada en piedra menuda, arena y poco contenido de arcilla, en este horizonte no es común encontrar materia orgánica, sin embargo es posible observar que las raíces lo penetran buscando nutrientes y sostén.

Horizonte R

Llamado roca madre o material parental, es roca gruesa que fue la que dio origen al suelo que está sobre ella, con la ayuda de los otros factores de formación del suelo que son: el relieve, los organismos, el clima y el tiempo.



¿Cómo elaborar una calicata para conocer el perfil del suelo?



- 1 Hacer una excavación en el suelo cuya profundidad permita apreciar el material parental del suelo, por ejemplo puede ser medidas de $1 \times 1 \times 1$ mt.
- 2 Medir la profundidad (grosor) de cada horizonte. El lado para identificar los horizontes del suelo deben estar en dirección del sol para observar bien el inicio y fin de cada horizonte.
- 3 Identificar presencia de raíces, materia orgánica, actividad microbiana y color del suelo.

6. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos están íntimamente relacionadas con los procesos químicos y biológicos que ocurren constantemente en el sistema edáfico. La nutrición de las plantas por ejemplo, depende en gran parte de las condiciones de aireación y disponibilidad de agua que el suelo almacena. Otro ejemplo lo constituye el desarrollo de las raíces en el suelo. Tal desarrollo es función de la existencia de poros, y de la resistencia que las partículas del suelo impongan al desarrollo de las raíces.

Entre las propiedades físicas más importantes del suelo tenemos: Estructura, Textura, Porosidad y Color.

6.1. Estructura

La estructura se define como la manera en que se reúnen las partículas del suelo en forma de agregados naturales o peds (terroncitos), está asociada con el espacio poroso del suelo y el movimiento de agua que hay dentro de éste.

La importancia agro técnica de la estructura es que permite determinar el tipo de laboreo del suelo, maquinaria, equipos y herramientas a utilizar, sistemas de riego, tipos de obras de conservación de suelo y sistemas de producción.

La estructura del suelo se clasifica en:

(1) Tipo

Expresa la forma de los agregados y se divide en:

Tabla 1: Clasificación de la estructura del suelo (ver anexos 1 y 2)

Granular	Unigranular	Migajosa	Bloques
Porosa 	Muy Porosa 		

Agregados que permiten por su forma, mayor porosidad, aireación e infiltración del agua.

Masiva	Placas	Columnar	Prismática
		Cúspides Redondeadas 	Cúspides planas

(2) Clase

Expresa el tamaño de los agregados y se clasifican en muy fina, fina, media, gruesa según la escala dada en milímetro (mm) y que va de menos de 1 a más de 10 mm.

(3) Grado de desarrollo

Es la resistencia de los agregados a ser destruidos bajo presión y se clasifican en fuerte, moderados y débil.

La estructura de un suelo depende del contenido de materia orgánica, contenido de calcio, de sodio, de arcilla, particularmente el contenido de arcilla coloidal o arcilla fina y por supuesto de las condiciones de humedad.

La granular es muy favorecida con altos niveles de materia orgánica y mantiene buenas condiciones de aireación y drenaje. La laminar obstaculiza la penetración de las raíces y fomenta la erosión. La prismática y angulares denotan ciclos constantes de contracción y expansión por desecación y humedecimiento respectivamente. Las columnares son típicas de los suelos sódicos.

La estructura del suelo no afecta directamente a las plantas, sino a través de uno de los siguientes 4 factores: aire, agua, microorganismos y temperatura. El buen manejo del suelo incrementa las condiciones de porosidad, agregación, permeabilidad del agua, aire y raíces profundas y por ende altos rendimientos de producción vegetativa.

6.2. Textura del suelo

Es la proporción en que se encuentran los agregados o peds (terroncitos): la arena, el limo y la arcilla y esto determina los tipos de suelos.

Arcilla	Son partículas más chicas de 0.002 mm
Limo	Son partículas de 0.005 mm hasta 0.02 mm
Arena	Son partículas más grandes que 0.05 mm

La textura está más relacionada con los volúmenes disponibles de aire y agua y fertilidad del suelo, en conjunto con la estructura permite decidir el plan de producción a implementar.

Las fracciones de arena y limo constituyen la composición elemental o básica del suelo. Estas fracciones están primordialmente constituidas por materiales rocosos fragmentados. En contraste, las partículas de arcilla son, en conjunto con la materia orgánica, las responsables de la mayoría de las reacciones químicas que ocurren en el suelo.

Los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua suficiente que permita el buen crecimiento de las plantas y pierden los nutrientes por lixiviación hacia el subsuelo pudiendo ser mejorados a través de un tratamiento de aplicación de materia orgánica.

Las combinaciones de estos tres materiales (arena, limo y arcilla) nos dan los diversos tipos de suelos graficados en el “triángulo textural”.

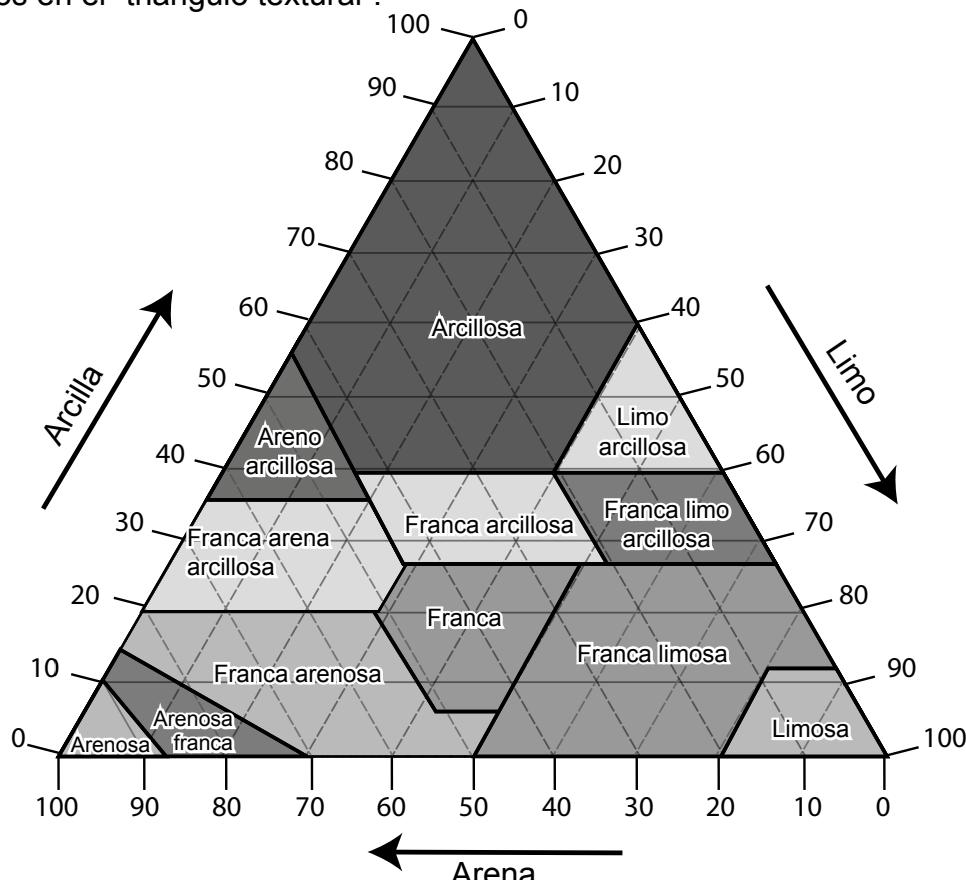


Figura 3. Triángulo textural



¿Cómo determinar la textura del suelo en campo?

a. Uso del triángulo textural a través del método de la botella

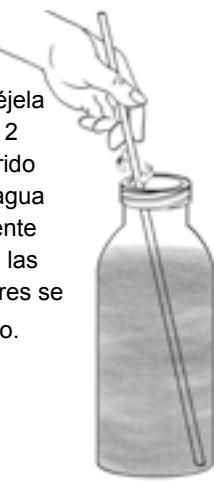
1

Coloque 5 cm de suelo en una botella y llénela de agua.



2

Agítela bien y déjela reposar durante 2 horas. Transcurrido este tiempo, el agua estará transparente y observará que las partículas mayores se han sedimentado.



3

Mida la profundidad de la arena, el limo y la arcilla y calcule la proporción aproximada de cada uno, esto lo logra con una simple regla de 3.

Capa de arcilla (29%)
Capa de limo (28%)
Capa de arena y grava (43%)



Siguiendo el ejemplo:

Si el agua no está completamente transparente, se debe a que parte de la arcilla más fina está todavía mezclada con el agua. En la superficie del agua pueden flotar fragmentos de materia orgánica.

Para determinar la textura del suelo conociendo los porcentajes de cada partícula del ejemplo, puede hacer uso del triángulo textural para conocer el nombre de la textura (ver anexo 2).

Resultado del ejemplo:

Arena	Limo	Arcilla	Nombre de la textura
43 %	28 %	29 %	Franco arcilloso

b. Determinación de la textura con el método de textura a mano

- 1 Tomar 1" de suelo de la primera capa (capa fértil) y desmenuzar el suelo hasta dejarlo bien fino (como pinol).



- 2 Humedecer y amasar hasta formar una pasta homogénea.



- 3 Presionar hasta formar una lámina.



Resultados:

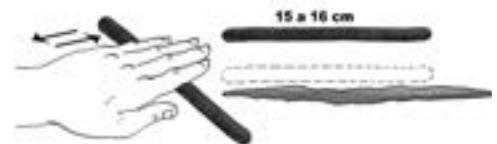
Si la muestra es arenosa: el tacto es áspero y abrasivo, no tiene brillo ni cohesión, no se forma lámina.

Si la muestra es limosa: tiene tacto suave, se forma una lámina escamosa y no presenta ni pegajosidad ni plasticidad.

Si la muestra es arcillosa: la lámina que se forma tiene cohesión, es brillante, y es plástica o pegajosa según el contenido de humedad.

c. Determinación de la textura haciendo figuras con trozos de suelo

1. Hacer un hoyo de aproximadamente 30 cm de profundidad, y 30 cm de largo y ancho.
2. Tomar 1" de suelo de la primera capa (capa fértil) y se desmenuza el suelo hasta dejarlo bien fino (como pinol).
3. Mojar un poco la muestra de suelo en la mano hasta que sus partículas comiencen a unirse, pero sin que se adhiera a la mano.
4. Amasar la muestra de suelo hasta que forme una bola de unos 3 cm de diámetro.
5. Dejar caer la bola:
 - Si se desmorona, es **arena**.
 - Si mantiene la cohesión, prosiga con el siguiente paso.
6. Amasar la bola en forma de un cilindro de 6 a 7 cm de longitud.
 - Si no mantiene esa forma, es **arenoso franco**.
 - Si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso.
7. Continuar amasando el cilindro hasta que alcance 15 a 16 cm de longitud.
 - Si no mantiene esa forma es franco arenoso.
 - Si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso.
8. Doblar el cilindro hasta formar un semicírculo.
 - Si no se puede, es franco.
 - Si se puede, prosiga con el siguiente paso.
9. Seguir doblando el cilindro hasta formar un círculo cerrado.
 - Si no se puede, es **franco pesado**.
 - Si se forman ligeras grietas en el cilindro, es **arcilla ligera**.
 - Si el cilindro no se agrieta, es **arcilla**.



6.3. Porosidad del suelo

La porosidad total de una muestra de suelo es función de la distribución del tamaño de las partículas (textura) y el arreglo espacial de estas partículas conformando agregados (estructura). La porosidad total de un suelo es definida como el volumen total de poros contenido en un volumen conocido de suelo.

El volumen del suelo está constituido en general por 50% de materiales sólidos (45% mineral y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso, el cual en condiciones de capacidad de campo se compone de 25% de aire y 25% de agua.

La proporción del tamaño de los poros está determinado por la textura y la estructura del suelo. Un suelo ideal debe tener un 50% de porosidad con 1/3 de poros grandes y 2/3 de poros medianos.

Los terrenos arenosos son ricos en macroporos, permitiendo una rápida filtración del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, y pueden manifestar una escasa aireación, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua.

En general, la porosidad varía dentro de los siguientes límites:

Tipos de suelos	Suelos ligeros	Suelos medios	Suelos pesados	Suelos turbosos
% de porosidad	30 – 45 %	45 – 55 %	50 – 65 %	75 – 90 %



¿Cómo calcular la porosidad del suelo?

Cuando se lleva la muestra del suelo al laboratorio, el laboratorio le proporciona la Densidad Aparente (da) ① y Densidad Real (dr) ② de la muestra del suelo. Con esta información se conoce la porosidad del terreno y podrá mejorar la porosidad del suelo (Establecimiento de abono de material orgánico, de plan de riego y drenaje, entre otros). La porosidad del suelo se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad } (\%) = \frac{dr - da}{dr} \times 100$$

Por ejemplo:

Si un suelo tienen una densidad aparente de 1.1 g/cm³ y una densidad real de 2.30 g/cm³, la porosidad expresada en porcentaje es de:

$$\text{Porosidad } (\%) = \frac{2.3 \text{ (g/cm}^3\text{)} - 1.1 \text{ (g/cm}^3\text{)}}{2.3 \text{ (g/cm}^3\text{)}} \times 100 = 52.17\%$$

El valor n = 52.17%, permite interpretar la porosidad del suelo y su grado de compactación. Por regla general, a menor porosidad (menor valor de n) los suelos son más compactos.

¿Qué es Densidad del suelo?

La densidad del suelo se refiere al peso seco en gramos de materiales sólidos dentro de un volumen definido.

① Densidad aparente:

Es el peso del material sólido (partículas) incluyendo el espacio poroso dentro de un volumen definido.

② Densidad Real:

Es el peso del material sólido (partículas) sin incluir el espacio poroso dentro de un volumen definido.



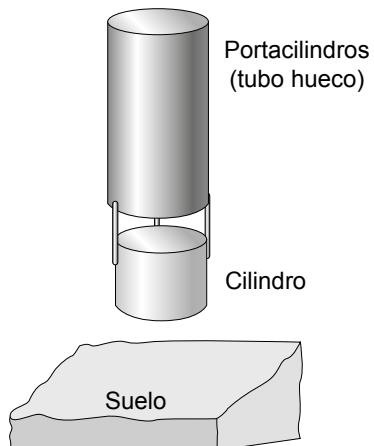
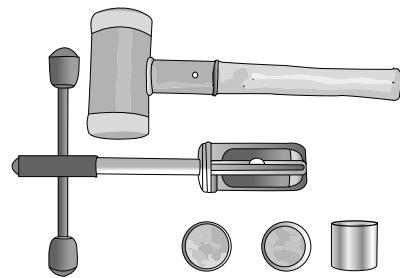
Métodos para determinar la densidad aparente

a. Método de cilindro

1. Se tiene un recipiente de cilindro muestreador de suelo, se le determina su volumen y se pesa.
2. Se le penetra en el suelo con un suave golpeteo de un martillo o con una barra adaptable.
3. Luego de haber extraído la muestra se pesa nuevamente el cilindro pero con la muestra y se lleva a la estufa a 105°C por 48 horas para eliminar la humedad que se encuentra en el suelo.
4. Luego de haber pasado ese tiempo se pesa nuevamente el cilindro con la muestra y se determina la densidad aparente mediante la siguiente formula:

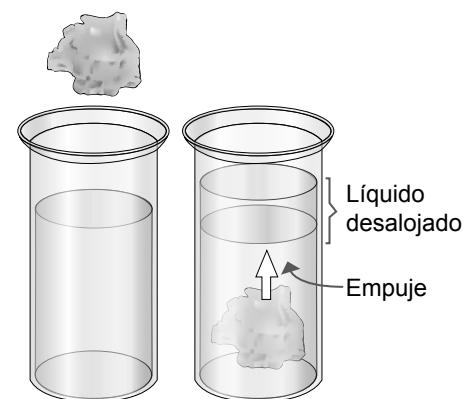
$$Da = \frac{Ms}{Vs}$$

Donde: **Ms:** Masa del suelo seco
Vs: Volumen del suelo



b. Método de la parafina

1. Lo que debemos realizar es extraer del suelo un terrón sin alterarlo, “no lo presione mucho, ni deje que se destruya”.
2. Este terrón se pesa, luego se seca a 105°C en una estufa.
3. Una vez seco se pesa nuevamente con mucho cuidado y se le coloca una pita muy fina alrededor del terrón.
4. Este terrón se introduce en un recipiente con parafina derretida “tener cuidado que la parafina no esté muy caliente”.
5. A continuación, en una probeta graduada con un volumen de agua se le introduce el terrón recubierto con la parafina y el volumen desplazado es el volumen del suelo y se determina la densidad aparente mediante la fórmula anterior.



6.4. Color del suelo

El color del suelo puede proporcionar información clave sobre otras propiedades del medio edáfico. Por ejemplo, suelos de colores grisáceos y con presencia de “moteados o manchas” son síntomas de malas condiciones de aireación. Horizontes superficiales de colores oscuros tenderán a absorber mayor radiación y por consiguiente a tener mayores temperaturas que suelos de colores claros.

Tabla 2: Características del suelo según su color

Color negro	Se asocia a la incorporación de materia orgánica que se descompone en humus que da la coloración negra al suelo, condiciones de buena fertilidad, estructura idonea y rica actividad biológica.
Color marrón	Se relaciona con condiciones de materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.
Color amarillo o marrón	Se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo, por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación).
Color rojo	Se asocia a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos y ambientes donde predominan los procesos de oxidación.
Color blanco	Ausencia de color, se debe a la acumulación de ciertos minerales o elementos que tienen coloración blanca (ej. La calcita, dolomita y yeso).
Color gris	Puede ser indicativo del ambiente anaeróbico; ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o agotado el oxígeno del espacio poroso del suelo.

7. Propiedades químicas del suelo

La química del suelo juega un papel muy importante en la nutrición, fisiología microbiana y vegetal, siendo su campo de estudio la fertilidad del suelo dentro de las ciencias agropecuarias, una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas superiores.

Para entender de forma básica el funcionamiento del complejo mundo del suelo, se hace necesario conocer las propiedades químicas más importantes.

7.1. La partícula de arcilla en la química del suelo

La arcilla es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura, es de alta plasticidad cuando se mezcla con agua y de mucha dureza cuando se somete al calor (ejemplo la cerámica).

① Los coloides consisten en cantidades variables de óxidos hidratados de hierro, aluminio y silicio y de minerales cristalinos secundarios como la caolinita (arcilla) y la montmorillonita (arcillas expandibles).

Existen diferentes tipos de arcillas: caolinita, mica, montmorillonita, vermiculita, clorita, etc.

7.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se define, como la capacidad que tiene un suelo agrícola de retener y aportar los nutrientes de carga positiva llamada cationes. En términos cuantitativos es la sumatoria de las bases:

$$CIC = (K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+} + Na^+ + H^+)$$

El mecanismo del intercambio catiónico se lleva a cabo a través de las partículas más pequeñas del suelo que son: las arcillas, los minerales y el humus en estado de disolución parcial en el agua del suelo y que se conoce como complejo arcillo - húmico. Estas partículas pequeñísimas llamadas también coloides ① de donde las plantas obtienen sus nutrientes, tienen carga eléctrica negativa (-) en su superficie.

Las cargas eléctricas son tan bajas que no se perciben, pero son lo suficientemente fuertes para que los coloides del suelo retengan los nutrientes más importantes que tienen cargas eléctricas (+) positivas.

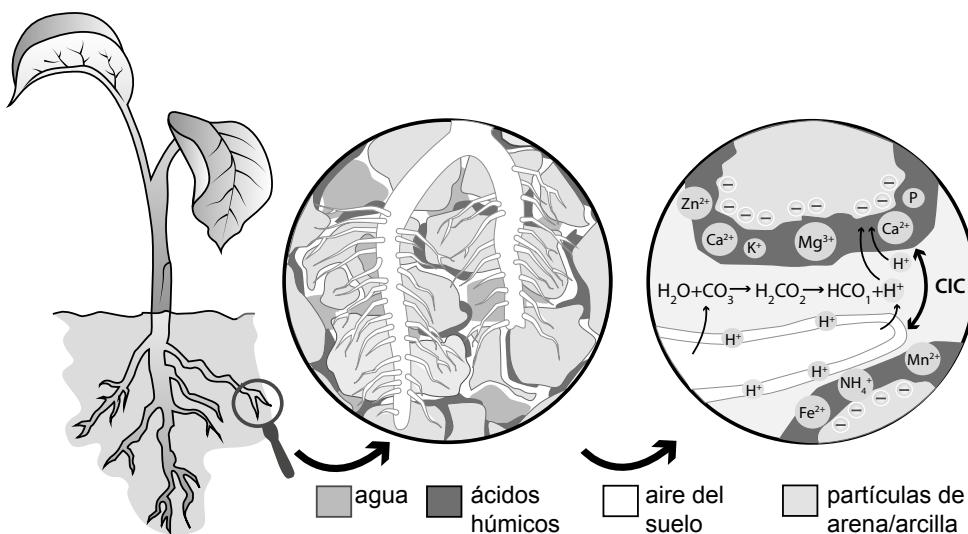


Figura 4. Mecanismo del intercambio catiónico

Por ejemplo:

Cuando se añade a un suelo materia fertilizante como el potasio, una porción del elemento requerido entra en la solución del suelo de forma inmediata, y queda disponible, mientras que el resto participa en el intercambio de bases y permanece en el suelo incorporado a los coloides.

Uno de los ejemplos de intercambio de bases más simple y valioso para la agricultura es la reacción que se produce cuando la caliza o cal (CaCO_3) se utiliza para neutralizar la acidez (pH).

7.3. pH del suelo

La acidez (pH) del suelo, que puede definirse como la concentración de iones ① de hidrógeno, afecta a muchas plantas; las legumbres, por ejemplo, no pueden crecer en un terreno ácido.

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de absorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino.

Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo.

① Los iones:

Son átomos o grupos de átomos que tienen una carga eléctrica. Los iones con una carga positiva se denominan cationes y los que tienen carga negativa se denominan aniones.

La piedra caliza, consta de altos niveles de calcio con sólo pequeñas cantidades de carbonato de magnesio.

La caliza dolomítica contiene entre un 15 y un 20% de carbonato de magnesio. La calcítica es puro carbonato de calcio (CaCO_3), mientras que la dolomita contiene 40 a 50% de carbonato de magnesio (MgCO_3) mezclado con carbonato de calcio.

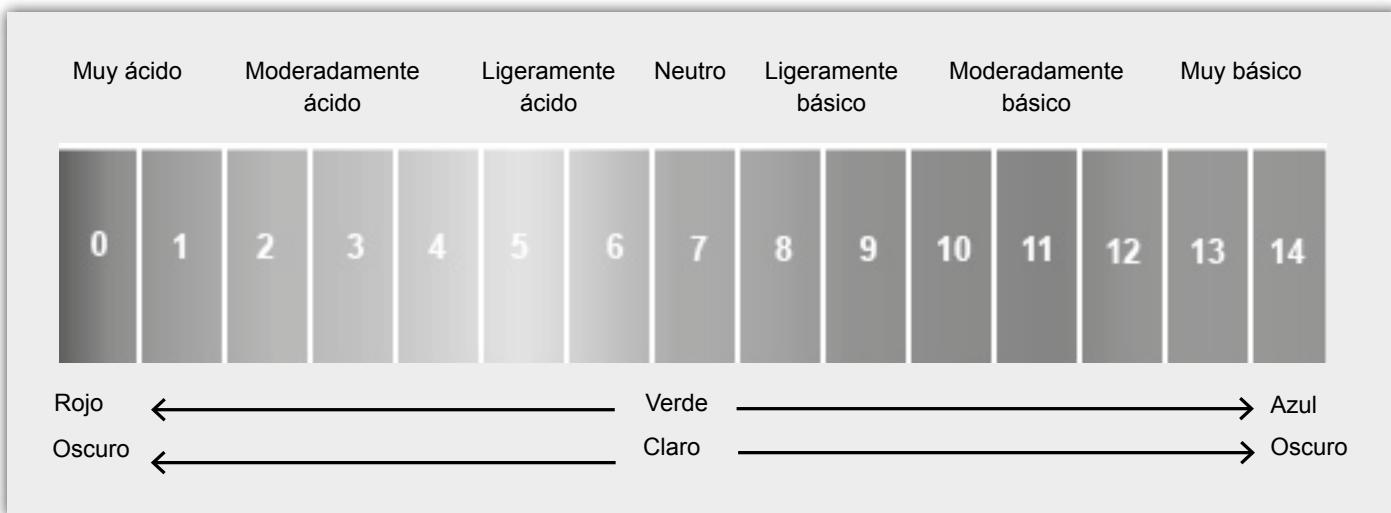


Figura 5. Escala del pH

Tabla 3: Niveles de pH y características

Niveles	Clasificación	Características
> 5.5	Muy ácidos	Toxicidades de Al, Fe, Mn y deficiencia de P, Ca, Mg, Mo y N.
5.5 - 5.9	Medianamente ácidos	Bajar solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg.
6.0 - 6.5	Ligeramente ácidos	Es la condición adecuada para el crecimiento adecuado de los cultivos.
6.6 - 7.3	Neutros	Buena disponibilidad de Ca y Mg, moderada disponibilidad del P; baja disponibilidad de nutrientes excepto del Mo.
7.4 - 8.0	Alcalinos	Excesos de Ca y Mo. Baja disponibilidad del P y nutrientes excepto de Mo. Se inhibe el crecimiento de varios cultivos.
> 8.0	Muy alcalinos	Exceso de Na. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

(4) Determinación del pH en campo

- 1** En una pana de plástico, coloque una muestra de suelo, desbaratarlo y limpiarlo de raíces y terrones.



- 2** Se le agrega agua destilada y se mueve hasta diluir el suelo y formar una solución.



- 3** Se introduce la cinta de pH y se deja durante un minuto en la solución.



- 4** Al sacar la cinta ésta ya ha cambiado su color, entonces se procede a comparar con la tabla de colores, los cuales indican según el color el pH del suelo.

**(5) Selección del cultivo según el pH**

Cada cultivo tiene un rango de acidez o pH del suelo apropiado para su crecimiento, por ejemplo:

pH	Cultivos
6.5~7.0	Remolacha, Caña de azúcar
6.0~6.5	Maíz, Sorgo, Frijoles, Soya, Tabaco, Okura, Tomate, Chiltoma, Chile, Pepino, Ayote, Melón Sandía, Lechuga, Apio, Brócoli, Coliflor, Cebollín, Espárrago
5.5~6.5	Arroz, Maní, Cebolla, Repollo, Zanahoria, Fresa
5.5~5.0	Papa, Quequisque, Camote, Ajo

(6) Método para adecuar el pH del suelo

Si el pH no es el adecuado al cultivo que se desea sembrar, entonces se deberá mejorar el pH.

La técnica comúnmente utilizada para elevar el pH del suelo es la aplicación de cal agrícola o ceniza.

La cal dolomita ($\text{CaO}_3 + \text{MgCO}_3$) o cal muerta (Ca(OH)_2) y ceniza viene en muchas formas, dependiendo del tipo de piedra caliza.

En los sustratos de cultivo, la cal debe incorporarse en el sustrato antes de plantar y el proceso suele ser logísticamente difícil. Debido a su solubilidad muy baja, es imposible aplicarla a través de riego.

Se recomienda aplicar de 1 - 6 tn de cal por hectárea para tener una buena producción, dependiendo de la cantidad de cal que necesita el suelo. Puede usar como referencia la siguiente tabla.

Tabla 4: Tasa de aplicación de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para disminuir pH del suelo (kg/Mz)

		pH Cantidad de MO	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4
Textura	Franco Arenoso	Poco	2968	2730	2492	2261	2023	1785	1547	1316	1078	840	602	371	105
		Rico	4438	4067	3731	3360	3017	2653	2310	1946	1603	1232	896	525	182
		Abundante	6762	6356	5803	5250	4697	4151	3598	3045	2492	1946	1393	840	287
	Franca	Poco	4438	4067	3731	3360	3017	2653	2310	1946	1561	1232	896	525	161
		Rico	5908	5432	4963	4487	4018	3542	3073	2597	2128	1652	1183	707	238
		Abundante	8806	8162	7455	6748	6041	5257	4620	3913	3206	2492	1785	1078	371
	Franca Arenosa	Poco	5908	5432	4963	4487	4018	3542	3073	2597	2128	1652	1183	707	238
		Rico	7378	6797	6195	5621	5012	4438	3836	3255	2653	2072	1470	896	287
		Abundante	10843	9975	9107	8246	7378	6510	5642	4781	3913	3045	2205	1316	448
	Arcillosa	Poco	7378	6797	6195	5621	5012	4438	3836	3262	2653	2072	1470	896	287
		Rico	8876	8162	7455	6748	6041	5327	4620	3913	3206	2492	1785	1078	371
		Abundante	12810	11788	10766	9737	8715	7693	6545	5642	4620	3598	2576	1547	525
		Humus	14441	13083	12131	10976	9821	8666	7511	6342	5201	3990	2891	1736	581

La cantidad necesaria de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para aumentar el pH del suelo hasta pH 6.5 que tiene 1 Mz de dimensión y 10 cm de profundidad.

* * Cuando se aplica Cal Muerta [Ca(OH)_2], se necesita aplicar 74% de cantidad que está en el tabla.

7.4. Funciones de los macro y micronutrientes en la fertilidad de los suelos

(1) Macro y micronutrientes

Los elementos esenciales que permitirán sobrevivir a la planta son los Macronutrientes que son los elementos más demandados para su desarrollo, y los micronutrientes que son los elementos que se requieren en menor proporción.

Tabla 5: Macronutrientes y micronutrientes esenciales para la planta

Macronutrientes	Carbono (C), Oxígeno (O), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fósforo (P), Azufre (S)
Micronutrientes	Cloro (Cl), Hierro (Fe), Boro (B), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Molibdeno (Mo)

Todos son igualmente importantes y son tomados o asimilados en forma de iones, estos pueden ser positivos o negativos; los iones solo se encuentran en forma de compuestos (ver anexo 3).

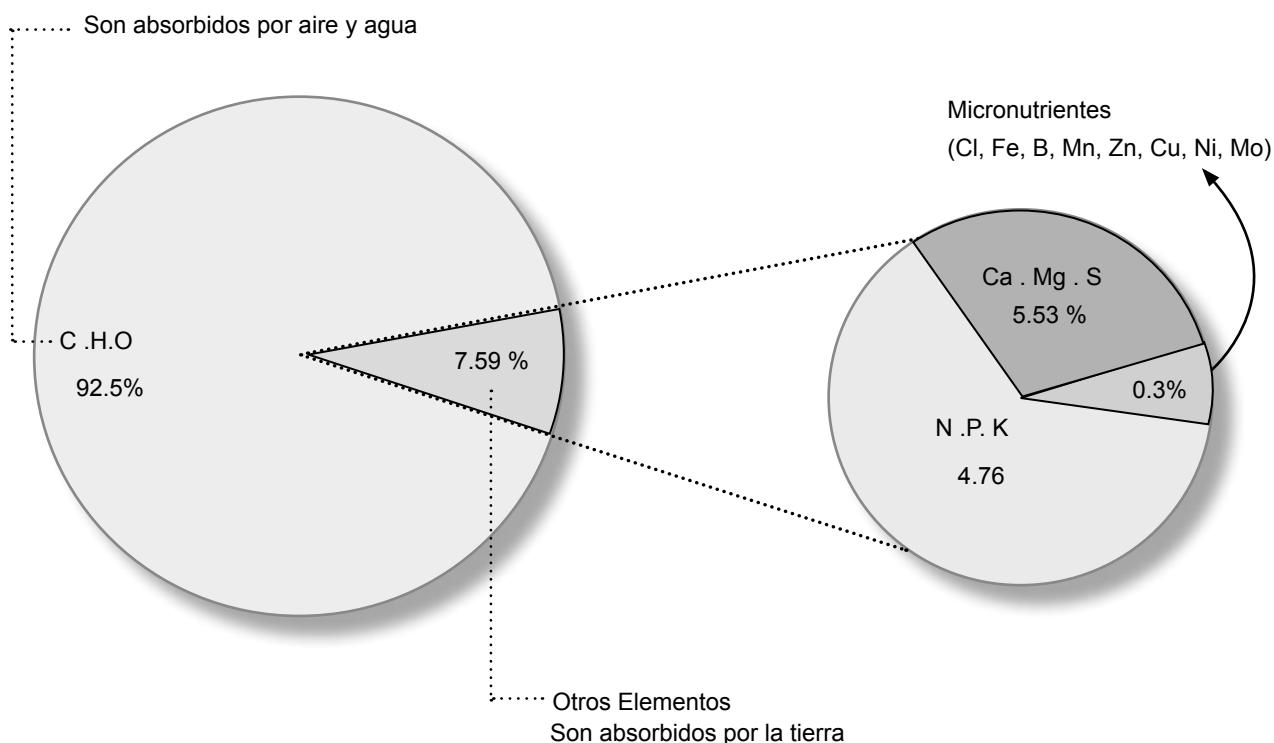


Figura 6. Porcentaje de macronutrientes y micronutrientes contenidos en las plantas

(2) Funciones de los macro y micronutrientes en el suelo

Los macro y micronutrientes en condiciones naturales de cultivo (suelo) entran a la planta a través de las raíces. Ellos contribuyen al crecimiento y metabolismo de las plantas (ver anexo 3).

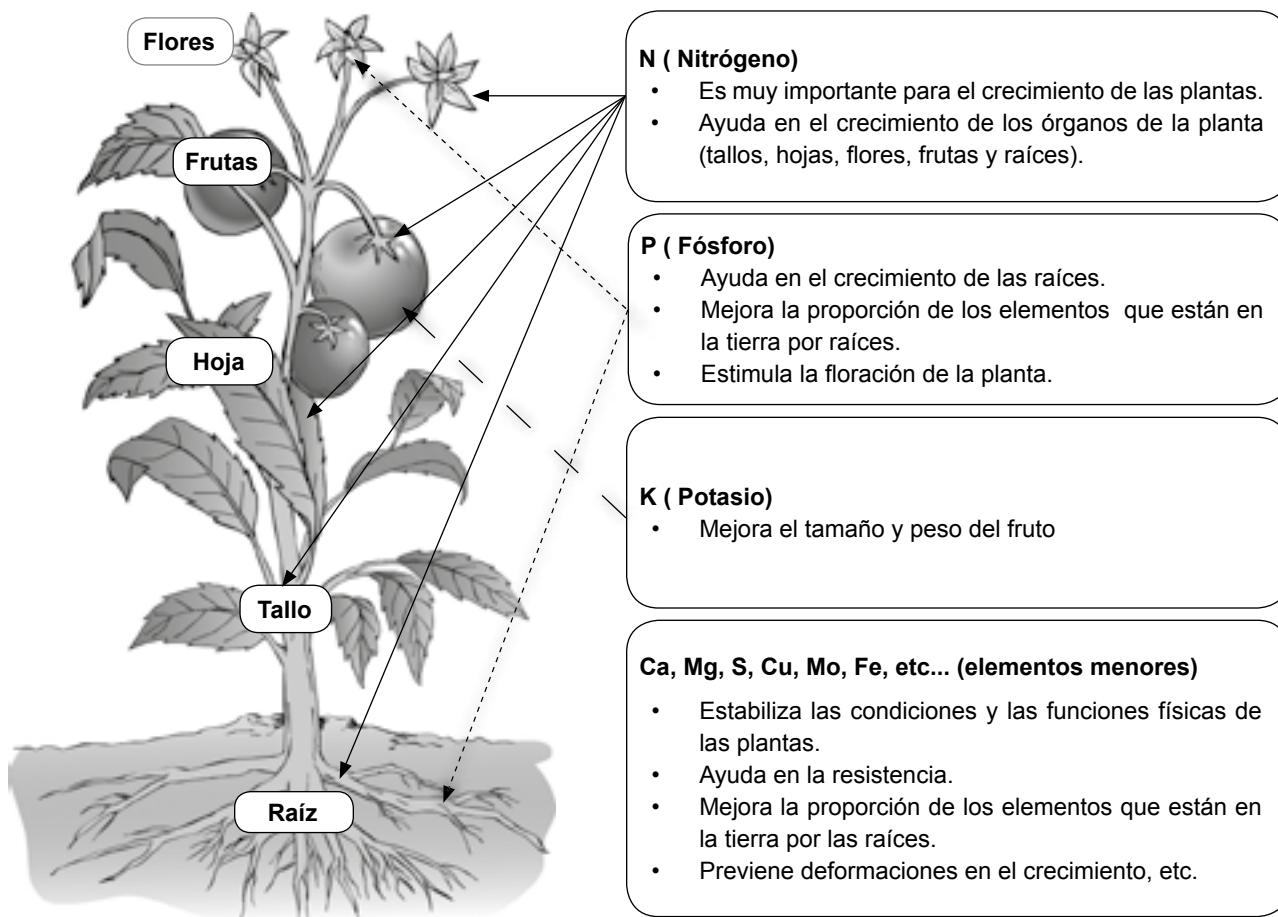


Figura 7. Funciones de los macro y micronutrientes en la planta

(3) Deficiencias de los macro y micronutrientes

El déficit de sólo uno de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el agricultor. De acuerdo con las cantidades que las plantas consumen de cada uno de ellos, no todos son consumidos en igual cantidad.

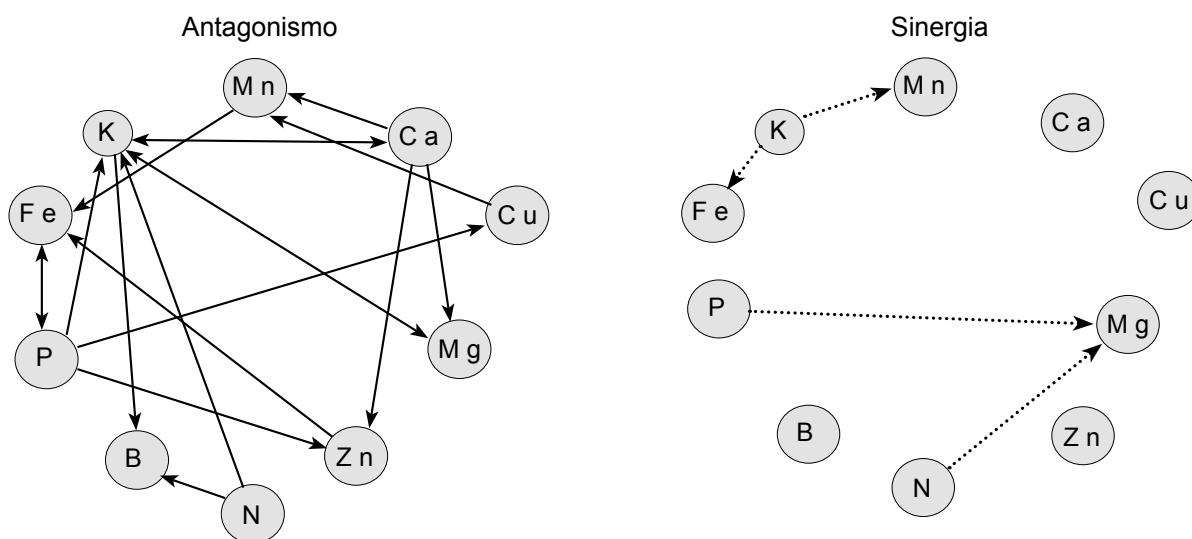
La primera pregunta que debe hacerse cuando usted trata de identificar la deficiencia de un nutriente, es si la razón de la deficiencia es la escasez de los nutrientes en el suelo o agua, o que existen otros factores que inducen a la deficiencia.

En muchos casos, corregir la causa de la deficiencia puede ser más eficiente que tratar de corregirla mediante el aumento del nutriente que está en deficiencia. Entre las causas a considerar están: (ver anexo 3).

i) Antagonismo de nutrientes

A menudo, los síntomas de deficiencia de nutrientes son el resultado de interacciones entre los nutrientes. Un exceso de un nutriente puede causar la deficiencia de otro. Esto es debido a que algunos nutrientes tienen mecanismos similares de absorción.

Por ejemplo, el exceso de potasio puede interferir con la absorción de magnesio y el exceso de metales, como el manganeso o zinc, pueden inducir deficiencia de hierro. Por el contrario, si se agrega suficiente cantidad de potasio, este ayudará a la planta en la absorción del Fe y Mn. Es necesario definir bien las cantidades de abono para un desarrollo equilibrado de la planta (ver anexo 2).



Ejemplo de antagonismo: Cuando aumenta la cantidad de P del suelo, la planta no absorbe Zn, Cu, K y Fe. Cuando aumenta la cantidad de Fe dentro del suelo, la planta no absorbe P.

Aumenta cantidad **(A)** → **(B)** Impide absorción

Ejemplo de sinergia: Cuando aumenta la cantidad de P en el suelo, mejora la absorción del Mg en la planta.

Aumenta cantidad **(A)** → **(B)** Mejora absorción

Figura 8. Antagonismo y Sinergia de absorción entre los elementos

ii) El pH

El pH juega un papel importante en la disponibilidad de los nutrientes. Afecta a la mayoría de las reacciones con las partículas del suelo y con otros nutrientes. Los más afectados por el pH son los micronutrientes, pero la absorción de otros nutrientes, como la del calcio y del magnesio, también se ve afectada (la absorción se reduce a un pH bajo).

Las deficiencias de nutrientes son inducidas cuando el pH es mayor o menor que el rango recomendado para las plantas individuales. El bloqueo de nutrientes se ve influido por el pH del suelo. El bloqueo se refiere a las reacciones de las partículas del suelo con los nutrientes.

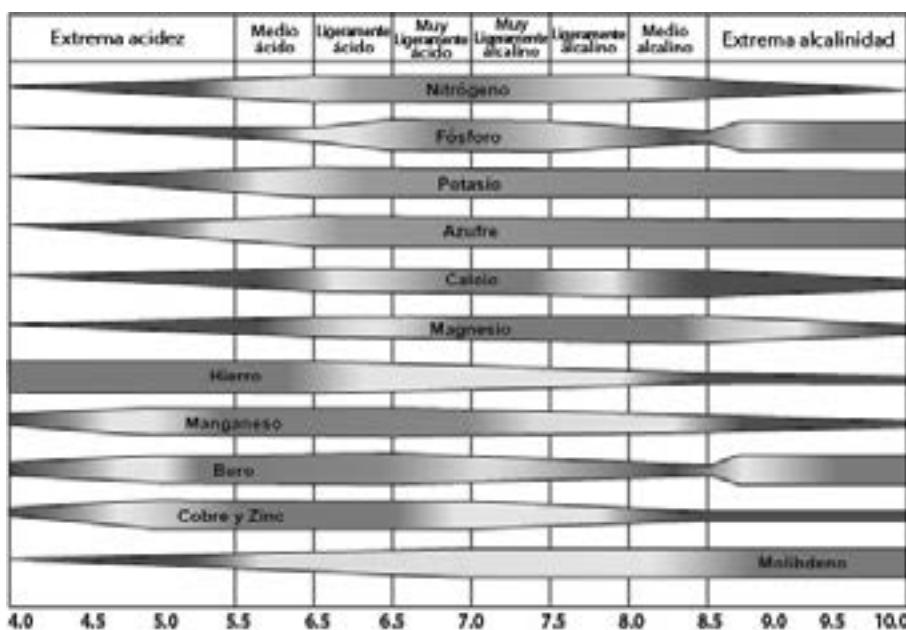


Figura 9. Relación entre ph del suelo y disponibilidad de nutrientes para la planta

iii) El Manejo de riego

El exceso de agua afecta la disponibilidad de nutrientes para la planta. El riego excesivo resulta en la falta de oxígeno en el suelo y en un sistema radicular pobre.

La eficiencia de absorción de nutrientes es reducida y deficiencias nutricionales, tales como la deficiencia de hierro, pueden ser inducidas. Además, el exceso de riego lixivia los nutrientes de la zona radicular.

La falta de agua también puede afectar la disponibilidad de nutrientes para la planta. Cuando el suelo está seco, se reduce el movimiento del agua a través de ello. Dado que los nutrientes se mueven en el suelo junto con el agua, su disponibilidad a la planta se reduce considerablemente.

(4) Elementos móviles e inmóviles de la planta

Se puede dividir los nutrientes de la planta en dos grupos: nutrientes móviles y nutrientes inmóviles. Los nutrientes móviles pueden ser transportados en la planta desde las hojas maduras hacia las hojas más jóvenes (en el

floema), y los nutrientes inmóviles no pueden.

La movilidad de un nutriente en la planta afecta a la ubicación de los síntomas de deficiencia en la planta.

Los síntomas de la deficiencia de nutrientes móviles se desarrollan primero en las hojas más maduras. Básicamente, los nutrientes se transportan por la planta a sus partes de crecimiento activo, que son las hojas jóvenes.

Los síntomas de deficiencia de nutrientes inmóviles aparecerán primero en el nuevo crecimiento, porque estos nutrientes no pueden ser transportados desde las hojas más viejas al nuevo crecimiento.

Tabla 6: Movilidad de algunos nutrientes en la planta

Nutrientes muy móviles	Nitrógeno, Fósforo, Potasio
Nutrientes moderadamente móviles	Magnesio, Hierro, Azufre (movilidad varía según la especie), Manganoso, Zinc, Molibdeno
Nutrientes inmóviles	Calcio Boro

8. Propiedades biológicas del suelo

8.1. Materia orgánica

Son restos de origen animal y vegetal que llegan al suelo como materiales frescos e inertes, que en presencia de humedad y temperatura quedan sujetos a la descomposición provocada por los macro y microorganismos del suelo que los someten a un dinámico estado de desintegración y resintetización creándose al final de este proceso una unidad integrada de componentes orgánicos e inorgánicos en la nueva composición del suelo.

La materia orgánica ejerce enormes acciones benéficas sobre los suelos, entre ellas:

- Posee una gran capacidad de mantener los nutrientes en forma intercambiable, en equilibrio fácil y rápido con la solución del suelo, es decir tiene una alta CIC.
- Mejora las condiciones físicas del suelo (textura, estructura, porosidad).
- Aumenta la infiltración y retención de agua disminuyendo los efectos de las sequías, la aireación del suelo y la percolación del agua en el perfil.
- Incrementa la actividad biológica y con ello la disponibilidad de los nutrientes.



Determinación de la materia orgánica en el suelo

El contenido de materia orgánica de un suelo está bastante relacionado con el color del mismo, los suelos con alto contenido de materia orgánica generalmente son de color oscuro y fértil.

Es posible calcular la materia orgánica del suelo usando un método que permite tener una aproximación cualitativa de ésta utilizando el agua oxigenada (H_2O_2). Este método es solamente aproximado, pues aunque el agua oxigenada ataca el humus y a la materia orgánica coloidal, su acción sobre la materia orgánica no descompuesta es limitada. Para una determinación más exacta debe tomar las muestras y llevarlas a un laboratorio.

1



Coloque una pequeña cantidad de suelo en un vaso de vidrio o plástico desechable.

2



Agregue agua oxigenada al 35% (de farmacia) de tal forma que el vaso no se llene totalmente.

3



Observe la reacción:

a. Si la mezcla de suelo y agua oxigenada hace bastante espuma (hierve en abundancia), ese suelo es rico en materia orgánica,

b. Si hace espuma de manera moderada, el suelo es medianamente rico en materia orgánica

c. Si no hace espuma o está es muy escasa, el suelo es pobre en materia orgánica.

8.2. Microorganismos



Los microorganismos o micro flora son los componentes más importantes del suelo. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. Una mayor cantidad de microorganismos en el suelo permite una mejor actividad metabólica y enzimática para la planta aumentando su nutrición y por ende se incrementan los rendimientos.

La mayor actividad de los microorganismos se realiza desde la superficie del suelo hasta unos 20 cm de profundidad (según el tipo de suelo).

Entre las funciones más importantes de los microorganismos están:

- Suministro directo de nutrientes.
- Fijación de nitrógeno en leguminosas.
- Conversión de compuestos orgánicos a inorgánicos para que puedan ser asimilados por la planta (Mineralización).
- Solubilización de compuestos inorgánicos para facilitar la absorción por las plantas.
- Reacciones antagónicas, parasitismo y control de fitopatógenos.
- Mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

La micro flora del suelo está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios.

8.3. Macroorganismos



Son organismos que poseen un tamaño mayor a 6 mm y constituyen parte importante en la formación y calidad del suelo

A continuación se enumeran las actividades más importantes en las cuales intervienen los macro organismos en el suelo:

- Desempeñan un papel fundamental en la transformación, translocación, trituración y adecuación de la materia orgánica para que los microorganismos realicen de manera más rápida y fácil su mineralización y humificación.
- Aportan grandes cantidades de biomasa (materia orgánica), que incrementa la cantidad y variedad de materia orgánica en el suelo.
- Mejoran la agregación (estructura), aireación e infiltración del suelo, especialmente los organismos de gran tamaño debido a su desplazamiento.
- Transportan materiales desde la superficie al interior del suelo y viceversa, permitiendo así el reciclaje de elementos sólidos acarreados.
- Controlan el crecimiento poblacional de otros organismos.
- Aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes como el K, P, C, Ca, Mg, Na.

8.4. Humificación de la materia orgánica

Es el proceso a través del cual la materia orgánica es transformada en humus.

(1) Condiciones para humificación de materia orgánica

La humificación se realiza fundamentalmente en dos tiempos o períodos:

- La degradación de los materiales frescos (humus fresco).
- La síntesis y condensación de moléculas orgánicas que terminan en humus resistente a la acción adicional de microorganismos (humus estabilizado).

Las siguientes condiciones influyen al proceso de humificación:

- Disponibilidad de macro y micro organismo del suelo.
- Condición física del suelo: aireación, nivel de pH (neutros y ligeramente alcalinos), humedad, temperatura y la mineralización.
- Tipo de Materiales Orgánicos.

(2) Ciclo de la descomposición de la materia orgánica

Consiste en la degradación progresiva de las moléculas orgánicas complejas en moléculas simples para la absorción de las plantas.

La actividad microbiana es constante y dinámica, transformando los elementos simplificados de unas formas químicas a otras.

Por ejemplo:

- El proceso de nitrificación y desnitrificación que consiste en sensibles pérdidas de Nitrógeno que se incorporan en la atmósfera al culminar en formas volátiles como Óxido Nitroso (N_2O), en nitrógeno gaseoso (N_2) o el amoníaco (NH_3).
- Otra pérdida es la lixiviación (lavado de nutrientes por infiltración) principalmente de los elementos más móviles como los nitratos (NO_3^-) y los sulfatos (SO_4^{2-}).

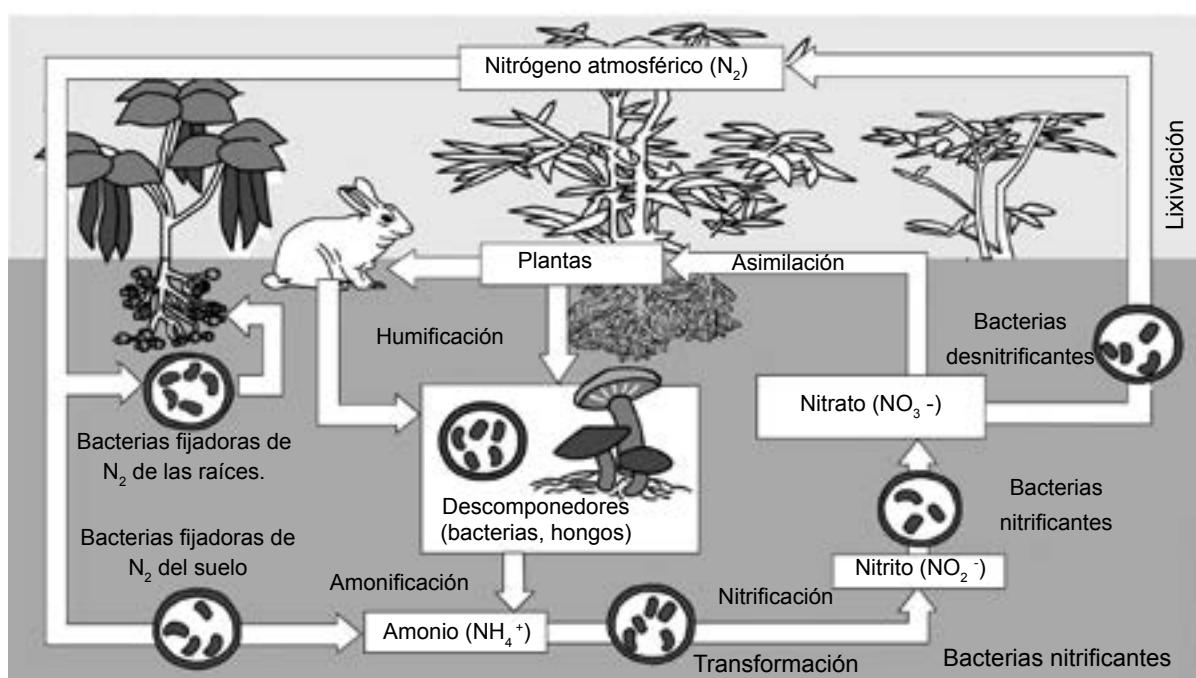


Figura 10. Ciclo de la descomposición de la materia orgánica

8.5. Clasificación agroecológica de los suelos

Para esto se debe tener en cuenta algunas características del suelo como profundidad del suelo, textura/estructura, permeabilidad, pedregosidad, otros que valoran la pérdida de productividad como la pendiente del terreno y grado de erosión y otros extrínsecos como la temperatura y pluviosidad.

La clasificación comprende 8 clases en las que al aumentar el número y tipo de limitaciones, incrementan su valor numérico. Así, los suelos clase I no presentarán restricciones de uso, mientras que los suelos de clase VIII presentan la mayor limitación de uso (ver anexo 4).

9. Toma de muestras de suelo

9.1. Procedimiento y métodos de obtención de la muestra

Muchos factores afectan el rendimiento de un campo agrícola. Cuando los nutrientes no estén en cantidades disponibles, la producción agrícola será limitada. Un análisis de suelo se hace para saber la disponibilidad de nutrientes necesarios en el suelo para un desarrollo óptimo del cultivo.

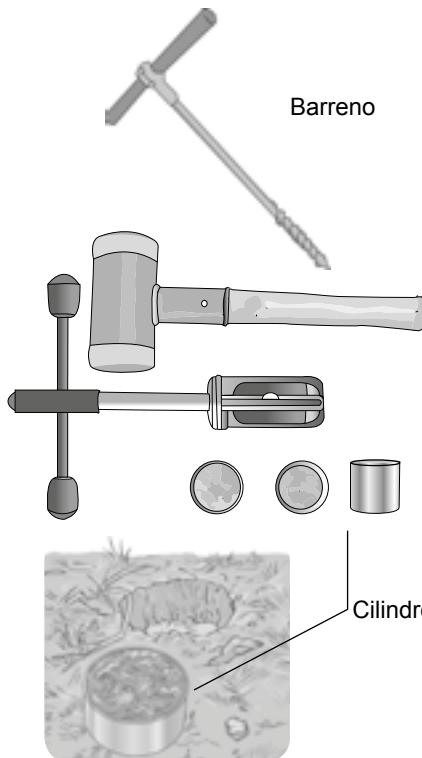
Es importante que en el muestreo se logre una distribución uniforme de muestras. Para que el análisis sea estadísticamente válido y realmente oriente los esfuerzos del agricultor hacia un máximo de producción, es necesario que la muestra represente las cualidades del área muestreada.

Para conocer la metodología básica para la toma de muestras que serán enviadas al laboratorio, se deben seguir los siguientes pasos:

(1) Selección de herramientas

Las herramientas que se pueden utilizar para recolectar muestras de suelos son:

- Balde
 - Pala
 - Palín para trasplante
 - Bolsas de papel o plástico (una libra)
 - Barreno
 - Cilindro o tubo de muestreo
 - Libreta de campo
- Muestra del suelo para análisis de propiedades químicas.
- Muestra para ver el perfil del suelo
- Muestra del suelo para análisis de propiedades físicas



(2) Reconocimiento general de la propiedad

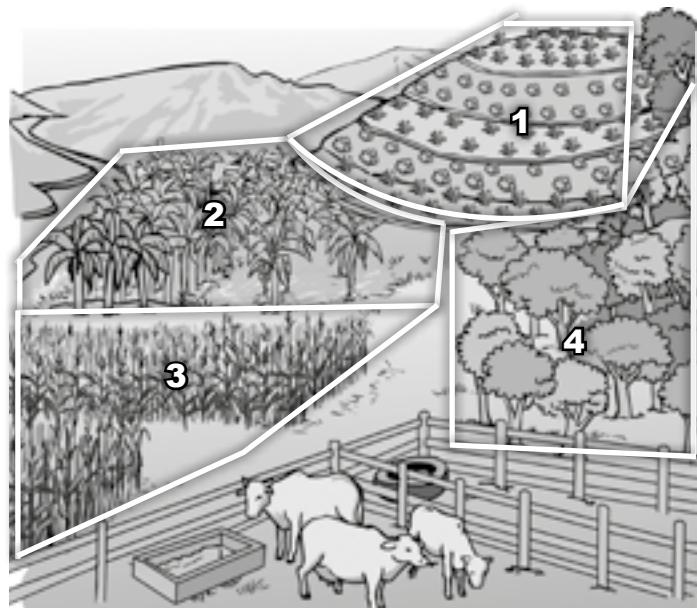
Realizar un reconocimiento general de manera que facilite la delimitación de las áreas.

(3) Selección de los lotes

Se puede representar un área mayor en cada muestra compuesta, especialmente si es para sembrar un monocultivo grande y extenso.

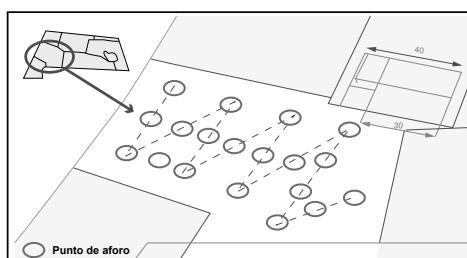
La finca o la superficie considerada deberá ser dividida en áreas no mayores a 10 hectáreas si es que se tiene un área o campo muy uniforme en cuanto a condiciones del suelo, topografía y manejo del pasto.

Áreas que son diferentes en cuanto a tipo de suelo, topografía, drenaje, y tratamiento anterior o vegetación virgen, deben considerarse separadamente para el muestreo.

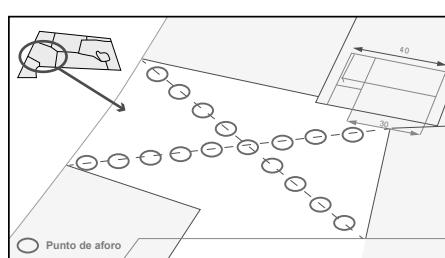


(4) Elegir el método de toma de la muestra

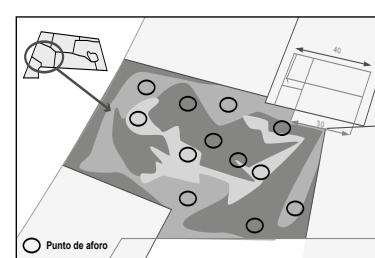
Dentro de cada parcela delimitada se toma una serie de sub muestras que han de formar la muestra compuesta, representativa de toda la parcela. El número de sub muestras puede oscilar entre 20 y 30. Las sub muestras deben tomarse de sitios distribuidos uniformemente aplicando el método de toma de muestra en toda el área de la parcela o lote. La distancia entre una perforación y otra debe ser al menos de 30 m de distancia.



Muestreo en forma de zig zag



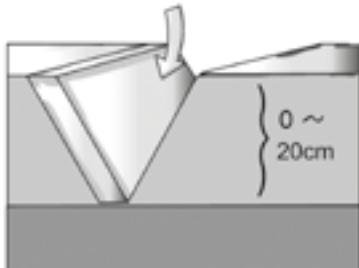
Muestreo en forma de X



Doble muestreo por rango visual

(5) Extracción de las submuestras para el análisis de propiedades químicas del suelo

Tomar la muestra de la mitad del talud.



Hacer un hueco de 20 cm de profundidad y extrae aproximadamente una libra de la tierra.



Depositarla en un recipiente (balde), a fin de mezclar las sub muestras de cada área homogénea y obtener la muestra representativa del terreno (2 libras).

(6) Colocación de la etiqueta

Colocar la muestra en una bolsa de papel o plástica y poner una etiqueta o tarjeta que lleve los siguientes datos:

- Nombre del productor y propiedad.
- Nombre de la comunidad.
- Fecha de muestreo.
- Número de lote.
- Número de muestra.
- Profundidad de toma de la muestra (cm),
- Historia del terreno durante los últimos años (cultivo anterior, cultivo a establecer, rotación para los tratamientos anteriores, fertilización).
- Uso actual del terreno, drenaje y pendiente.



Nota: se recomienda llevar la muestra cuanto antes al laboratorio para evitar que se generen hongos.

9.2. Calificación de los contenidos nutriente

Las siguientes tablas son una herramienta importante para la interpretación práctica de los análisis de suelo que nos pueda proveer el laboratorio y que permitan identificar los contenidos de nutrientes de los mismos.

Tabla 7: Unidades de medida comunes en los resultados del análisis de los suelos

Propiedades	Unidad de medida
pH	Sin unidades
Textura	Tipo de suelo
MO	%
Potasio (K)	meq/100 gr de suelo
Calcio (Ca)	meq/100 gr de suelo
Magnesio (Mg)	meq/100 gr de suelo
Fósforo (P)	ppm ~ µg/ml ~ mg / kg
Zinc (Zn)	ppm ~ µg/ml ~ mg / kg
Hierro (He)	ppm ~ µg/ml ~ mg / kg
Cobre (Cu)	ppm ~ µg/ml ~ mg / kg
Manganoso (Mn)	ppm ~ µg/ml ~ mg / kg

Fósforo (P) (ppm)	Nivel	Calificación
	< 3.0	Muy bajo
6.0 – 9.0	3.0 – 6.3	Bajo
	9.0 – 12.0	Moderado
9.0 – 12.0	Suficiente	
	< 12.0	Alto

Potasio (K) (meq/100)	Nivel	Calificación
	< 0.2	Bajo
0.2 – 0.3	Moderado	
	0.3 – 0.4	Suficiente
< 0.4	Alto	

Materia orgánica (MO %)	Nivel	Calificación
	< 3.0	Bajo
	3.0 – 5.0	Medio
< 5.0	Alto	

10. Degradación de los suelos

10.1. Concepto

Se define como la reducción de la capacidad productiva por la pérdida de sus propiedades físicas, químicas y biológicas consecuencia de un manejo inadecuado de su conservación.

10.2. Principales causas de la degradación del suelo

La degradación ocurre con la pérdida de la cobertura (capa arable o capa productiva) del suelo la que se origina por las siguientes causas:

- Cultivo en laderas
- Deforestación
- Agricultura migratoria
- Manejo inadecuado del suelo
- Quemas
- Sobrepastoreo
- Uso excesivo de labranza

La función de la cobertura del suelo es protegerlo contra la erosión y servir de medio para almacenar materia orgánica, humedad, vida microbiológica y animal.

Recordemos que la materia orgánica favorece la infiltración y retención del agua.

Un suelo sin protección destruye su estructura, compacta su porosidad por el golpe de las gotas de lluvia sobre él, disminuyendo la infiltración del agua ocasionando una fuerte erosión.

10.3. Tipos de degradación del suelo

Existen diferentes tipos de degradación de los suelos, unos provocados por el ser humano y otros por la misma naturaleza. Los más representativos son los siguientes: degradación física, que abarca; anegamiento, compactación, erosión, degradación química, que abarca; acidificación, pérdidas de nutrientes, polución, salinización, uso excesivo de agroquímicos.

(1) Degradación física

Cambios de la estructura del suelo que no implica alteraciones en las propiedades químicas, si en sus propiedades físicas.

Los tipos de degradación física son:

i) Anegamiento (inundación):

Ocurre por acción natural, por ejemplo el desbordamiento de los ríos; también puede ser provocada por la acción humana, por una cuenca mal manejada, deforestación, áreas no aptas para cultivo.

ii) Compactación:

Uso excesivo de maquinaria agrícola y el pisoteo de animales que provoca la reducción de la porosidad del suelo.

iii) Erosión de los suelos:

Es el desprendimiento y arrastre de las partículas finas (como arena, limo y arcilla).

Existen dos tipos de erosión: erosión eólica y erosión hídrica. Actualmente se habla también de la erosión gravitacional que consiste en el transporte por gravedad de bloques o granos desgajados en laderas de montaña.

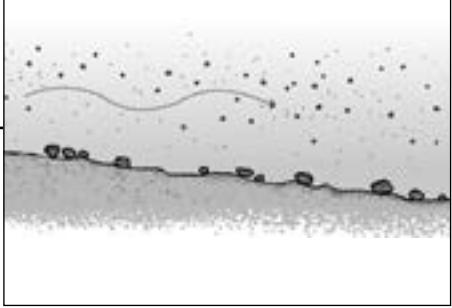
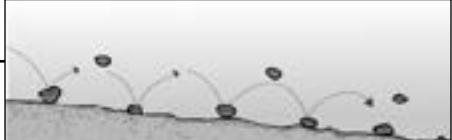
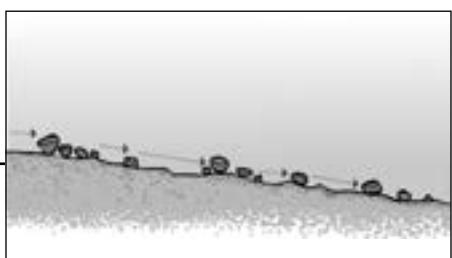
A continuación se detallan los mecanismos a través de los cuales se desarrolla el proceso de erosión y que permitirá la toma de decisiones acertadas en lo referido a prácticas de conservación de suelo a implementar según los niveles de erosión:

Mecanismos de erosión

Provocada por el agua. Es un proceso erosivo típico de regiones tropicales, causado por la agresividad de la lluvia, debido a las características de intensidad, duración y frecuencia asociadas a la pluviosidad.

Erosión hídrica 	Salpique	<p>Las partículas de suelo se desplazan por la acción salpicadora de las gotas de lluvia a distancias cortas (máxima 2 m).</p>	
	En surco	<p>El agua de lluvia se concentra en las pequeñas depresiones formando corrientes. Estas acumulaciones de agua de escorrentía arrastran y transportan las partículas de suelo formando pequeñas zanjas o surcos.</p>	
	Laminar	<p>Ocurre en terrenos con pendientes uniformes y suaves cuando la cantidad de agua excede a la capacidad de infiltración de los suelos y forma una película delgada de agua.</p>	
Profundo 	Remoción en masa	<p>Se desplazan masas considerables de suelo y rocas sobre distancias relativamente cortas, bajo la acción de la gravedad y en mayor o menor grado de la cantidad de agua.</p>	
	En cárcava	<p>Se produce cuando hay una mayor concentración en el escurrimiento debido a las irregularidades del terreno permitiendo la conjunción de varios surcos, disectando tan profundo el suelo que el terreno no puede nivelarse con instrumentos de labranza ordinarios.</p>	

Provocada por el viento. Se presenta en las regiones que tienen un régimen pluvial estacionalmente seco, y están sujetas a la acción de vientos fuertes. Los tres mecanismos de erosión eólica ocurren en forma simultánea a alturas menores a 1 m.

Erosión eólica	En suspensión	La atmósfera, tiene una capacidad estimada de acarreo de partículas finas (menores de 0.1 mm) de hasta 15 toneladas de suelo por km ³ de atmósfera. Estas partículas sedimentan o se acumulan en los sitios hacia los que fueron transportadas por la dirección predominante del viento.	
	Por saltación	Es un desplazamiento de partículas finas (0.1 y 0.5 mm) que ocurre en trechos muy cortos.	
	De forma paulatina	Es el modelo de transporte más lento, que corresponde a las partículas entre 0.5 y 0.2 mm (arenas de tamaño mediano y grueso). Estas partículas gruesas se mueven lentamente, a ras de la superficie del suelo.	

(2) Degradación química

Los tipos de degradación química son:

Acidificación	<p>Reducción del pH del suelo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altas precipitaciones • Incorporación de ureas • Lluvias ácidas • Aplicación de agroquímicos • Descomposición mineral • Cambio de uso del suelo • Cenizas volcánicas • Fijación de nitrógeno por leguminosas
----------------------	--

Pérdida de nutrición	La pérdida de nutrientes en el suelo puede darse por: <ul style="list-style-type: none"> • Lixiviación • Volatilización • Desnitrificación • Fijación • Erosión y escorrentía • Inmovilización
Polución	Es la contaminación del suelo y el agua por: <ul style="list-style-type: none"> • Residuos industriales • Basura • Uso irracional de plaguicidas
Salinización	Contaminación química del suelo por acumulación de sal. Ocurre por: <ul style="list-style-type: none"> • Malas prácticas de riego • Infiltración de aguas del mar a tierras de la costa (intrusión salina)
Uso Excesivo de Agroquímicos	Contaminación química del suelo que impide la absorción de nutrientes por la planta y la reducción de los microorganismos del suelo. Ocurre por: <ul style="list-style-type: none"> • Falta de prácticas agro ecológicas o agro conservacionistas. • Desconocimiento de los ciclos biológicos de las plagas y enfermedades • Inexperiencia en la dosificación de productos químicos. • Resultados inmediatos en la aplicación de estos productos

Algunas medidas para contrarrestar la degradación química:

- Diseño de sistemas de drenaje
- Riego con aguas de buena calidad
- Reforestación
- Aplicación de enmiendas orgánicas
- Utilización de variedades tolerantes a la salinidad
- Nivelación del terreno
- Aplicación de enmiendas químicas (encalado del suelo)

Actividades

Con apoyo del docente, realice las siguientes prácticas para medir los conocimientos adquiridos de los contenidos estudiados.

1. Hacer una calicata y describir el perfil del suelo (ver páginas 6 - 7). Pueden auxiliarse del siguiente formato:

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción del perfil*
Horizonte A (HA)		
Horizonte B (HB)		
Horizonte C (HC)		
Horizonte R (HR)		

*Tener en cuenta actividad microbiológica, presencia de raíces, material orgánica, color del suelo, otros.

2. Determine lo solicitado en la siguiente tabla: (ver páginas 7 – 16).

Estructura	Textura	Color	pH

3. Considerando las actividades 1 y 2 haga un análisis de las características del suelo en función de potencialidades, limitantes y propuestas de mejora, si fuese necesario.

4. Determine el contenido de materia orgánica aplicando agua oxigenada (peróxido de hidrógeno). A partir de los resultados de la prueba explique las potencialidades o limitantes de ese suelo (ver página 23).

Autoevaluación

Después de haber estudiado la primera unidad, realice lo que a continuación se le solicita.

1. Conteste las siguientes preguntas.

(1) ¿Qué elementos tendría en cuenta usted para evaluar la calidad del suelo? Explique.

(2) Explique la importancia del suelo para las actividades agropecuarias.

(3) ¿Qué información conocemos sobre los suelos de mi localidad o comunidad?

(4) ¿Qué importancia tiene conocer la porosidad del suelo?

(5) Argumente sobre la importancia de conocer la textura del suelo.

2. Identifique la textura del suelo, si los componentes de las partículas son:

% de arena	% de limo	% de arcilla	Nombre de la textura	Características del suelo
30	40	30		
30	30	40		
25	35	40		

3. Estudio de caso

Usted realizó un muestreo de suelo, en el que a través de cilindros tomó muestra de 50 cm³ (este es el volumen del suelo húmedo), llevó al laboratorio la muestra del suelo, esta fue sometida a secado hasta peso constante, el cual fue de 75 g y el volumen final fue de 24 cm³. Con esta información:

(1) Calcule la porosidad de este suelo (porcentaje).

(2) Analice las cualidades del suelo en función de su porosidad.

4. Investigue las consecuencias de disponer de suelos con pH bajos, teniendo en cuenta la asimilación de nutrientes.

Unidad II:

Manejo de técnicas y tecnologías de la conservación de suelo y agua

Objetivo de la unidad:

Utilizar las medidas y procedimientos establecidos para las prácticas de conservación de suelos.

1. Conceptos básicos

1.1. Concepto de conservación de suelo

Práctica que el ser humano realiza para minimizar la pérdida de suelo en sus áreas productivas.

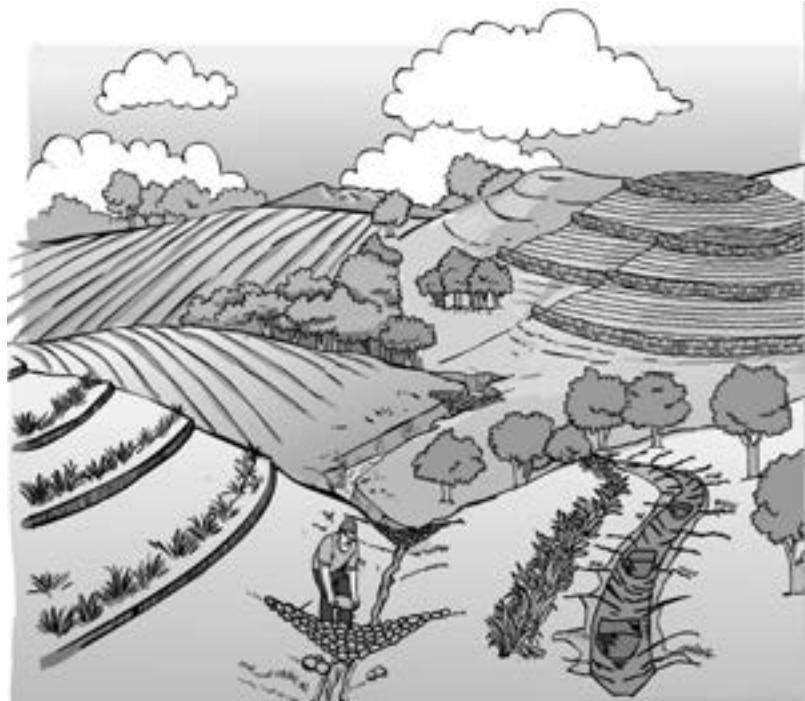
1.2. Importancia de la conservación de suelo

Conservar el suelo significa la utilización de prácticas de protección y mejoramiento, de tal forma que se controle la degradación física, química y biológica, que permita el incremento de las cosechas.

Es importante incorporar todas las prácticas apropiadas a las condiciones biofísicas y ambientales dentro del sistema de producción,

Las prácticas de conservación de suelo reducen la pérdida del recurso agua mediante:

- Protección de la capa arable.
- Aumentan la infiltración del agua en el suelo.



2. Caracterización biofísica del área productiva

2.1. Criterios técnicos para el diagnóstico situacional

El diagnóstico permite dictaminar el estado actual de las condiciones climáticas, agroecológicas, topográficas, socioeconómicas y uso actual del suelo que tiene que ver con la producción. Si no se cuenta con la información de la finca, se corre el riesgo de tomar decisiones equivocadas para la planificación de las actividades preventivas y correctivas del deterioro de los recursos naturales.

Para la realización del diagnóstico es necesario tomar en cuenta los siguientes criterios:

(1) Objetivos del productor

i) Controlar la erosión:

Gravedad del problema de la erosión percibido por el productor y la importancia de implementar prácticas de Conservación de Suelo y Agua (CSA) que controlen el tipo de erosión predominante en la parcela.

ii) Mejorar la conservación de la humedad en el suelo:

Importancia de mejorar la capacidad del suelo de infiltrar y retener la humedad y la época más crítica para hacerlo.

iii) Proteger el suelo y los cultivos contra el viento:

Importancia de controlar la erosión del suelo por los vientos o de proteger los cultivos a través de cortinas rompevientos.

iv) Mejorar la fertilidad y estructura del suelo:

Importancia de mejorar la fertilidad del suelo, de mejorar o mantener el nivel de materia orgánica en el suelo, o de mejorar la estructura física del suelo.

v) Contribuir al control de las malezas:

Importancia de implementar prácticas de CSA que contribuyen al mismo tiempo al control de las malezas.

vi) Producir alimentos, forraje o productos forestales:

Escasez de alimentos, forraje o productos forestales o energéticos (por ejemplo: leña) en la finca durante ciertas épocas del año.

Importancia para el productor de que la práctica contribuye a que subproductos ayuden a superar la escasez.

En fincas con un buen acceso al mercado, se analiza la oportunidad de vender estos productos.

(2) Condiciones de producción de la finca

i) Acceso a los insumos externos e internos

Para la medición del acceso a insumos externos se sugiere un estimado en función del acceso de la finca a transporte, de la cercanía de oportunidades de mercadeo y de la disponibilidad de ingresos monetarios o crédito para el productor para la compra de los insumos externos.

Para la medición cuantitativa de la disponibilidad de insumos internos se puede hacer un primer análisis para identificar insumos disponibles en la finca que no se aprovechan eficientemente, por ejemplo: residuos de cosecha, estiércol, plantas para elaboración de fertilizantes foliares e insecticidas.

ii) Escasez de mano de obra en la finca

Se analiza con el productor, si él considera la época de invierno o de verano como un período de escasez de mano de obra durante el cual existe muy poco tiempo adicional de mano de obra familiar o poca

posibilidad de contratar mano de obra adicional.

Por ejemplo, la alta cantidad de mano de obra necesaria para la construcción de barreras muertas o el mantenimiento de los cultivos en callejones con sus podas frecuentes afectan la difusión de estas prácticas en fincas con una escasez de mano de obra en el verano (finca con café, fincas pequeñas donde el dueño migra para trabajar fuera de la finca) o en el invierno, respectivamente.

iii) Tipología de productor

La capacidad del productor para adoptar una u otra práctica de CSA está en función de su racionalidad y lógica económica. Los campesinos de subsistencia, por ejemplo, no tienen los recursos para la implementación de prácticas que requieren de inversión de capital o de una atención permanente de mano de obra (ejemplo: lombricultura). Los campesinos finqueros no tienen la mano de obra necesaria para el manejo de prácticas de CSA que requieren bastante mano de obra (por ejemplo: cultivos en camellones).

Tabla 8: Características de la tipología de productores

Características	Campesino de subsistencia	Pequeño finquero	Campesino finquero
Capital	Muy bajo nivel de capital propio	Bajo nivel de capital propio	Cierto capital propio y acceso a crédito.
Tierra cultivable	Muy poca tierra. En la mayoría de los años, la producción no alcanza para el autoconsumo.	Suficiente tierra para la producción de los alimentos para autoconsumo. Normalmente se producen excedentes para la venta.	Suficiente tierra para la producción de alimentos y cultivo para venta.
Mano de obra disponible	Mano de obra familiar. Parte del tiempo trabaja fuera de la finca.	Mano de obra familiar, jornales y mano vuelta en épocas de mayor trabajo.	Disponibilidad de mano de obra es una limitante para la intensificación de la producción; mano de obra contratada.
Sistema de producción predominante	Granos básicos; ganado menor.	Granos básicos y áreas limitadas con cultivos de venta (café, hortalizas...); varias cabezas de ganado dependiendo de la zona.	Ganado y tracción animal, producción de café o granos dependiendo de la zona.

iv) Tenencia de la tierra

Se diferencian dos niveles: (1) el acceso inseguro en el caso de la falta de tierra propia o de un título de Reforma Agraria; (2) el acceso moderadamente seguro o totalmente seguro en los casos de tierras sin título pero heredadas, con títulos de la Reforma Agraria, y todas las tierras propias y heredadas con títulos.

La tenencia de la tierra influye en la decisión del productor de invertir en la implementación de prácticas de CSA. En tierras sin acceso seguro, los productores no están dispuestos a invertir en obras permanentes de CSA y se limitan a prácticas temporales de CSA como son los cultivos intercalados con leguminosas o las prácticas básicas de labranza conservacionista.

v) Sistema de producción

A través del criterio de sistema de producción se analiza la probabilidad de que la práctica de CSA se integre fácilmente en un sistema determinado de producción. Ciertas prácticas, por ejemplo las acequias, no se pueden integrar fácilmente en sistemas de producción basados en la ganadería. En estos sistemas, el ganado destruye frecuentemente las acequias y, en el caso de un sistema mixto de ganado / granos básicos, el productor concentra la mano de obra en su rubro principal, el ganado, e invierte solamente en segundo lugar mano de obra en los campos de granos básicos.

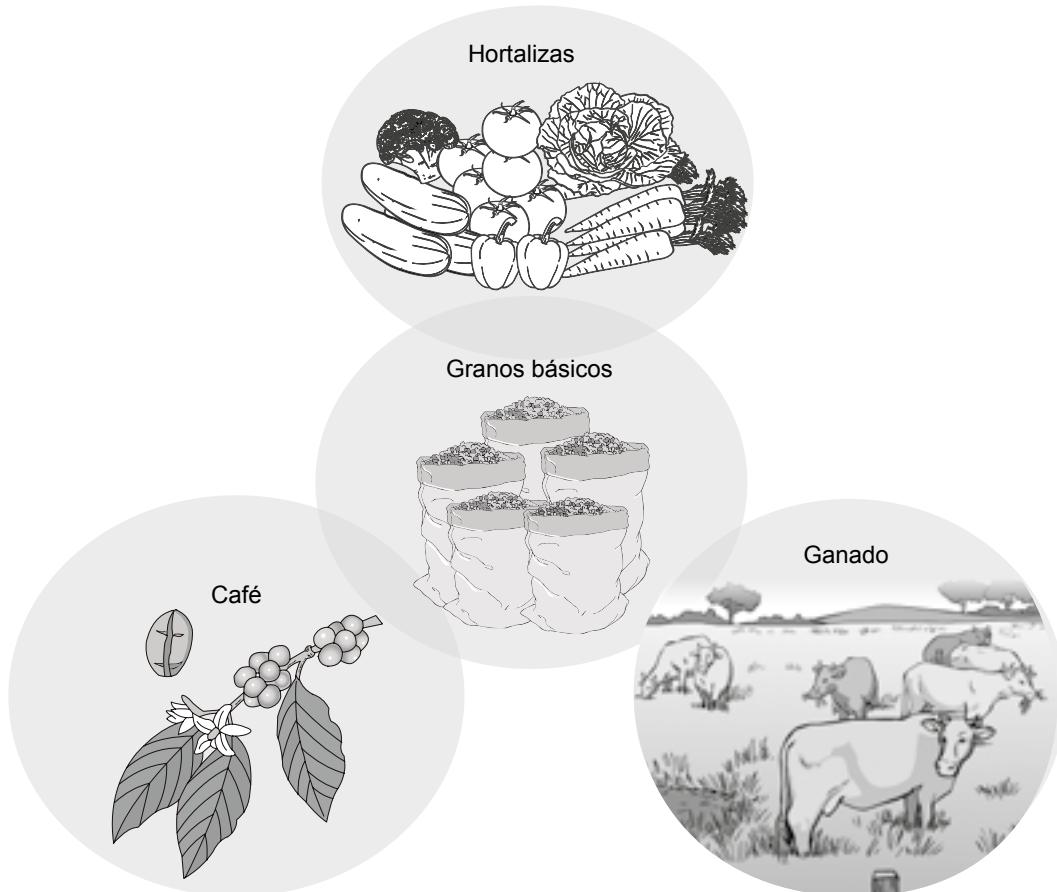


Figura 11. Caracterización de los sistemas de producción

(3) Condiciones agroecológicas de la finca o parcela

i) Textura del suelo

Influye en la adaptación ecológica de las prácticas biológicas de CSA y afecta la efectividad de las obras. Se debe seleccionar las especies y variedades que se adaptan a la textura del suelo en la parcela.

ii) Profundidad del suelo

La profundidad del suelo influye en la adaptación ecológica de las prácticas biológicas de CSA y afecta en general la efectividad de las obras de CSA. Se deben seleccionar cultivos que se adapten a la profundidad del suelo en la parcela ya que muchos no sobreviven largas épocas secas en suelos superficiales.

iii) Drenaje de agua

En el caso de que se formen charcos de agua y el suelo quede frecuentemente saturado por varias horas o días, el suelo se considera mal drenado.

El drenaje del suelo influye en la adaptación ecológica de las prácticas biológicas de CSA y afecta en general la efectividad de las obras de CSA.

En el primer caso se trata de la selección de cultivos que se adapten a suelos con problemas de drenaje. De esta manera se evita el problema de la pudrición de las raíces. En el segundo caso, se requiere la identificación de prácticas que son compatibles con la capacidad de drenaje del terreno.

iv) Presencia de piedras en la parcela

La pedregosidad se puede medir analizando el porcentaje de área cubierto por piedras. Sin embargo, en la mayoría de los casos, una evaluación visual es suficiente.

La pedregosidad del suelo influye en:

- La adaptación ecológica de las prácticas biológicas de CSA que se trata de la selección de cultivos que crecen y pueden desarrollar sus raíces en suelos pedregosos. El zacate limón, por ejemplo, no tiene raíces suficientemente fuertes para establecerse como barrera viva en suelos muy pedregosos.
- La eficacia de ciertas prácticas de CSA, por ejemplo la implementación de barreras muertas de piedras.

v) Capacidad de infiltración

Es la capacidad del suelo de permitir la entrada y la percolación del agua de las lluvias en el suelo.

Un suelo con una alta capacidad de infiltración se caracteriza por una buena estabilidad de las partículas del suelo (de la estructura) en la superficie, por una baja tendencia de sellarse y una estructura no compactada dentro del suelo. En suelos con baja capacidad de infiltración se necesitan prácticas más fuertes para el control de la escorrentía. En este sentido, se prefieren para barreras vivas, especies de zacates con un buen macollamiento para formar barreras densas; y combinarlas con prácticas de CSA que mejoren la infiltración en toda la parcela (manejo de rastrojos).



Metodología para determinar la velocidad de infiltración del agua en el suelo

1. Hacer un hoyo de 30 cm de largo, 30 cm de ancho y 30 cm de profundidad.
2. Llenar hasta que el agua deje de fluir rápidamente (saturar el suelo).
3. Luego se le agrega agua y medir el tiempo y la distancia que el agua tarda en bajar.
4. Calcular la velocidad de infiltración con la siguiente ecuación:

$$V = \text{Distancia/tiempo}$$

5. Hacer comparaciones con la tabla de valores de la velocidad de infiltración que se muestra a continuación.

Categoría	Velocidad
Infiltración muy lenta	1.27mm/h
Infiltración muy lenta	1.27mm/h – 5.08mm/h
Infiltración moderadamente lenta	5.08mm/h – 20.32mm/h
Infiltración moderada	20.32mm/h – 63.05mm/h
Infiltración moderadamente rápida	63.05mm/h – 127mm/h
Infiltración rápida	127mm/h – 254mm/h



2.2. Selección de la tecnología apropiada con los criterios técnicos

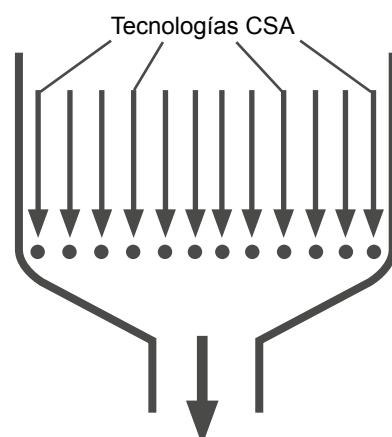
El proceso de selección de tecnologías o prácticas se puede comparar como un proceso de “filtración”: las tecnologías que pasan los criterios salen al final como tecnologías promisorias (ver gráfica siguiente).

La selección de tecnologías promisorias a través de los criterios (= filtros) aplicados en la Guía Técnica de CSA.

Filtro 1: Condiciones agroecológicas

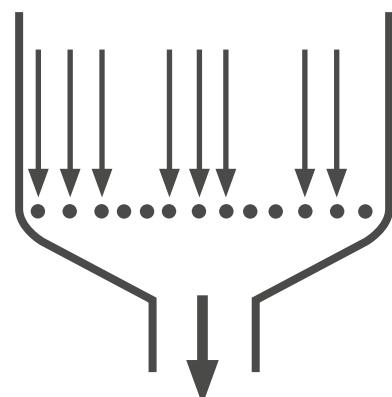
- Las tecnologías que cumplen con las condiciones agroecológicas pasan el filtro 1 y entran en el filtro 2.

Los criterios (= filtros)



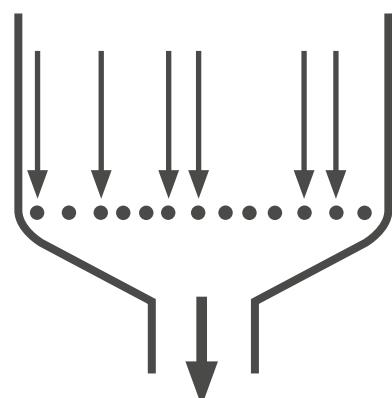
Filtro 2: Condiciones de producción en la finca.

- Las tecnologías que cumplen con las condiciones de producción pasan el filtro 2 y entran en el filtro 3.

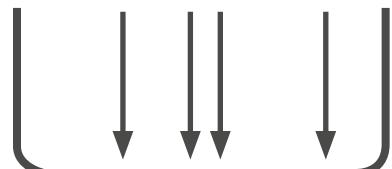


Filtro 3: Objetivos del productor

- Las tecnologías que cumplen con los objetivos del productor y son consideradas como tecnologías promisorias.



Resultado: Tecnologías promisorias.



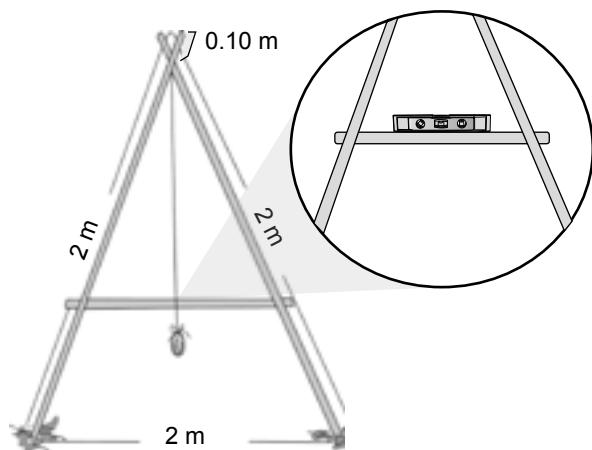
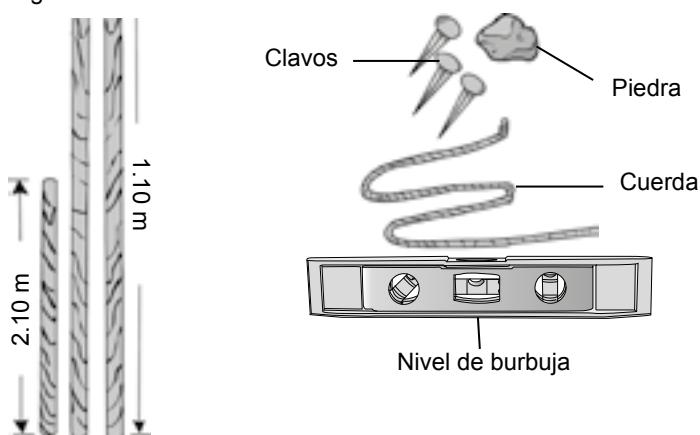
3. Prácticas de conservación de suelo

3.1. Construcción y uso del nivel A para el trazado de curvas a nivel

(1) Construcción del nivel 'A'

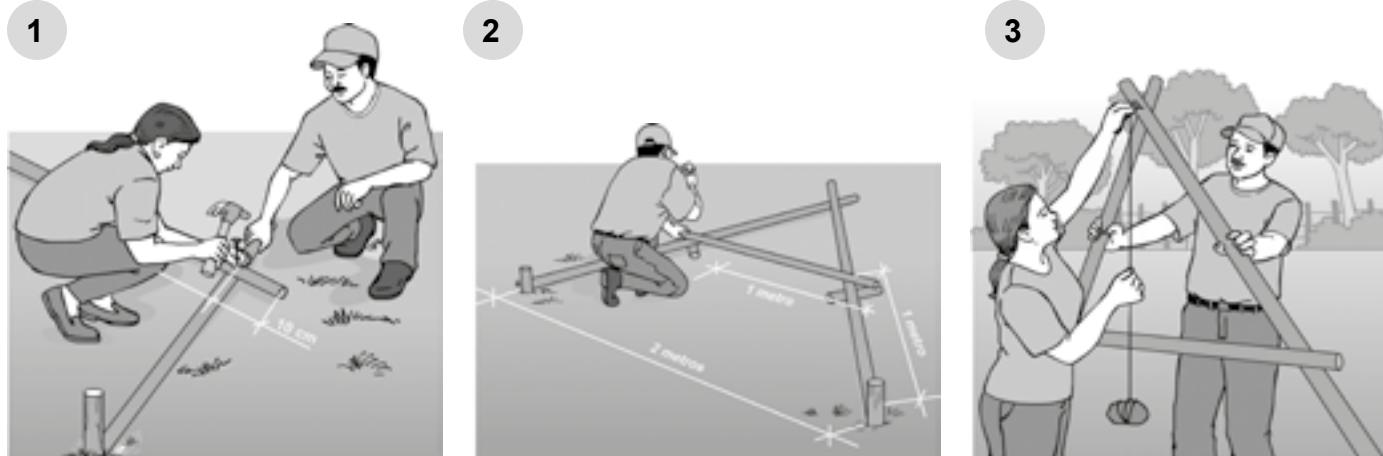
El nivel A es un aparato sencillo y barato que usted mismo puede construir y manejar sin ningún problema. El aparato se llama así porque tiene forma de "A". Los materiales necesarios para su construcción son:

Reglas de madera



La plomada tradicional de cuerda con piedra amarrada puede ser sustituida por el nivel de burbuja. Es más conveniente usarlo donde el viento mueve mucho el péndulo o en pendientes muy abruptas, para tener mayor precisión en el trazado de curvas a nivel .

Para la construcción del nivel A se siguen los siguientes pasos:



Colocar las reglas que formarán las patas, una sobre la otra, y unirlas con un clavo en uno de los extremos a 10 cm de la punta. La cabeza del clavo debe quedar salida para poner la plomada.

Clavar el extremo del travesaño a 1 m de altura de la pata. Poner la 2da pata a una distancia de 2 m de la primera y clave el otro extremo del travesaño.

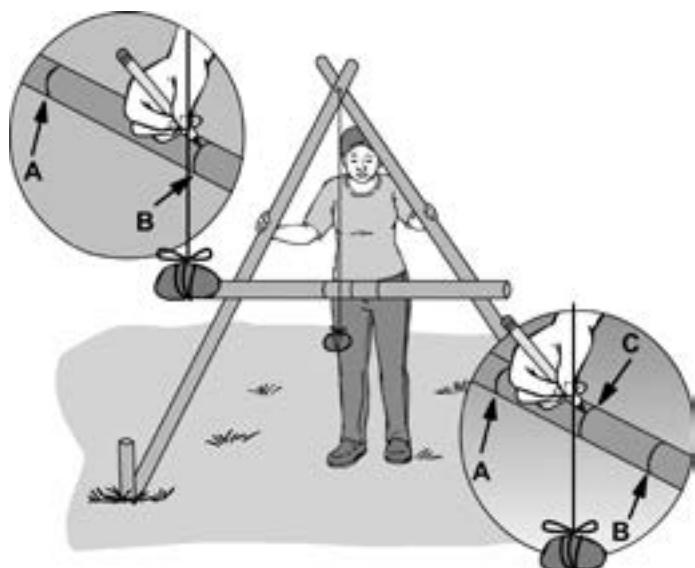
En el clavo que une las 2 reglas amarrar una cuerda de 1.20 m. En la otra punta de la cuerda amarrar una piedra pequeña para que cuelgue a 30 cm de distancia del travesaño, esta piedra será la plomada de distancia del travesaño.

(2) Calibración

Es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).

- Colocar 2 estacas en un lugar plano a 2 m de distancia y ubicar el nivel A entre las estacas, trazar una línea o marca en la parte del travesaño donde cae la cuerda con la plomada (punto A).

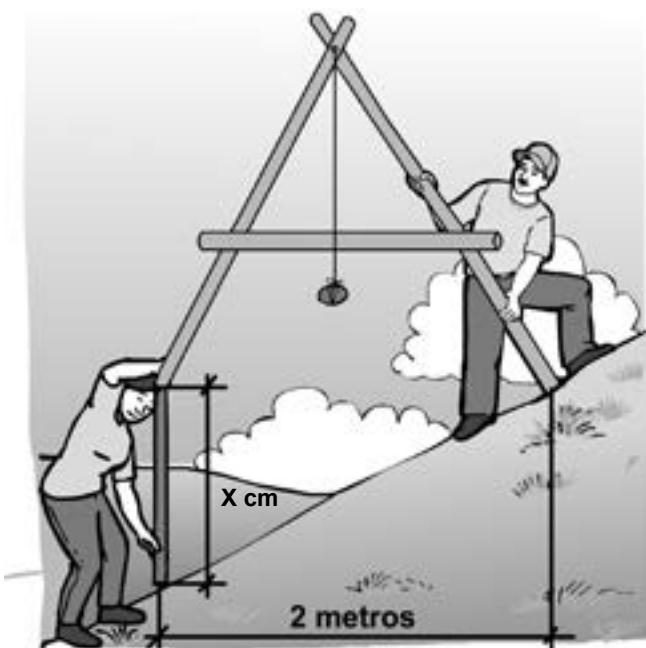
- Después dar una vuelta completa al nivel A y trazar una línea o marca donde indica la plomada (punto B). Entre esas dos líneas, trazar una tercera línea que será la posición definitiva de la plomada (punto C). Esta línea nos indicará el punto de nivel cuando se hagan las mediciones de campo. Dele una vuelta completa al nivel A y trace una línea o marca donde indica la plomada (punto B).



(3) Cálculo del porcentaje de pendiente

Es necesario sacar el nivel de pendiente de la parcela con el objetivo de saber cuántas curvas a nivel necesita trazar para construir la obra de conservación.

- Colocar una pata del nivel en un punto de la parcela y la segunda en otro punto en dirección de la pendiente. Levantar la segunda pata hasta que el nivel A marque la línea de la plomada.
- Medir el espacio entre el extremo de la punta suspendida y la superficie del suelo y anotar ese resultado en cm.

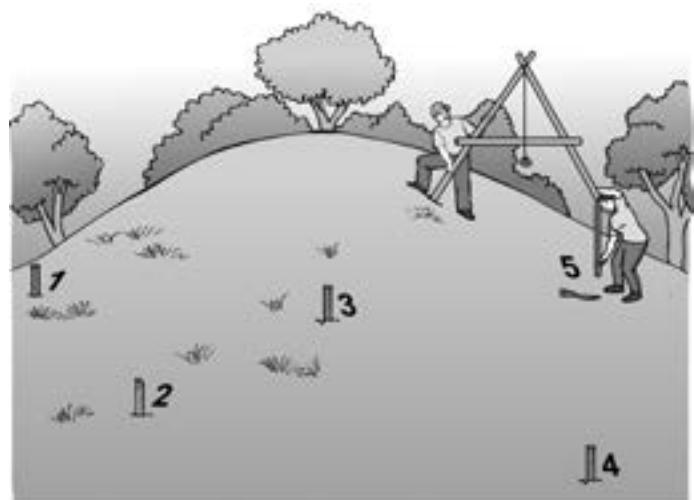


- 3** Repetir estos pasos en otros 5 puntos de la parcela, sumar los 5 resultados de cada medición y dividirlos entre 5 y ese resultado dividirlo entre 2. El resultado es el porcentaje de la pendiente del suelo en la parcela.

Suponiendo los resultados después de medir cinco puntos, el porcentaje de pendiente sería:

Ejemplo:

Medición (en cm)	
Punto 1	68
Punto 2	65
Punto 3	63
Punto 4	72
Punto 5	67
Total	335



Operación:

$$\text{Porcentaje de pendiente} = \frac{(335 / 5)}{2} = 33.5\%$$

- 4** Una vez que conocemos la pendiente de nuestra parcela determinamos cuál será la distancia entre cada curva a nivel y decidimos cuál será la obra de conservación que construiremos.

Siguiendo el ejemplo, según el resultado de la pendiente de la parcela de **33.5%**, en la Tabla 9 corresponde a un 35% de pendiente del terreno. Por lo tanto, si se va a sembrar granos básicos y hortalizas la distancia entre las curvas a nivel debe ser 6 m; o de 13 m si va a sembrar cultivos densos y permanentes.

Tabla 9: Distancias de curvas a nivel según la pendiente

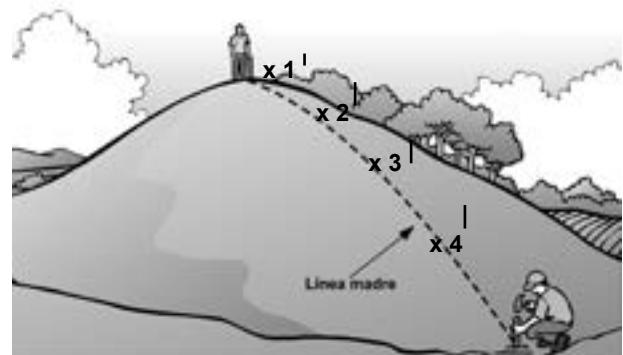
Pendiente del terreno (%)	Distancia entre curvas (m)	
	Granos básicos y hortalizas	Cultivos densos y permanentes
5	20	25
10	15	20
15	10	18
20	9	16
25	8	15
30	7	14
35	6	13
40	6	12
45	-	10
50	-	9
55	-	8
Más de 60		7

(4) Establecimiento de curvas a nivel

i) Determinación de la línea madre

La línea madre es una línea de estacas que divide la parcela en 2 partes, de arriba hacia abajo. Sirve de guía para trazar las curvas a nivel.

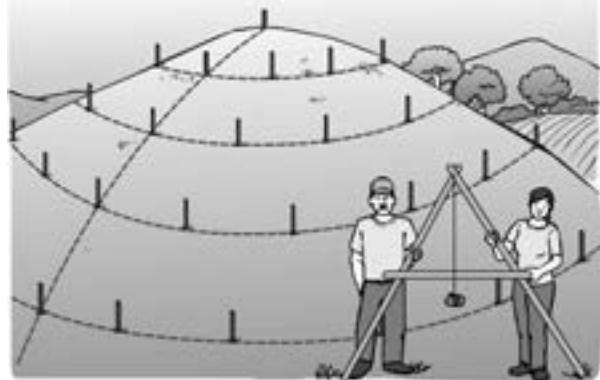
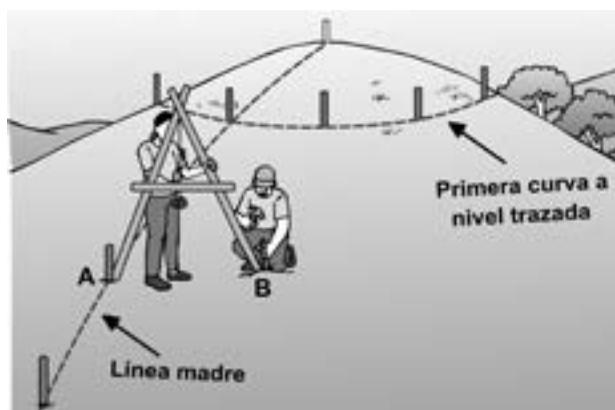
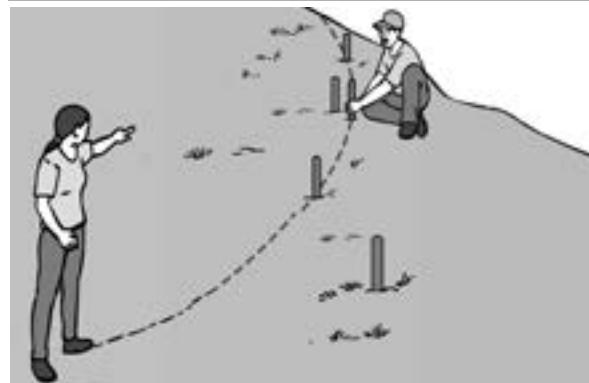
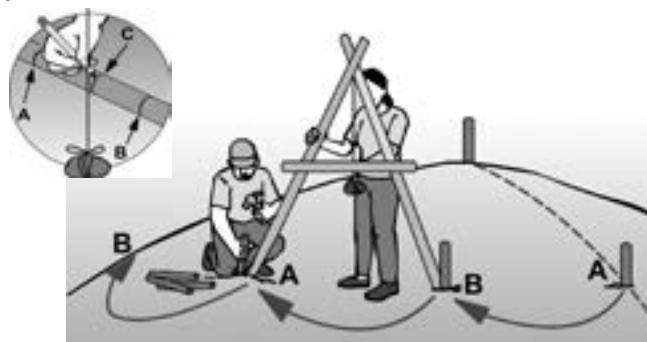
- 1 Colocar una estaca grande, visible en el punto más alto de la parcela y otra en el punto más bajo, amarrar una cuerda de punto a punto para guía de las demás estacas.
- 2 Colocar las demás estacas en la distancia recomendada según la pendiente (ver Tabla 9).



ii) Trazado de curvas a nivel

El trazado se hace usando el nivel A y se inicia a partir de cada una de las estacas de la línea madre.

- 1 Se inicia el trazado de las curvas colocando una de las patas del nivel A en una de las estacas de la línea madre y mueva la otra pata hacia la derecha siguiendo el contorno de la curva hasta encontrar el punto de la plomada y ahí colocar una estaca. Continuar girando el aparato A siempre en el contorno de la curva y colocar más estacas en los puntos de plomada hasta llegar al extremo de la parcela.
- 2 Corregir la posición de las estacas para alinear la curva moviendo las estacas hacia arriba o hacia abajo.
- 3 Repita el trazo de todas las curvas a nivel siguiendo los pasos anteriores.



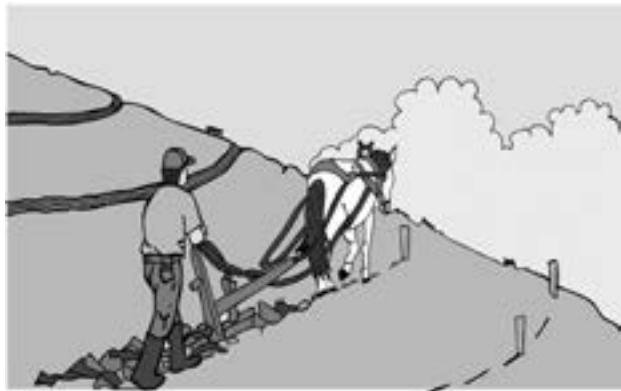
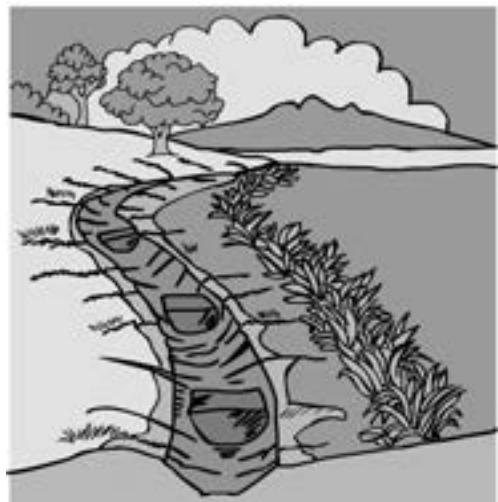
3.2. Prácticas mecánicas o físicas

Son obras estructurales construidas para controlar el movimiento del agua, el control de suelos y el drenaje agrícola, estas modifican los factores del proceso erosivo.

Entre las prácticas mecánicas más comunes de conservación de los suelos tenemos:

(1) Acequias a nivel

Son canales angostos trazados verticalmente a la pendiente y se construyen para interceptar las aguas de escorrentías y luego sacarlas o retenerlas según las condiciones del terreno.



Los pasos para la construcción de las acequias son:

- 1 Se deben seguir las curvas trazadas a nivel, y se inician partiendo del canal de drenaje natural; de lo contrario, la lluvia puede dañar la zanja antes de terminarla.
- 2 Sembrar una barrera viva 20 cm arriba de la curva a nivel para proteger la zanja de la corriente de agua y sedimentos.
- 3 Una vez hecha la barrera viva, colocamos estacas 30 cm abajo de la curva a nivel; marcamos la curva y comenzamos a aflojar la tierra entre las dos hileras marcadas.
- 4 Hacer baches para que el agua no corra y se infiltre con más facilidad. Dar un mantenimiento constante, extrayendo los sedimentos acumulados en las acequias y en caso de derrumbe reparar los taludes.

(2) Barreras muertas

Son pequeños muros de piedra que se levantan sobre curvas a nivel para disminuir la velocidad del agua y retener el material arrastrado. Además de evitar la erosión ayudan a limpiar el terreno de cultivo. Se recomiendan en parcelas donde hay muchas piedras.

Los pasos para la construcción de barreras muertas son:

- 1** Cavar una zanja de 20 cm de profundidad y 30 cm de ancho.
- 2** Construir la barrera de piedras teniendo en cuenta una relación ancho: alto = 1:2.

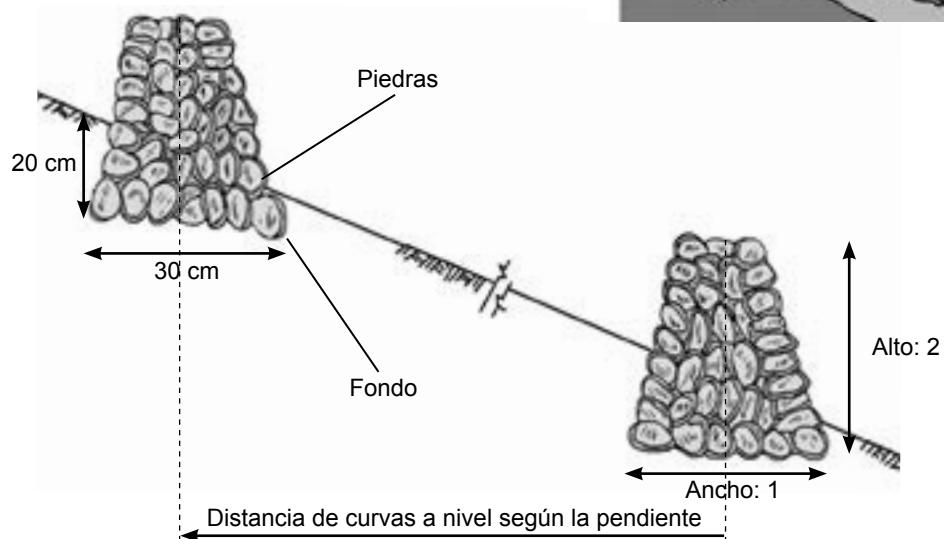


Figura 12. Diseño de barreras muertas

Recomendaciones:

- Colocar las piedras más grandes primero que servirán de cimiento.
- Dejar el menor espacio posible entre las piedras para evitar que filtre el agua y formen corrientes que puedan derrumbar el muro.
- Se recomienda sembrar barreras vivas en el lado superior de la barrera así el agua de lluvia no socava el suelo donde están colocadas las piedras.
- No permita el pastoreo de animales en la parcela donde hay obras de conservación de suelos
- Cuando las barreras se llenan de sedimentos y el suelo se nivela, necesitará colocar más piedras para elevar la altura de los muros.

(3) Diques

Son estructuras en forma de media luna levantadas sobre curvas a nivel para disminuir la velocidad del agua evitar pérdida de suelo en áreas de la parcela donde se han producido cárcavas.

Para la construcción de un dique se utilizan diferentes materiales: piedra, madera, sacos de arena, llantas y otros materiales disponibles en la finca.

Los pasos para la construcción de diques son:

- 1 Excavar el suelo a los lados de la cárcava y poner piedras y/o otros materiales para anclar la barrera.
- 2 Colocar de forma transversal el material a utilizar a lo ancho de la cárcava. Las dimensiones y distancia entre los diques dependen de la profundidad y pendiente de la cárcava.

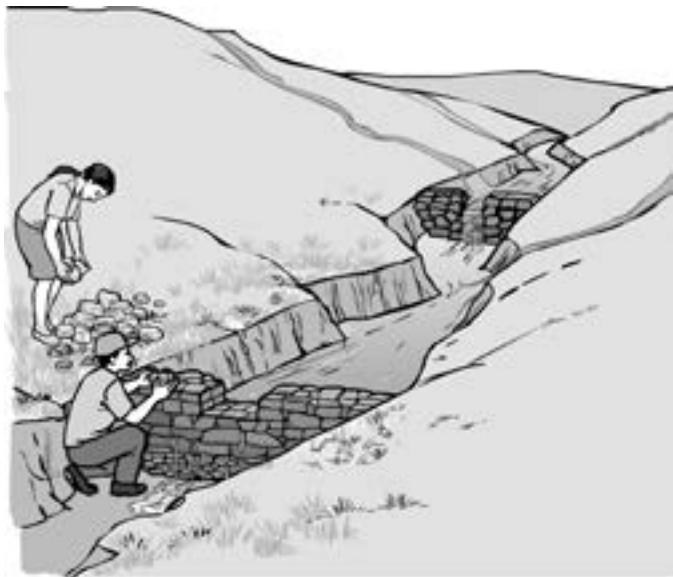


Figura 13. Diques de piedra

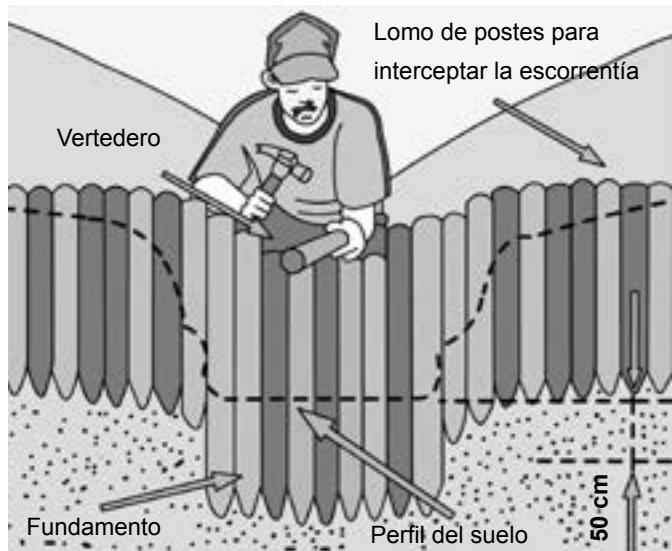


Figura 14. Diques de madera

(4) Terrazas

La terraza es muy efectiva para controlar la erosión. Existen dos tipos de terrazas que son las más utilizadas: individual y de banco.

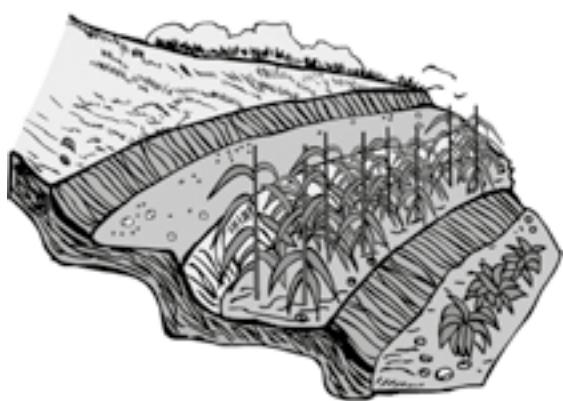


Figura 15. Terrazas de banco

Construidas transversalmente a la pendiente y separados por taludes protegidos con vegetación. El ancho varía con la pendiente, el cultivo y la profundidad del suelo.

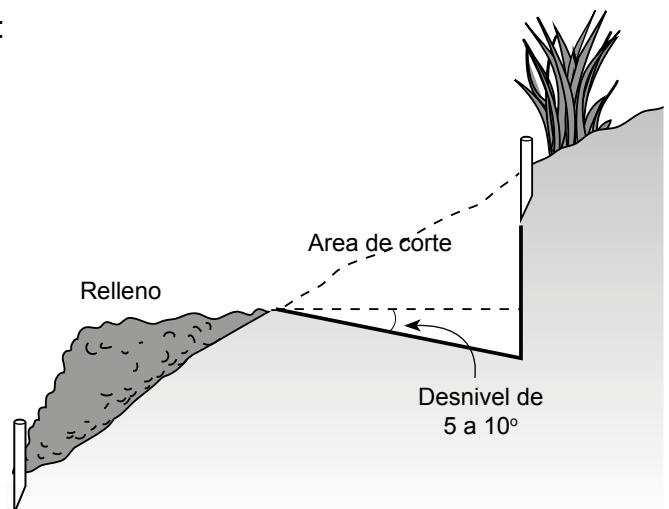


Figura 16. Terrazas individuales

Son pequeñas plataformas circulares o redondas trazadas al trazo de un círculo que consisten de un corte y un relleno, pero no son continuas. Son utilizadas para cultivos perennes.

Los pasos para la construcción de las terrazas son:

- 1 Se marca con estaca las líneas siguiendo las curvas a nivel según la pendiente (ver tabla 9) y se comienza a excavar la tierra.
- 2 Con la tierra extraída se rellena la parte baja hasta llegar a la siguiente estaca (el relleno se debe compactar).
- 3 Al final se le da a la plataforma una pendiente al revés (5 a 10°) para poder captar y aprovechar el agua.



Nota: En cuanto a su mantenimiento lo más importante es la protección del talud con la siembra de barreras vivas, piedras u otro material existente en la zona.

3.3. Prácticas agronómicas o biológicas

Son aquellas en las cuales se utiliza la vegetación, manejada convenientemente para controlar la acción de desprendimiento y transporte de las partículas del suelo.

(1) Época de siembra

El establecimiento de un cronograma de trabajo (fecha de preparación de suelo, siembra, cosecha, etc), es un factor determinante de la cobertura vegetal que frena el efecto erosivo del agua y el viento.

Tabla 10: Calendario del cultivo del pasto y establecimiento de pastoreo

Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Adecuación y preparación del suelo				✓				✓				
Análisis de germinación de semilla				✓				✓				
Siembra y control de plagas del suelo						✓			✓			
Fertilización					✓							
Control de malezas						✓	✓		✓	✓		
Primer pastoreo									✓	✓		

(2) Labranza mínima

La labranza mínima es la menor cantidad de rotura del suelo requerida para crear las condiciones de suelo adecuadas para la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta.

Ventajas:

- Reduce la labor de remoción del suelo y lo prepara en las fajas/franja de los surcos donde va a sembrar.
- Disminuye la susceptibilidad del suelo a la erosión.
- Mantiene el nivel de materia orgánica y protege la macro fauna en el suelo.

Desventajas:

- Distribución de las semillas no uniforme.
- Competencia entre las plantas y la maleza por lo que puede haber baja producción de cosecha.
- Las plagas pueden atacar más fácilmente porque las malezas son fuente de plagas.
- Tracción animal en pendientes hasta un 15%
- Uso de buey o caballo en pendientes de 15 - 25% .



(3) Rotación y asocio de cultivos

La rotación de cultivo es el orden en que sembramos varios cultivos de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes, uno tras otro, en la misma área o terreno.

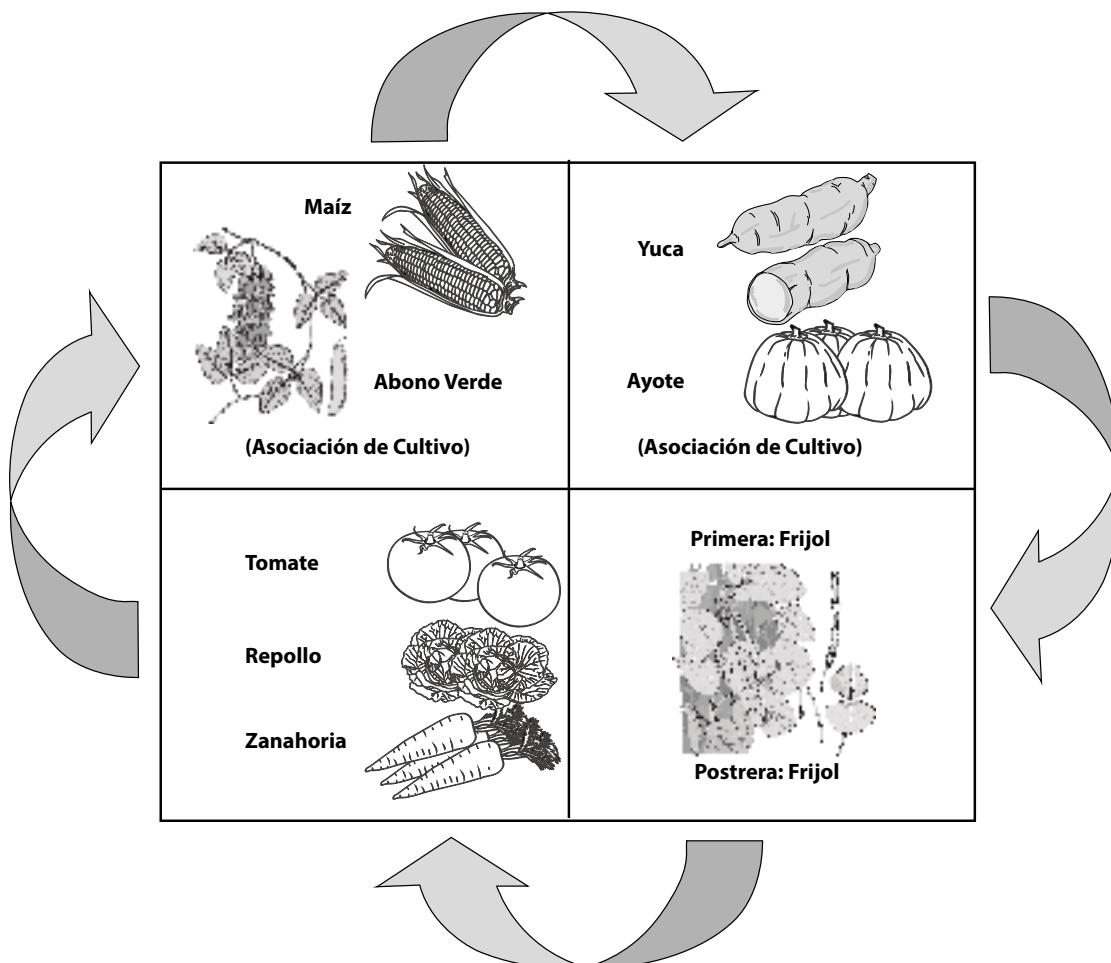


Figura 17. Ejemplo de rotación y asocio de cultivos

En el orden de rotación de cultivo, se debe introducir una leguminosa para incorporar el nitrógeno al suelo y también debería considerar los siguientes puntos:

- Tipo de aprovechamiento de cultivos considerando su sistema radicular, follaje, rastrojos y la fijación de nitrógeno. Es importante combinar los cultivos para evitar la competencia en su crecimiento.
- Materiales vegetativos aprovechados en el asocio y rotación de cultivo:
 - Leguminosas: frijol, maní, soya
 - Gramíneas: arroz, maíz, sorgo
 - Solanáceas: tomate, chilitoma, chile, berenjena, papa

- Cucurbitáceas: pepino, ayote, sandía melón, chayote
- Crucíferas: repollo, brócoli
- Liliáceas: cebolla, cebollín
- Compositáceas (Asteraceae): lechuga
- Quenopodiáceas: remolacha
- Euforbiáceas: yuca
- Aráceas: quequisque
- Umbelíferas: zanahoria, apio

iii) Un elemento a considerar es la fertilización del cultivo que puede ser química y orgánica, además se debe considerar el control de malezas, plagas y enfermedades.

Tabla 11: Intervalos de tiempo para poder sembrar en la misma área/terreno

Intervalos	Rubros
Se puede sembrar el mismo cultivo	Arroz, ayote, cebolla, zanahoria, camote, etc.
1 año de descanso	Maíz, repollo, lechuga, okra, perejil,,etc.
Más de 2 años	Pepino, papa, frijol, quequisque, etc.
Más de 3 a 4 años de descanso	Chile, chiltoma, etc.
Más de 5 a 6 años de descanso	Tomate, sandía, melón, etc.

Nota: No se debe sembrar el rubro de la misma familia para dejar descansar la tierra. Ejemplo: donde sembró maíz no puede sembrar rubros de la misma familia (como arroz, trigo, sorgo) el siguiente año.

(4) Siembras en contorno

También se le llama siembra en contra de la pendiente o siembra atravesada a la pendiente. Esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente siguiendo las curvas a nivel.

La importancia de esta práctica es que al sembrar las hileras del cultivo en contra de la pendiente, se oponen al paso del agua de lluvia que no se logra filtrar en el suelo, disminuyendo su velocidad, y así hay menos arrastre del suelo y nutrientes.



(5) Uso de especies precoces y nativas

Existen variedades tempranas y tardías de cultivos que nos permiten tener pronto una cobertura vegetal que reduzca la erosión de los suelos e incrementar los rendimientos del cultivo.

Por ejemplo la variedad de maíz catacama, el maíz pujagua y olotillo.



3.4. Prácticas agroforestales

(1) Barreras vivas

Son hileras de plantas colocadas con determinado distanciamiento horizontal y sembradas a través de la pendiente siguiendo las curvas a nivel. Las plantas que utilizan para barreras vivas tienen un crecimiento denso y resistente a la fuerza de la escorrentía y la sequía.

Las barreras vivas ofrecen las siguientes ventajas:

- Evitan la erosión en terrenos inclinados
- Rompe vientos
- Barrera natural de insectos dañinos
- Atracción de enemigos naturales para plagas
- Abonos verdes
- Alimento para animales
- Proveen de madera y leña



Son ejemplos de barreras vivas: zacate de limón, valeriana o vetiver, King grass, caña de azúcar, piña, flores, especies leguminosas (leucaena, madero negro, marango), entre otros. Son ejemplo de cercas vivas: especies maderables y leñosas.

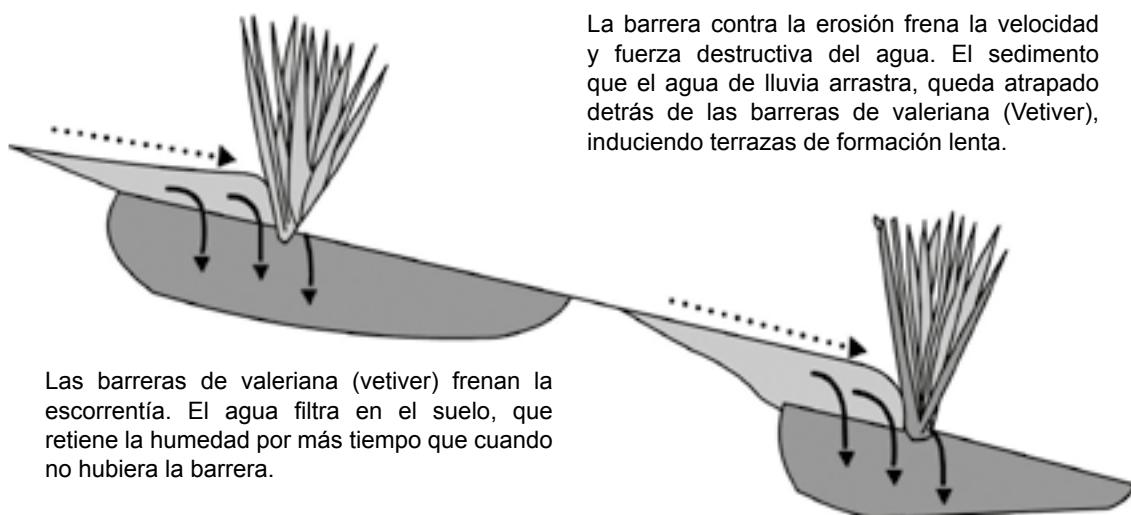


Figura 18. Ventajas de las barreras de valeriana (vetiver)

(2) Cortina rompe viento

Son aquellas plantaciones generalmente de árboles y arbustos de diferentes tamaños, dispuestas en hilera o en surcos con la finalidad de disminuir la velocidad de los vientos.

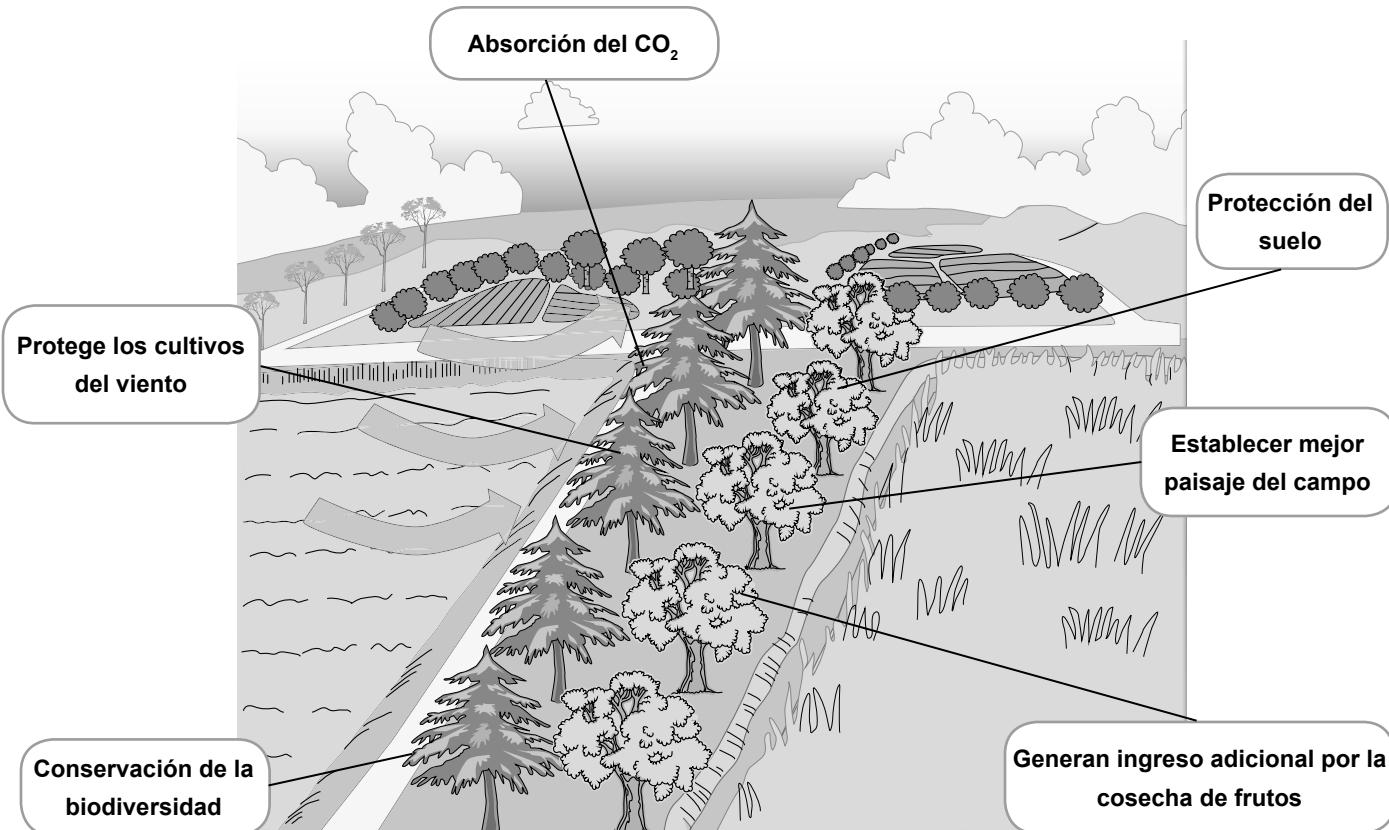


Figura 19. Árboles dispuestos en hilera como cortina rompe vientos

3.5. Uso y manejo de fertilizantes

(1) Fertilizantes inorgánicos

Son sustancias derivadas de rocas y minerales fabricados por medios industriales como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire como la urea) o los obtenidos de minería (como los fosfatos o el potasio, calcio, zinc) que al aplicarlas en el suelo elevan la fertilidad de estos. Existen cinco tipos mayores de fertilizantes: completamente inorgánicos, de propósitos especiales, líquidos, de lenta liberación y fertilizantes con insecticidas o herbicidas.

Los fertilizantes químicos pueden ser simples o compuestos. Los fertilizantes simples son los que contienen un solo elemento químico y los compuestos tienen más de un elemento.

El porcentaje varía dependiendo del tipo y calidad de fertilizante. Los paquetes de fertilizantes tienen un número de tres dígitos (X-X-X) impreso en ellos, que muestra el porcentaje de cada químico contenido en el fertilizante. El primer número es el N, el número del medio es el P y el tercer número es el K.

Las principales ventajas que han hecho popular la fertilización mineral o inorgánica son:

- **Alta concentración:** la elevada concentración de nutrientes hace bajo el costo por unidad de nutriente aplicado.
- **Contenido específico:** se puede aplicar para cubrir la necesidad de un nutriente en particular.
- **Alta disponibilidad:** están disponibles más rápidamente para la planta.
- **Fácil manejo:** se pueden aplicar en las etapas requeridas por la planta.
- **Versatilidad:** es posible preparar una mezcla con el balance necesario para un buen crecimiento de la planta.

Algunas de las desventajas son:

- Peligro de usar más fertilizante del requerido. esto puede causar toxicidad a la planta y contaminación de suelos y aguas subterráneas.
- Requiere de entrenamiento para usarlos efectivamente.

(2) Fertilizantes orgánicos

El fertilizante orgánico es un conjunto de materia orgánica descompuesta que proviene de estiércol de animales, restos de vegetales, árboles, cultivos, malezas, resto de cocina u otra fuente orgánica y natural que se puede encontrar en cada finca y lugar con bajo costo.

i) Factores que intervienen en el procesamiento de fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos aportan los macro y microelementos que se necesitan para el desarrollo de las plantas y al mismo tiempo contribuyen al mejoramiento de propiedades físicas del suelo. La cantidad de los macros y microelementos de fertilizantes orgánicos se diferencian por las condiciones de su procesamiento y tipo de materias primas.

Factores	Temperatura	La temperatura óptima para la actividad de los microorganismos es de 25 a 27°C, y la temperatura de la mezcla de materias orgánicas es de 50 a 60°C. En temperaturas bajas la descomposición de la materia orgánica es más lenta y cuando las temperaturas son altas, se lixivia el nitrógeno contenido en la materia orgánica.
	Humedad	La humedad óptima para el proceso del abono es de 50 a 60% en relación con el peso de la mezcla. Disminuye la descomposición de la materia orgánica cuando está seco (baja la actividad de los microorganismos) y con un exceso de humedad ocurre la putrefacción de los materiales.
	Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno. Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y, por tanto disponible. Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura. La relación debe mantener entre 25 a 30 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno para tener buen compostaje.
	Acidez (pH)	El nivel de acidez más conveniente para los micro organismos del suelo está entre 5.5 a 7.0 y los valores externos inhiben la actividad microbiana.

ii) Cantidad promedio de los microelementos y el número de relación C/N de la materia prima

Es importante conocer las características de cada materia prima para obtener una buena calidad de fertilizantes orgánicos. En la siguiente tabla, se demuestra la cantidad promedia de los microelementos y el número de relación C/N de la materia prima comunes en Nicaragua.

	Humedad (%)	C/N (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Estiércol de animales					
(Los porcentajes dependen del tipo de alimento y agua que consumen los animales)					
Vaca	83.2	16	1.67	1.08	0.56
Caballo	74.0	20	2.31	1.15	1.30
Oveja	64.0	22	3.81	1.63	1.25
Cerdo	80.0	10	3.73	4.52	2.89
Gallina	53.0	7	6.11	5.21	3.20
Materiales					
Semolina	14	15.1	2.12	4.76	1.70
Melaza	25		-	0.1	3.5
Ceniza	-	-	0.2	1.1	11.7
Residuo de aceite de palma	-	-	3.3	1.7	1.9
Residuo de aceite de maní	-	-	7.3	3.2	1.3
Residuo de aceite de soya	-	5.3	7.3	1.6	2.2
Residuo de aceite de girasol	-	-	4.0	2.4	1.4
Harina de hueso	6	-	4.12	20.38	0.00
Harina de pescado	10	-	8.04	8.74	0.00
Resto de cultivo					
Tallo de arroz	14.2	65.1	0.63	0.12	1.77
Cáscara de arroz	11.8	75.6	0.48	-	-
Tallo de maíz	15.0	-	0.48	0.38	1.64
Tallo de soya	15.5	47.1	1.03	0.32	1.80
Aserrín	7.0	534	0.10	-	-
Residuo de café	5	25	2.06	0.23	0.42
Bagazo de caña de azúcar	-	180	0.25	0.03	0.25
Resto de cocina					
(Bio basura)	25	18	2.08	1.29	0.79

iii) Tipos de abonos orgánicos

a. Abono bocashi

Es un abono orgánico semi descompuesto y en general se puede preparar con 20 a 25 días. Este abono orgánico no tiene receta fija, lo importante es usar los materiales disponibles en la finca o comunidad y prepararlo con los materiales alternativos. En la aplicación del abono bocashi existe una disponibilidad de nutrientes para la planta de forma inmediata producto de la fermentación acelerada, mientras otros abonos requieren mayor tiempo para su descomposición.

Las materias primas más comunes que se utilizan en la elaboración de abono bocashi son:

1 Selección de materias primas

Material	Material alternativo	Cantidad
Microorganismo de montaña (MM).	Hojarasca descompuesto, compost, abono Bocashi y otros tipos de fertilizantes orgánicos, etc.	1/2 Libra
Estiércol de vaca.	Gallinaza, estiércol de cerdo, cabra, pelibuey, Residuo de aceites, etc.	2/3 bidón
Semolina.	Maíz o sorgo molido, harina de hueso, concentrado de cerdo.	1/3 bidón
Cascarilla de arroz carbonizado (Kuntan) o carbón molido.	-	1/3 bidón
Melaza o raspadura de dulce.	Chicha fermentada de caña, arroz, etc.	1 litro
Tierra virgen de montaña o suelo desinfectado.	-	1 bidón
Agua.	-	Cantidad necesaria

Nota: Depende de la materia prima, el contenido de los nutrientes y su cantidad varían. El abono bocashi preparado con los materiales de esta lista, contendrá de 1 a 4% de nitrógeno, de 1 a 4 % de fósforo y 1 a 4 % de potasio.

2 Selección del local para procesamiento

Seleccionar un área bajo techo para que los materiales no se mojen o reciban directamente luz solar para evitar la putrefacción y lixiviación de nitrógeno.

3 Procesamiento de abono bocashi

1. Disolver 1 litro de melaza en 10 litros de agua.
2. Mezclar todos los materiales secos echando gradualmente la melaza diluida y agua sin cloro hasta que los materiales tengan alrededor de 50% de humedad.
3. Hacer un montículo de 50 cm de altura con los materiales mezclados y cubrirlo con un material que permita que el aire se filtre y mantenga la temperatura, por ejemplo: un saco abierto (temperatura óptima de los materiales es 40 a 60°C). Además evita el ataque de plagas, por ejemplo las moscas.
4. Voltear los materiales 1 vez al día por 10 días aproximadamente para que la temperatura no suba más de 60°C e ir bajando gradualmente la altura del montículo para mantenerlo a temperatura ambiente, (ejemplo: 1er día: 50 cm, 2do día: 30 cm, 3er día: 20 cm, 4to día: 10 cm). Después del séptimo día, quitar la cubierta y secarlo bien.



¿Cómo se prepara el microorganismo de montaña sólido (MM sólido)?

Los microorganismos de montaña son: hongos, bacterias, micorrizas, levaduras y otros organismos benéficos que viven y se encuentran en el suelo de montaña, bosque, parras de bambú y lugares sombreados. Estos microorganismos habitan y se desarrollan en un ambiente natural. En el suelo se reconocen fácilmente por la formación de micelios blancos debajo de la hojarasca.

1 Selección de la materia prima

Para elaborar 100 kg de MM sólido se seleccionan los siguientes materiales, que se encuentran en la finca o en el mercado local y que sean de bajo costo.

- 40 kg de hojarasca/humus
- 40 Kg de semolina de arroz
- 1 galón de melaza diluida en 5 lt de agua no clorada
- 15 Kg de pasto fresco o tierno que puede ser sustituido por estiércol de vaca o caballo completamente sano

2 Selección del local para procesamiento y almacenamiento

Seleccionar un lugar bajo techo, sin sol y temperatura constante para preparar los materiales.

3 Procesamiento del Microorganismo de Montaña Sólido

- Disolver un galón de melaza en 5 litros de agua no clorada.
- Mezclar todos los materiales secos echando gradualmente la melaza diluida y agua sin cloro hasta que los materiales tengan alrededor de 50% de humedad.



- Todo el material se introduce en un recipiente de plástico, se apisona con mucha presión para reducir al máximo el oxígeno presente.



- Posteriormente, se pone la tapa y se sella herméticamente con tiras de hule o brida. Almacenar en un lugar bajo techo, sin sol y temperatura constante para esperar un proceso de fermentación suave.



b. Abono foliar

Los abonos foliares son abonos líquidos que se aplican a la superficie de las hojas y alrededor de las raíces de la planta. Los abonos foliares son absorbidos rápidamente por la planta y sus efectos aparecen pronto comparado con otros tipos de abonos.

El abono foliar orgánico más común en Nicaragua se llama biofertilizante, es fabricado utilizando el mecanismo de fermentación y descomposición de los materiales orgánicos que activan los microorganismos benéficos del suelo

Por el proceso de biofermentación, los abonos orgánicos además de nutrientes, aportan vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran riqueza microbial que contribuye a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, haciéndose ésta resistente a las plagas.

1 Selección de la materia prima

Las materias primas más comunes que se utilizan en la elaboración de abono bocashi son:

Cantidad	Materiales
1 unidad	Recipiente plástico con tapa
0.5 m	Manguera plástica
1 unidad	Botella plástica (500 ml)
1 kg	MM sólido o hojarasca descompuesta
1 kg	Semolina
16 lt	Agua
2 lt	Melaza o miel
1 unidad	Bolsa hecha de tela o saco
-	Otros materiales para enriquecer: leche, suero de leche, jugo de caña, jugo de fruta, estiércol de animales, levadura, ceniza, entre otros.

El porcentaje de los macro nutrientes del bio fertilizante es aproximadamente 10% de nitrógeno, 4% de fósforo y 3% de potasio. El porcentaje de cada uno de los componentes depende de la cantidad de los materiales que se utilizan para su elaboración.

2 Selección del local para procesamiento y almacenamiento

Seleccionar un lugar bajo techo, sin sol y temperatura constante para preparar los materiales.

Nota: Se puede conservar el biofertilizante hasta 6 meses de fermentación y 10 días más para su aplicación.

3 Procesamiento del abono foliar

1. Se rellena la bolsa de tela o saco con MM sólido u hojas descompuestas y semolina, y se cierra bien.
2. Agregar agua y melaza en el recipiente y mezclarlas bien. Luego se introduce el saco que llenó en el punto anterior. Poner peso dentro de la bolsa para que se sumerja.
3. Con el fin de extraer el gas que genera el líquido, se perfora un hoyo en la tapa del recipiente plástico cuyo diámetro coincide con el de la manguera.
4. Se cierra bien la tapa y se inserta el otro extremo de la manguera a la botella plástica con agua.
5. La parte de la manguera dentro del barril no debe quedar en contacto con el líquido.
6. El recipiente debe estar en un lugar fresco y que no le dé el sol. Esperar 20 días para su fermentación y 10 días más para su aplicación.

Hoyo para extracción de gas (sin espacios entre la manguera y el borde del hoyo).



Nota: Se abre la tapa solamente a los 6 y 20 días de la elaboración para examinar el estado de fermentación. Si al abrir la tapa se siente el olor a descomposición, se agrega 1 kg de melaza para mejorar su estado.

c. Abonos verdes

Son aquellas plantas que se siembran para mejorar la materia orgánica y fertilidad del suelo, incorporándolas preferiblemente antes de su floración. Estas plantas son preferiblemente leguminosas.

Fuentes importantes de abono verde para el suelo son las coberturas vivas y el “mulch”. Este último es una cobertura de materiales vegetales cortados y colocados sobre el suelo para cubrirlo o poniéndolo alrededor de las plantas del cultivo o entre las hileras, el “mulch” se descompone lentamente encima del suelo.

Tabla 12: Especies de abonos verdes recomendados

Leguminosas	Fijación de Nitrógeno (Kg/ha/año)	
Gandul (<i>Cajanus cajan</i>)	90 - 150 kg/ha/año	
Maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i>)	80 - 120 kg/ha/año	
Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)	100 - 150 kg/ha/año	
Canavalia (<i>Canavalia brasiliensis</i>)	60 - 80 kg/ha/año	
Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	600 - 1000 kg/ha/año	

d. Compost

El compost es un abono obtenido de la descomposición de diferentes materiales orgánicos a través de los microorganismos. Mejora las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo.

Los beneficios del compost son:

- Suministra macroelementos (nitrógeno, fósforo, potasio) y microelementos.
- Los elementos que contienen los microorganismos se absorben lentamente.
- Suministra hormonas que ayudan al crecimiento de raíces y plantas.
- Los elementos que contiene el compost se mantienen en el humus y en la arcilla del suelo.
- El humus que se agrega al suelo al aplicar el compost absorbe materiales peligrosos como aluminio y estabiliza la acidez del suelo.
- Suministra materia orgánica.

1 Selección de la materia prima

Las materias primas más comunes que se utilizan en la elaboración de compost son:

Cantidad	Materiales
Materiales para el marco de madera	
4 unidades	Tablas de madera de 1 m de largo y 0.5 m de ancho
8 unidades	Reglas de madera de 1.1 m de largo y 1" de ancho
1/2 libra	Clavos de 1.5"
Materiales para el compost	
5 qq	Estiércol de animales (vaca, cerdo, gallina, etc)
2.5 qq	Hojarasca y/o desechos de cosecha y cocina
0.5 qq	Carbón y/o ceniza
2 qq	Tierra de bosque Agua

Otros materiales alternativos: semolina, MM Sólido, melaza, malezas y pastos (seca y/o fresca), y otros materiales que encuentra en su área de producción.

2 Selección del local para procesamiento y almacenamiento

Seleccionar un área bajo techo para que los materiales no se mojen o reciban directamente luz solar para evitar la putrefacción y lixiviación de nitrógeno.

Duración de maduración: 3 a 18 meses dependiendo de los materiales utilizados y la relación del carbono/nitrógeno de los mismos (ver tabla 12).

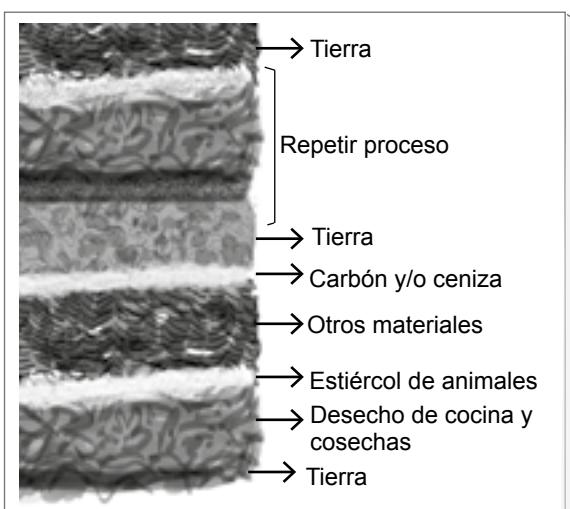


3 Procesamiento del compost

- Poner una capa de tierra como base para aborver los minerales que salgan de los otros materiales.
- Poner las siguientes capas con los materiales que haya seleccionado, agregar agua y apisonar. Repetir el proceso hasta llenar el marco de madera.
- Levantar el marco de madera para seguir añadiendo los materiales. La última capa debe ser tierra la que ayudará a impulsar la descomposición.
- Cubrir con plástico negro o sacos para evitar la luz directa, lluvia y ataque de moscas.



Apisonar las capas para compactarlas y ayudar a los microorganismos a moverse eficientemente por todas las capas para su descomposición.



Levantar el marco para agregar todo el material hasta terminarlo.

¿Por qué necesita hacer el volteo?



Los materiales orgánicos depositados generan calor por la fermentación por la actividad de los microorganismos. Producto de ese calor las sustancias nocivas (como el fenol) en las plantas se vuelven inofensivas y se mueren tanto los patógenos como las semillas de malezas. Pero se eleva la temperatura de los materiales orgánicos depositados a más de 60 °C, se lixivia el nitrógeno contenido en la materia orgánica y, ya no funciona como abono. Por lo tanto, es importante voltear los materiales orgánicos para mantener su temperatura entre 50 a 60 °C y, también, para oxigenar dentro del montículo de materiales orgánicos para tener la fermentación de manera uniforme.

Nota: En el caso de que la temperatura no se eleve, es necesario agregar más materiales como semolina y melaza para activar la fermentación.

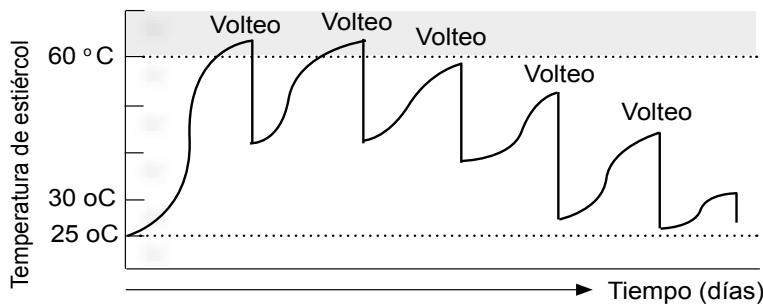
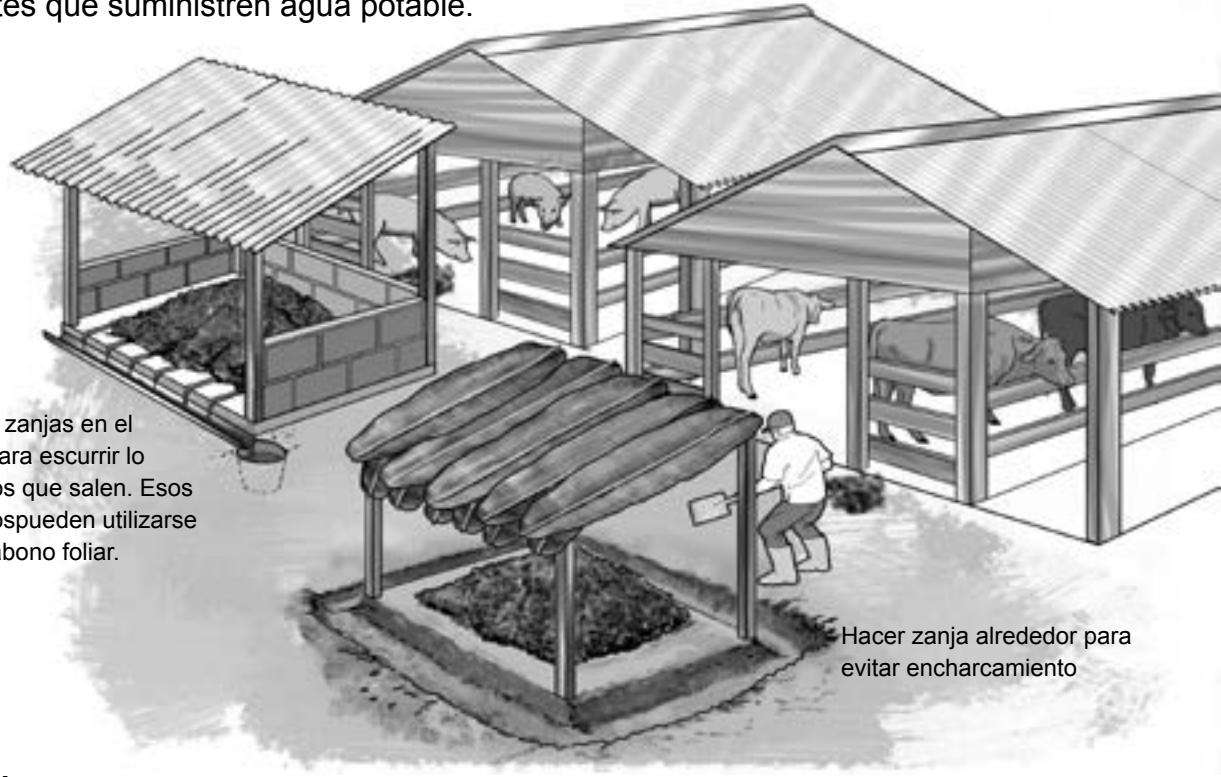


Figura 20. Cambio de temperatura y modelo de volteo

e. Estercolera

Las estercoleras tienen por objeto almacenar el estiércol desde que se saca de los alojamientos o áreas del ganado hasta que se distribuye en el campo como abono orgánico. Se sitúan en lugares de fácil acceso, cercanos a los alojamientos de ganado y alejados de las viviendas y de los pozos o fuentes que suministren agua potable.



f. Gallinaza

La gallinaza es el estiércol de las gallinas que se crían para la producción de huevo, compostado y/o secado para reducir la cantidad de microorganismos como bacterias, virus, hongos y nemátodos, que en alta concentración puede ser nocivo. La gallinaza contiene un importante nivel de nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales son imprescindibles para que, tanto animales y plantas, asimilen otros nutrientes (ver tabla 13). Para su uso se debe tener la seguridad de que la gallinaza ya ha sido compostada y es recomendable incorporarla lo más pronto posible al suelo.

Nota: Es importante diferenciarlo de la pollinaza que tiene como principal componente el estiércol de los pollos que se crían para consumo de su carne. El mayor porcentaje de la pollinaza es cascarilla de arroz o aserrín y un menor porcentaje de estiércol, por esta razón la pollinaza tiene menos nutrientes que la gallinaza y no es muy eficiente como abono.



g. Lombrihumus

Es uno de los mejores abonos orgánicos obtenido de la descomposición de materia orgánica realizada por lombrices. Este abono ofrece una alimentación equilibrada para las plantas; ya que aportan nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes esenciales. Contribuye a mejorar las propiedades físicas del suelo. Las lombrices ofrecen los materiales orgánicos desinfectados debido al calcio que ellas tienen en su organismo.

Los pasos para la elaboración del lombrihumus son:

- 1 Establecer y/o preparar un recipiente para reproducir las lombrices.

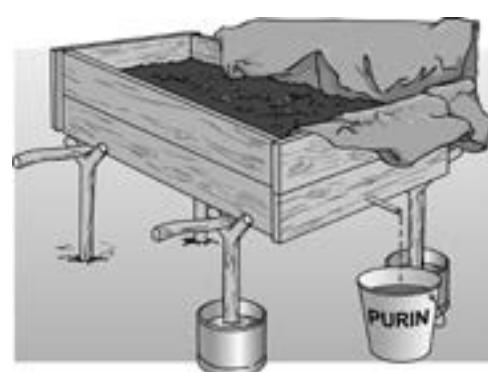
Se necesita preparar un recipiente (cajilla, cajón, pila, entre otros) y las condiciones para criar las lombrices (ver tabla 15). También se necesitan tomar medidas para evitar el acceso de animales (hormigas, aves y cerdos).



Llantas viejas, cajillas, baldes o panas plásticas



Pilas de concreto



Un cajón construido con madera

Es importante hacer un orificio al recipiente para la evacuación del agua y se mantenga en un 90% de humedad. Este líquido que sale del orificio se llama “purin” y se puede utilizar como abono foliar.

Tabla 13: Condiciones adecuadas para las lombrices

Temperatura	10 - 25°C	Óptimo
	35°C	La lombriz no sobrevive
Humedad	< 75%	La lombriz no puede respirar
	75% - 90%	Óptima
	90%	Hay que disminuir la humedad
pH	pH5 - pH8	Óptimo
	< pH4	La lombriz no sobrevive

2 Preparación del alimento para las lombrices y cría de lombrices (lombriz roja californiana)



Picar la hojarasca, el rastrojo y/o la fibra de coco y colocarlos en el fondo del recipiente.



Colocar una mezcla de estiércol y residuos vegetales (alimento para lombrices) encima de la hojarasca y/o rastrojos.



Colocar 1 kg de lombrices encima de la mezcla de materiales orgánicos.

Tapar la superficie de la mezcla con la hojarasca y/o paja para evitar que se seque.

Nota: No utilice la gallinaza para alimento de lombrices porque hace que el material orgánico se caliente rápidamente por el calcio que contiene y puede causarle la muerte a las lombrices debido a las altas temperaturas.

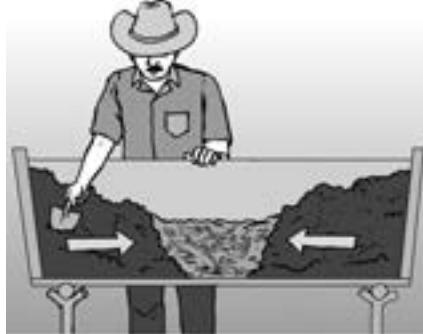
Las lombrices no comen sal, hueso, cebolla, ni vegetales.

3 Cosechar y almacenar el lombrihumus

Después de 1 a 2 meses (dependiendo del tamaño del recipiente y número de lombrices), se debe revisar los cambios de color, olor y cantidad de residuos sin descompuesto. Cuando se vuelve de color oscuro, no tiene el olor del estiércol y putrefacción y no hay muchos residuos sin descomponerse entonces ya está listo.



Hacer un espacio al centro del recipiente y colocar nuevo alimento en el espacio.



Esperar aproximadamente una semana para que las lombrices se vayan al centro, donde está el alimento nuevo y luego sacar el lombrihumus de los extremos.



Zarandear el lombrihumus para sacar los pedazos de material orgánico que no se ha descompuesto. Luego se deja secar y almacenar en sacos bajo techo con suficiente aireación.

Actividades

Con apoyo del docente, realice las siguientes prácticas para medir los conocimientos adquiridos de los contenidos estudiados.

1. Poniendo en práctica los conocimientos adquiridos trace las curvas utilizando el nivel A (ver páginas 42 – 45).
2. Identifique las potencialidades y limitantes del suelo según la clasificación agroecológica del suelo (ver páginas 106 – 108).
3. Según la información obtenida en la práctica 1 implemente obras de conservación dependiendo de los materiales existentes. (ver páginas 46 – 54).
4. Elija un área de terreno e implemente la metodología para determinar la capacidad de infiltración del agua en el suelo (ver página 40).
5. De acuerdo a las condiciones y materiales existentes en el entorno, elabore fertilizantes orgánicos (ver páginas 55-67).

Autoevaluación

Después de haber estudiado la segunda unidad, realice lo que a continuación se le solicita.

1. Conteste.

(1) ¿Por qué es importante implementar el uso del nivel A en las actividades agropecuarias?

(2) ¿Qué obras de conservación de suelo implementaría en su unidad de producción agrícola y por qué?

2. Estudio de caso.

Doña Juana López es una productora de granos básicos. La cosecha la utiliza para el consumo de su familia. En los cultivos, ha tenido problemas de encharcamiento obteniendo bajos rendimientos. ¿Qué prácticas de conservación de suelo puede recomendar que le ayuden a solucionar esta problemática?

Unidad III:

Manejo de técnicas y tecnología de cosecha de agua

Objetivo de la Unidad

Aplicar con criterios técnicos las diferentes tecnologías para la conservación y aprovechamiento del agua, utilizando los recursos de la finca.

1. Mantos acuíferos

1.1. Concepto

Es aquella área bajo la superficie de la tierra donde el agua se infiltra y se almacena (lluvia).

1.2. Importancia

Los mantos acuíferos, freáticos o también llamada agua subterránea se han aprovechado desde la antigüedad para consumo humano, animal y riego desde el punto de vista productivo, reproductivo, y ambiental, en la preservación del recurso forestal porque significa una fuente importante de almacenamiento de agua para la vegetación.

Los bosques permiten la filtración del agua y amortiguan las fuertes lluvias para evitar la erosión de los suelos y distribuye el agua que transporta los nutrientes a lo largo de los bosques. En áreas boscosas, la erosión del suelo es de 2 ton/ha/año, mientras que en áreas de cultivo se erosionan 15 ton/ha/año, y donde el suelo es desnudo la erosión es mucho mayor siendo de 307 ton/ha/año (ver figura 21).

Las tierras forestales tienen la capacidad de absorber 258 mm de agua/hora, mientras que las tierras cubiertas de pastos absorben 128 mm/hr y 79 mm/hr cuando el suelo es desnudo (ver figura 22).

En las zonas más boscosas y selváticas se condensa la humedad a baja altura y con ello se incrementa la lluvia, el agua se mantiene entre las plantas permitiendo sólo un 15% de evaporación, en cambio, en las zonas deforestadas, las nubes se forman a gran altura y son arrastradas fácilmente por los vientos, lo que reduce las precipitaciones que favorecerían la captación de lluvia para los mantos acuíferos, además que sólo el 5% del agua de lluvia se

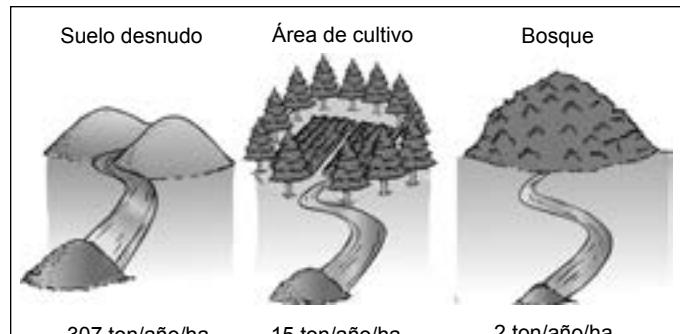


Figura 21. Diferencias de erosión del suelo por vegetación

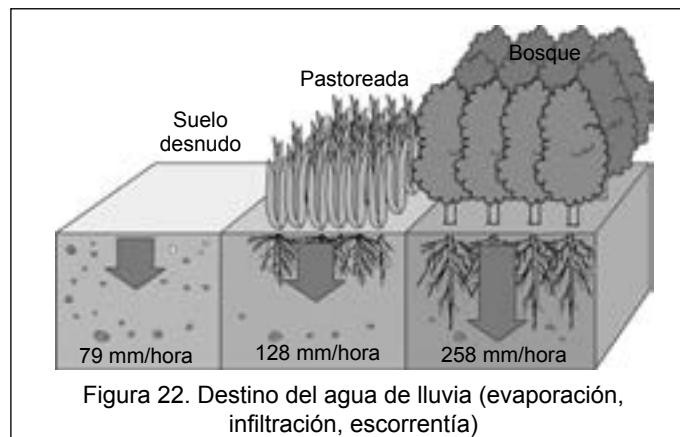


Figura 22. Destino del agua de lluvia (evaporación, infiltración, escorrentía)

filitra en el suelo, el 40% se evapora fácilmente y el 55% se escurre sobre la superficie (ver figura 23).

Siendo el agua uno de los principales recursos para la producción agropecuaria, la salud humana y la biodiversidad, su protección y conservación constituye un verdadero reto para todos. Es un recurso natural agotable si no se maneja adecuadamente. Para evitar el agotamiento del recurso hídrico, se requiere poner en práctica medidas agronómicas que permitan que la mayor cantidad de agua de lluvia logre infiltrarse en el suelo y aumentar su disponibilidad, principalmente en las cuencas hidrográficas.

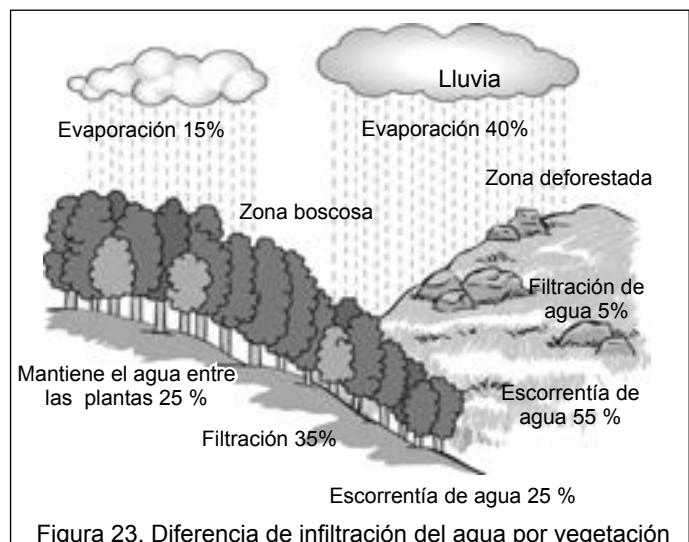


Figura 23. Diferencia de infiltración del agua por vegetación

Las fuentes de agua son muy vulnerables y pueden contaminarse fácilmente, siendo un medio de transporte de diversos elementos que pueden degradar el suelo y contaminar la producción, o afectar la salud de las personas y animales que consumen el agua y los productos.

En ese sentido, es necesario conocer cómo es que se genera el agua subterránea en el subsuelo; porqué es tan importante como reserva de agua dulce, o si es considerado más que una fase o etapa del ciclo del agua. A veces se olvida esta obviedad y se explotan las aguas de una región como si nada tuvieran que ver con las precipitaciones o la escorrentía superficial con resultados indeseables.

1.3. Clasificación de acuíferos

(1) Segundo su estructura

Pueden ser acuíferos libres (aguas superficiales) y los acuíferos confinados (aguas subterráneas) (ver figura 24).

- Río o lago (**a**): es la fuente de recarga de ambos acuíferos.
- Suelo poroso no saturado (**b**): compuesto por una capa permeable por ejemplo arena y limo.
- Suelo poroso saturado (**c**): conformado por una capa de agua subterránea confinada o atrapada por una franja de suelo arcilloso.
- Suelo impermeable (**d**): conformado por partículas de arcilla.
- Acuífero no confinado (**e**): es una capa de agua subterránea libre de toda franja de suelo que impida su fluidez.
- Manantial (**f**): Agua superficial que emana del subsuelo (ojo de agua).
- Pozo que capta agua del acuífero no confinado (**g**).
- Pozo que alcanza el acuífero confinado, frecuentemente el agua brota como en un surtidor o fuente, llamado pozo artesiano (**h**).

(2) Según su textura

i) Acuíferos porosos

Agua subterránea que se encuentra como embebida en una esponja, dentro de unos poros intercomunicados entre sí, cuya textura demuestra que existe “permeabilidad” (transmisión interna de agua).

ii) Acuíferos fisurales

Agua que se encuentra ubicada sobre fisuras o fracturas rocosas, también intercomunicadas entre sí; a diferencia de los acuíferos porosos, su distribución hace que los flujos internos de agua se comporten de una manera variable, por direcciones preferenciales.

(3) Según su comportamiento hidráulico

i) Acuífero subestimado o libre

Entre ellos existe una superficie libre con el perfil del suelo y real de agua almacenada que está en contacto con el aire y la presión atmosférica.

ii) Acuífero cautivo o confinado

Agua atrapada en dos capas impermeables del suelo, si se extrae agua de él, ningún poro se vacía solo disminuye la presión del agua.

iii) Acuífero semi-confinado

Estrato del suelo que tiene una permeabilidad significativamente menor a la del acuífero mismo pero no llegando a ser impermeable, es decir que a través de este estrato la descarga y recarga puede todavía ocurrir.

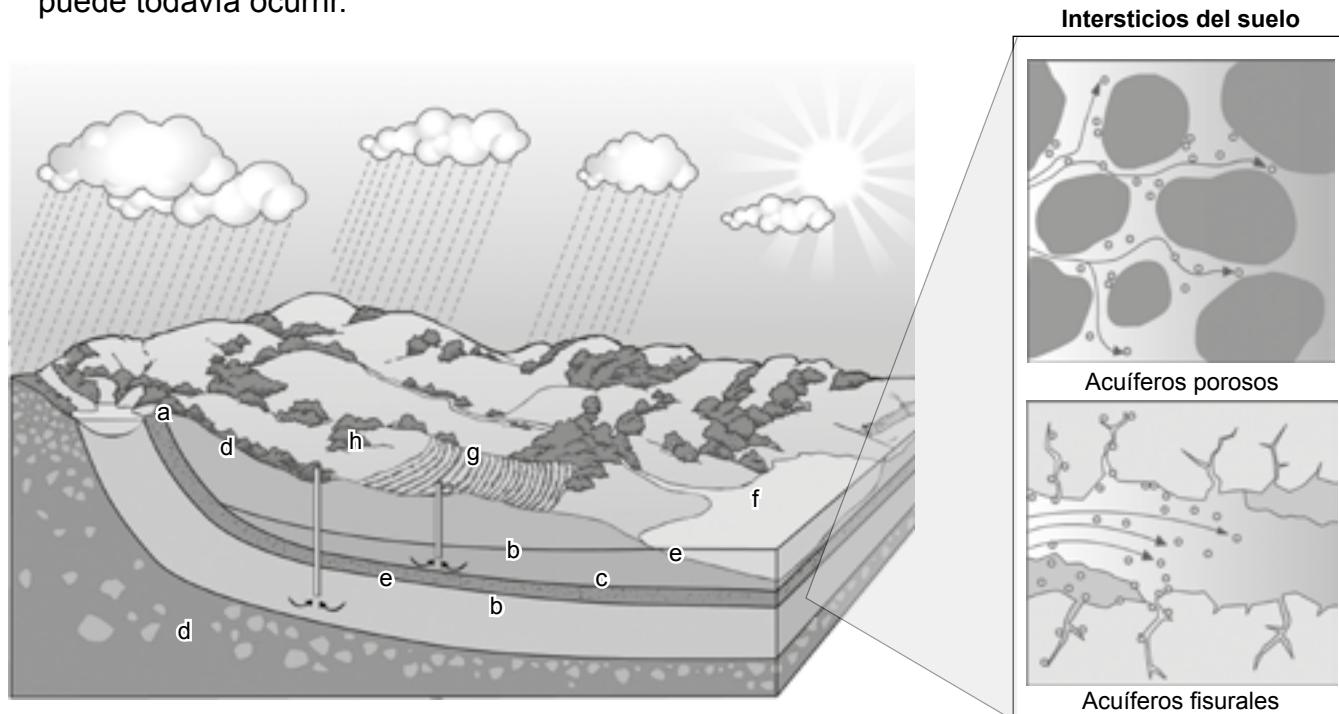


Figura 24. Clasificación de los acuíferos según su estructura

1.4. Aprovechamiento de aguas subterráneas permanentes

La demanda de agua de la actividad agrícola y ganadera se sustenta en el aprovechamiento del agua subterránea a través de los manantiales, pozos o cavernas.

La ventaja de aprovechar las aguas subterráneas es la menor contaminación a las que están sometidas y su capacidad de filtración en el suelo que la hace generalmente más pura que las aguas superficiales. Además que este recurso es poco afectado por períodos prolongados de sequía.

Por lo tanto un elemento a considerar es la protección y conservación de las áreas de bosques en las zonas de recarga que permita un uso continuo y permanente del recurso agua.

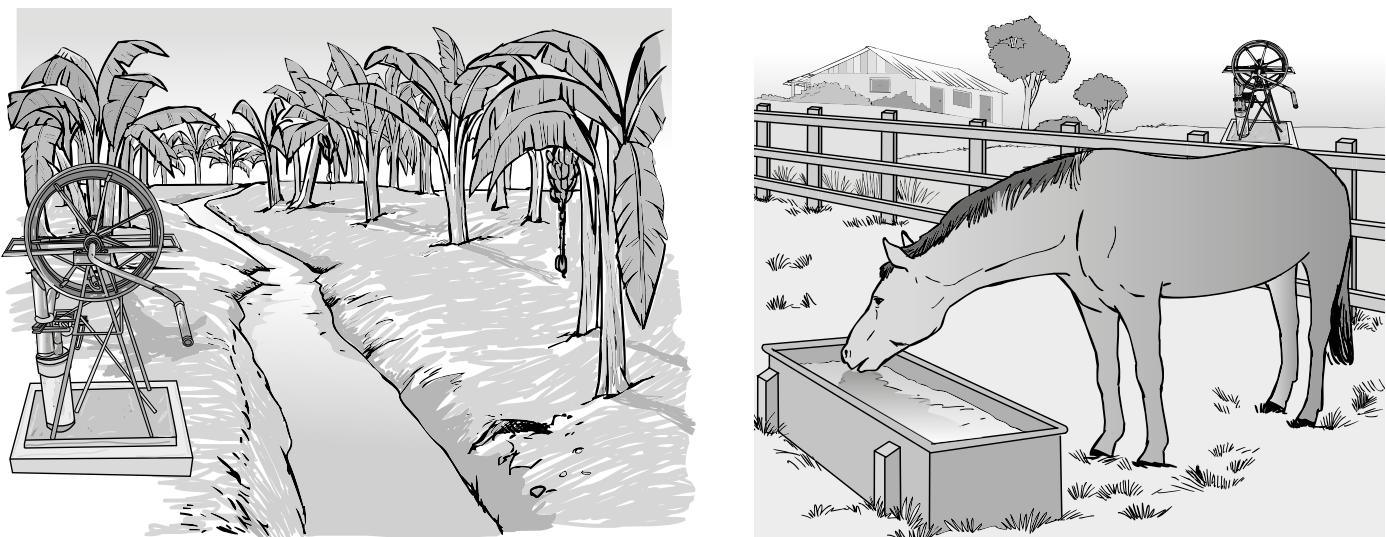


Figura 25. Aguas subterráneas para consumo animal y riego desde el punto de vista productivo

1.5. Conservación de agua de lluvia en las unidades agropecuarias

En las zonas secas y húmedas, el mal manejo de los suelos puede reducir la productividad de los cultivos y afectar significativamente la captación de agua, debido a que la degradación o deterioro del suelo afecta a la superficie dando lugar a la formación de costras por la salinización del suelo, producto de las bajas calidades del agua y a otros fenómenos como la erosión hídrica y eólica que impiden la infiltración del agua de lluvia.

La productividad de los cultivos puede mejorarse y la erosión reducirse mediante métodos de conservación agropecuaria tales como obras físicas, biológicas, agroforestales y agronómicas.

2. Tecnologías de cosecha, captación y almacenamiento de agua de lluvia

2.1. Captación de agua del techo

(1) Criterios de selección de la obra

i) Precipitación anual

Esta tecnología se recomienda para aquellas zonas donde hay problemas de baja precipitación y además mala distribución, inclusive se puede utilizar donde puede llover hasta 2,500 mm, pero con distribución muy irregular.

ii) La textura del suelo

Las cisternas en terrenos muy arcillosos o muy arenosos tienen costos de construcción muy elevados, ya que es necesario reforzar bien el suelo. Se recomienda su construcción en suelos que tengan un nivel medio de arcilla y de arena.

iii) Pendiente del terreno

En pendientes mayores del 30% resulta más difícil la construcción y más costoso porque para construirla primero se necesita nivelar el terreno o hacer una pequeña terraza en el lugar de construcción.

(2) Ventajas

Se llena con agua de techo, potable, de río, aguas conducidas por Bombas EMAS y escorrentía.

No ocupa mucho espacio debido a que está enterrada.

(3) Limitantes

No es de fácil construcción.

No se recomienda para suelos muy arcillosos o muy arenosos.

Necesita de una inversión inicial considerable.

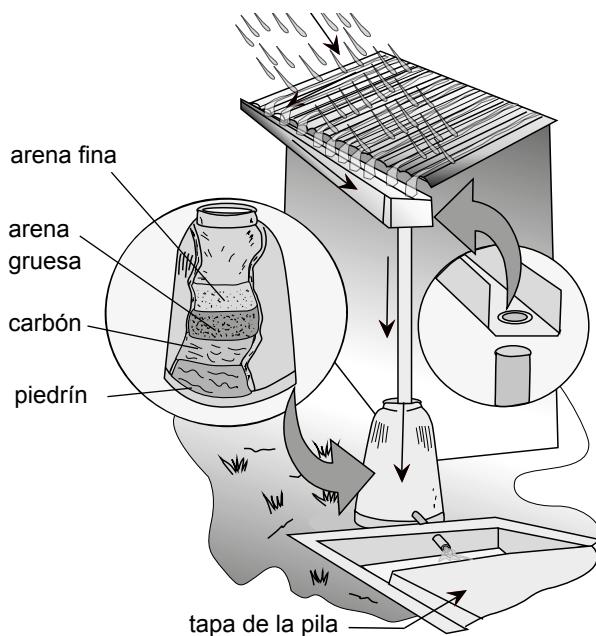


Figura 26. Almacenamiento en pila

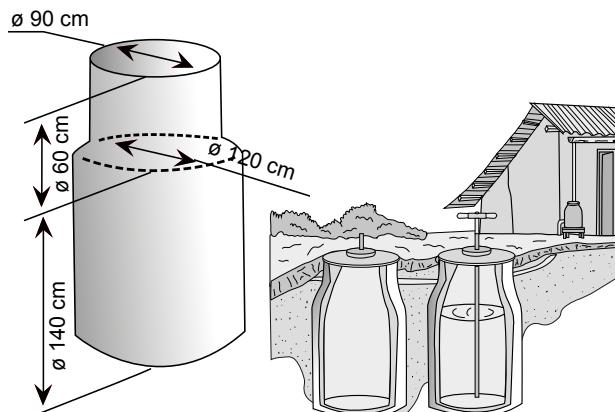


Figura 27. Almacenamiento en cisterna tipo tinaja

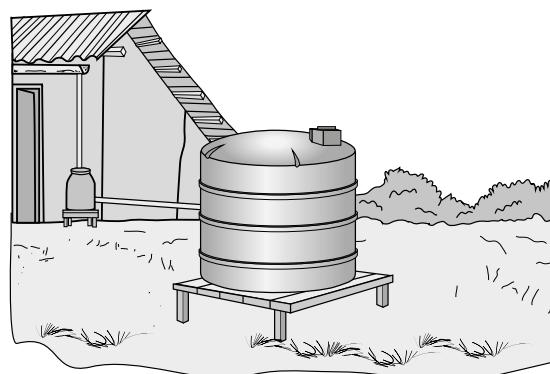


Figura 28. Almacenamiento en tanque de plástico

(4) Características técnicas

- La cisterna es una estructura para almacenar agua, tiene forma de una tinaja enterrada en el suelo, o de un cilindro.
- Se alimenta de agua proveniente del techo de diferentes infraestructuras, la cual fluye a través de canales que deben ubicarse con un desnivel del 2% y de fuentes naturales de agua (ojos de agua).
- Se construye con una profundidad de 2 m y un diámetro de 1.20 m y con buena capacidad para almacenar agua para fines domésticos.
- Lleva un filtro de arena, piedrín y carbón para limpiar el agua de materiales extraños.
- Para sacar el agua de la cisterna y llevarla al lugar donde se utiliza, se instala una bomba EMAS.

(5) Utilidad

Esta tecnología es para uso doméstico, riego en cultivos de verano y para ganadería, aunque en menor escala. Almacena aproximadamente 9 barriles de agua.

2.2. Micropresas desmontables

Es un sistema de captación de agua con infraestructura que puede ser desmontada para evitar que la corriente la dañe en épocas de lluvia.

Se construye con un muro transversal a la corriente del río en época seca. El agua es conducida por la gravedad a través de tuberías con suficiente presión para hacer funcionar pequeños sistemas de riego por goteo, en hortalizas, frutales de guía y en cítricos.

Se pueden valorar diferentes opciones para su construcción.

(1) Palos, rastrojos y plástico

Es una técnica sencilla y económica, se construye sólo en verano cuando el caudal está bajo, mantiene el curso o naturaleza del río o corriente y no afecta el sistema biológico.

Se recomienda construir una base en forma de triángulo para soportar y dar mayor resistencia al muro de retención.



Figura 29. Micropresa desmontable utilizando palos, rastrojos y plástico

(2) Sacos de arena y plástico

Se recomienda ubicar doble filas de sacos traslapados para dar mayor resistencia al muro de retención, el plástico debe colocarse entre las dos filas de saco para evitar que el plástico sea perforado por peces.



(3) Con piedra bolón

Esta estructura es similar a la anterior con la variante de que el material que se usa es piedra acomodada, una sobre otra en sentido transversal a la pendiente del terreno o curso de las aguas para formar el muro de retención.



Figura 30. Ejemplos de micropresa desmontable

2.3. Lagunetas, reservorios o embalses

Las lagunetas o embalses son grandes depósitos formados artificialmente que se construyen aprovechando las fuentes de agua provenientes de microcuenca, hondonadas o vertientes.

Para tener éxito con esta técnica es necesario considerar:

- El suministro seguro de agua.
- Un suelo que contenga suficiente arcilla.

La laguneta está diseñada de forma que puede ser abastecida de agua a través de manguera, lluvia, ojo de agua o por escorrentía por medio de acequias.

Se emplea para captar agua en período de invierno y utilizarla en riegos de alivio en caso de retiro prolongado de las lluvias.

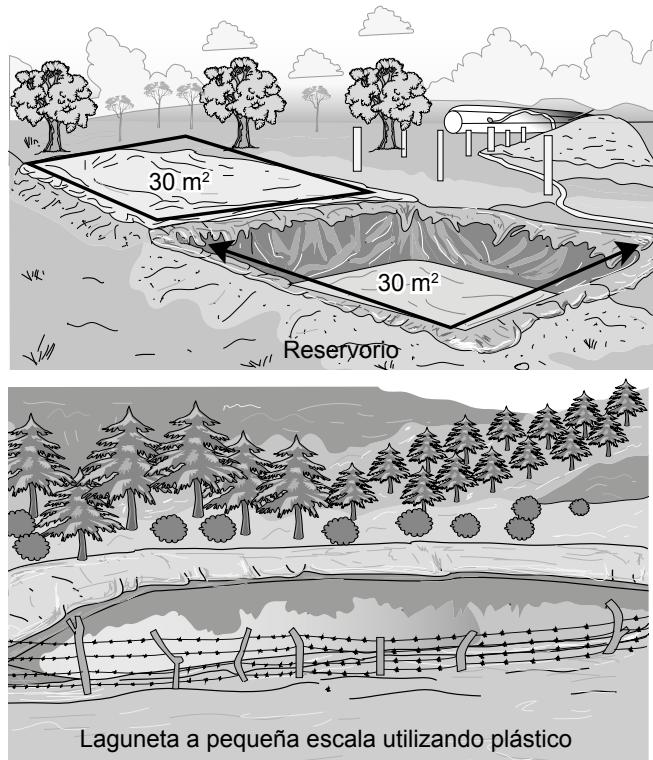


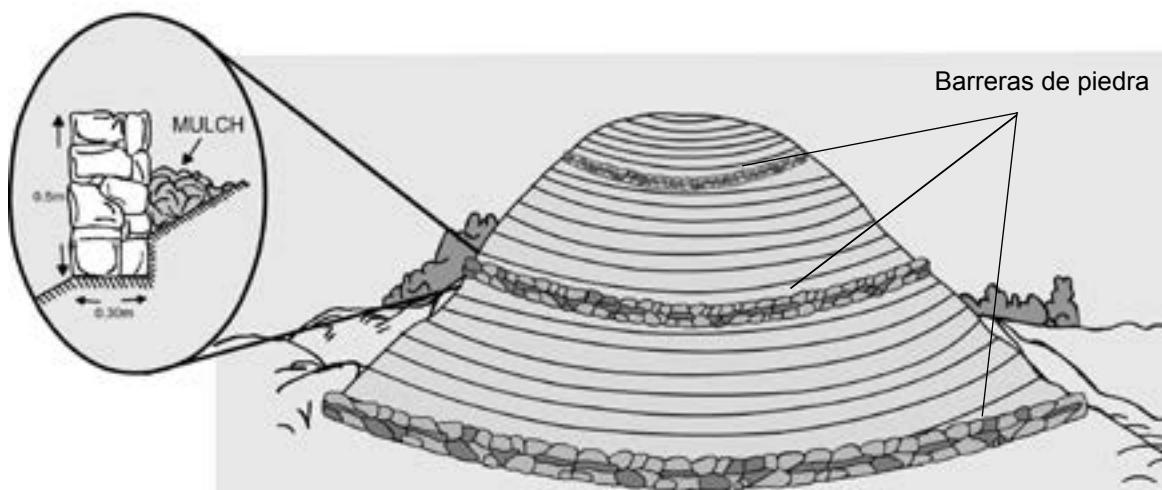
Figura 31. Depósitos de agua formados artificialmente

2.4. Captación de agua por escorrentía

(1) Captación de agua con camellones de piedra siguiendo las curvas a nivel

Se excava una zanja de unos 20 cm de profundidad a lo largo de la curva a nivel. Se construye el muro en espacios definidos en la línea madre. El tipo de muro que se construirá, dependerá de la piedra disponible. Si no hay suficiente piedra pequeña para llenar los vacíos, se tapan con tierra.

Para proteger la obra es aconsejable sembrar una barrera viva encima del relleno y se puede sembrar una hilera de arbustos o árboles frutales o que sirven para leña.



(2) Captación y retención de agua en terrazas amplias e individuales

Las terrazas son plataformas que se construyen en terrenos con pendientes, cortando fajas que siguen las curvas a nivel.

Reduce la erosión, permite captar y conservar más agua y aprovechar mejor el abono.

i) Terrazas individuales

Son pequeñas plataformas redondas que se trazan al tres bolillo, comúnmente llamado pata de gallina.



ii) Terrazas de banco

Construidas transversalmente a la pendiente y separados por taludes protegidos con vegetación. El ancho varía con la pendiente, el cultivo y la profundidad del suelo.



iii) Terrazas de formación lenta

Son terrazas que se forman por sí solas con el correr del tiempo; su construcción es más fácil y da menos trabajo que las terrazas de banco.

Este sistema se aplica en terrenos con pendiente moderada, que no exige una protección completa desde el primer año.

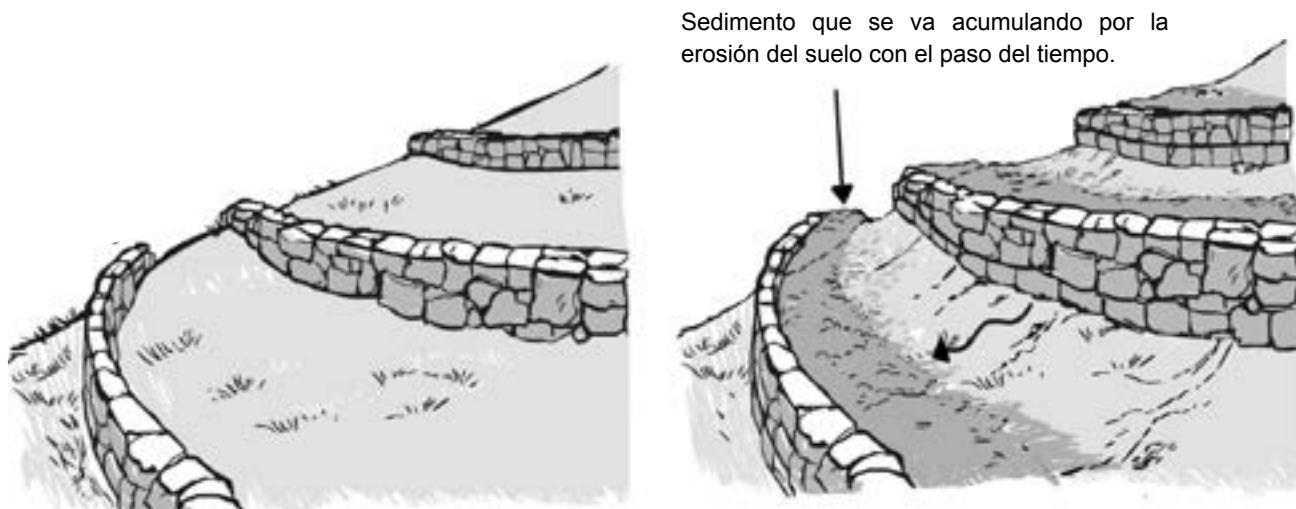


Figura 32. Terrazas de formación lenta utilizando barreras muertas

(3) Captación de agua por bacheo

El bacheo consiste en el diseño y trazado de surcos en contorno provistos de baches o compartimentos para retener el agua de las lluvias. Los baches están formados por un camellón, el fondo y los bordes.

Se reduce la escorrentía, la erosión y se logra el almacenamiento y aprovechamiento de agua de lluvia.

El sistema de captación de agua por bacheo se recomienda para zonas secas e irregularidades de las lluvias. El productor persigue asegurar la producción, principalmente de granos básicos y frutales.

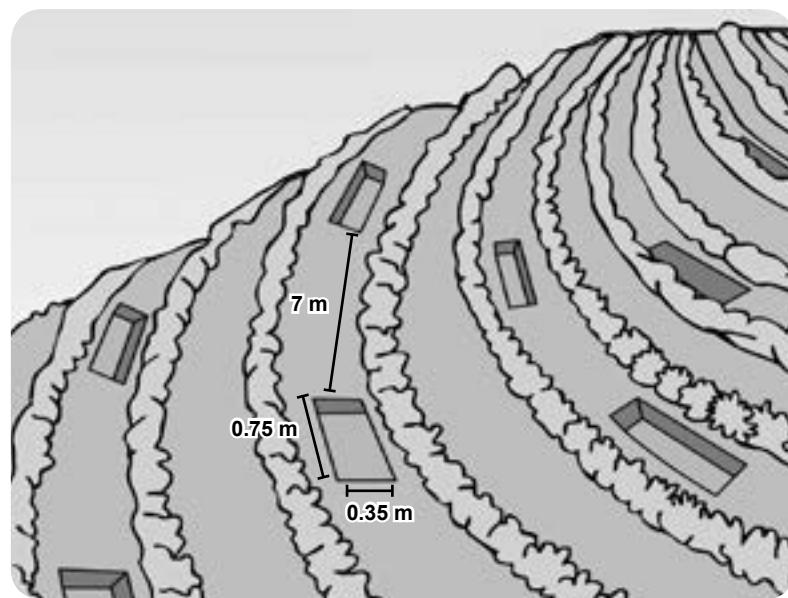


Figura 33. Captación de agua por bacheo

Se construye en surcos de por medio a una distancia de 7 m dependiendo del cultivo. La medida de los baches depende también del cultivo y de la pendiente del terreno. Generalmente son de dimensiones de 0.35 a 0.75 m de ancho.

3. Buenas prácticas para optimizar el uso del agua en sistemas de producción

3.1. Aprovechamiento del agua a través de obras físicas

Para optimizar el uso del agua en los sistemas de producción se pueden aprovechar algunas obras de conservación de suelo y agua ya existentes, las cuales sirven para retener, conservar y permitir la infiltración del agua de lluvia que cae sobre las laderas siendo aprovechadas mediante diferentes tecnologías como reservorios de laderas, lagunetas, micropesas. Entre estas:

- Surcos o zanjas producto de la labranza
- Acequias de retención e infiltración de agua
- Camellones de piedra

3.2. Cobertura vegetal

Es una de las tecnologías más efectivas y apropiadas para regular la humedad y temperatura del suelo, limitar la erosión hídrica, controlar la malezas y aportar materias orgánicas y nutrientes al suelo.

Beneficios del acolchado orgánico:

- Reduce la pérdida de agua.
- Aporta nutrientes a medida que se descompone.
- Mejora la estructura del suelo.
- No es necesario labrar porque el suelo está cubierto.
- Impide que salgan malas hierbas.

(1) El rastrojo como mulch

Acolchado o mulch es la cubierta protectora que se forma con los rastros de cosecha y se extiende sobre el suelo, principalmente para modificar los efectos del micro clima.



(2) Cultivos de cobertura como las leguminosas

Los cultivos de coberturas evitan la pérdida de nutrientes por lavado, escurrimiento y, en caso de ser leguminosa, incorporan Nitrógeno al sistema de producción. Se diferencian de una pastura porque no son de renta directa y crecen fuera de estación dentro de un sistema de siembra de cultivos anuales.



3.3. Protección de manantiales o fuentes de agua

Son las prácticas que debemos realizar para mejorar la producción de agua, en cantidad y calidad que permite reducir o eliminar las fuentes de contaminación, tener agua segura para consumo doméstico y garantizar una producción inocua de alimentos para las familias.

(1) Manejo de regeneración natural

Árboles que aparecen por germinación de semilla o por rebrote se conoce como regeneración natural.

El manejo de la regeneración natural en fuentes de agua constituye un elemento esencial para la conservación y preservación de estas, es de bajo costo.

Sin importar las prácticas de manejo utilizadas para la protección y conservación de fuentes de agua se debe priorizar la zonas de recarga (los nacientes o vertientes) para la ejecución de estas acciones.

(2) Reforestación

Es un proceso que permite poblar un espacio con árboles y arbustos garantizando la conservación del recurso agua. Además cumple con diferentes propósitos como bienes (madera, forraje, frutas, leña, entre otras) y servicios ambientales (fijación de nitrógeno, protección de suelos, conservación de la biodiversidad).

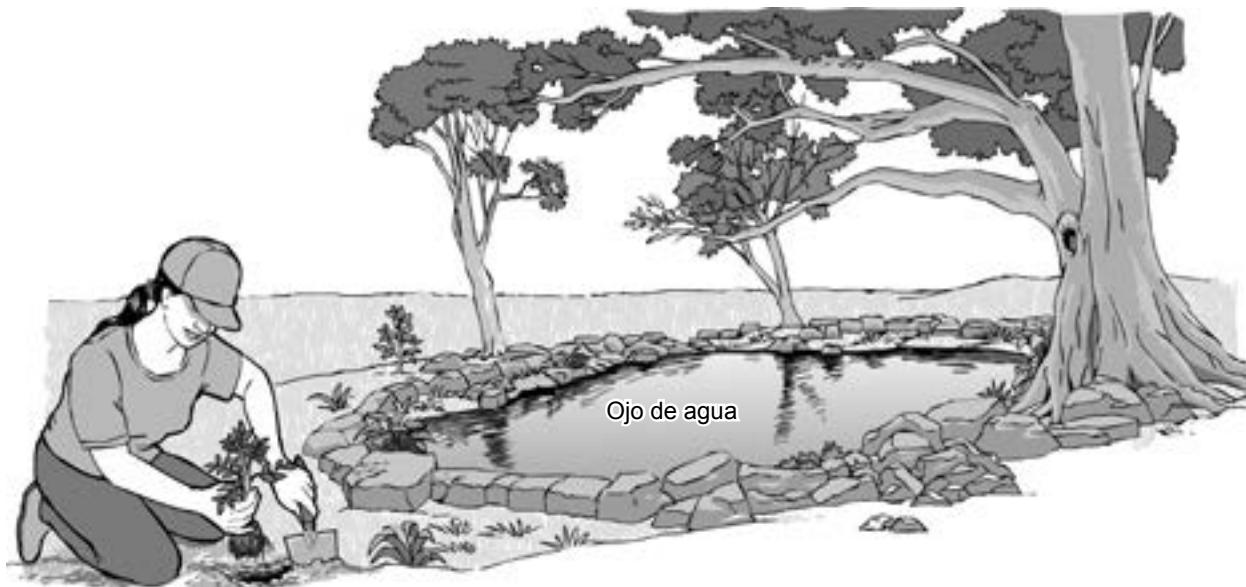


Figura 34. Regeneración natural

(3) Cercado de fuentes de agua

Para el cercado de fuentes de agua se pueden incluir: alambre de púa, postes muertos, prenderizos, árboles en el contorno, cercos de piedra, barreras vivas.

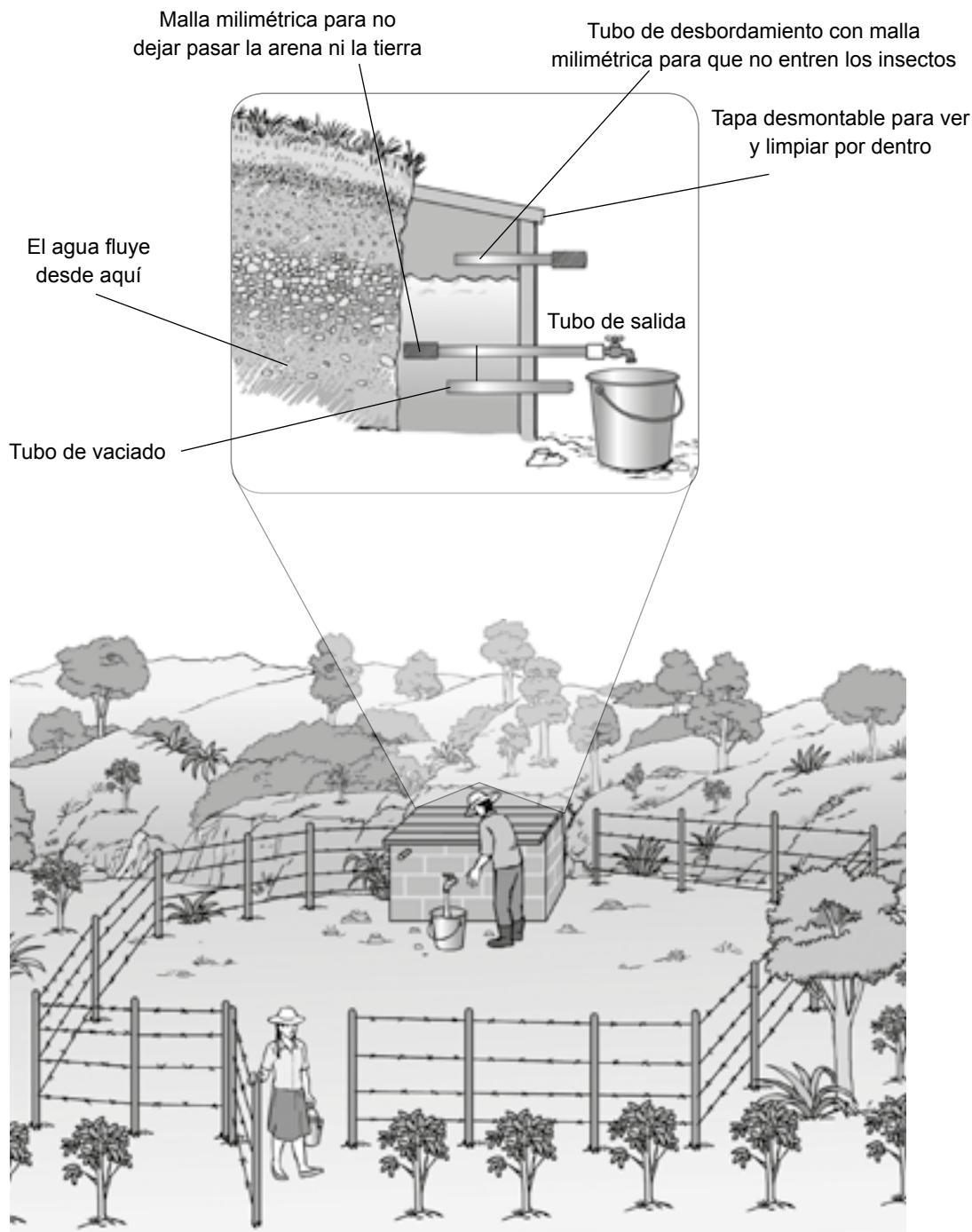


Figura 35. Tanque de captación de agua con cercado de púas

Actividades

Con apoyo del docente, realice las siguientes prácticas para medir los conocimientos adquiridos de los contenidos estudiados.

1. Tomando en cuenta los aspectos topográficos de la zona aplique obras de captación de agua.

Autoevaluación

Después de haber estudiado la tercera unidad, realice lo que a continuación se le solicita.

1. Conteste.

(1) ¿Qué alternativas sugiere usted para optimizar el aprovechamiento del agua en los lugares de escasez?

(2) ¿Qué aspectos tomaría en cuenta para la selección de las tecnologías de cosechas de captación de agua en una determinada unidad de producción?

Objetivos de la unidad:

Identificar correctamente los diferentes sistemas de riego y drenaje a través de pruebas diagnósticas.

Aplicar adecuadamente los procedimientos para establecer los sistemas de riego y drenaje considerando los criterios técnicos.

1. Almacenamiento del agua en el suelo

El agua es almacenada en los poros del suelo, es decir, los espacios entre las partículas del suelo. Los científicos del suelo han desarrollado un sistema para describir la relación del agua en el suelo y el crecimiento de las plantas. Si se agrega agua al suelo hasta que todos los poros del suelo están llenos y no hay espacio para más agua, quiere decir que el suelo está saturado. Si el suelo está totalmente saturado, el agua será drenada y quedará fuera del alcance de las raíces. Como la mayoría del agua se drena rápidamente fuera de la zona de las raíces, no hay disponibilidad para que las plantas la absorban. Cuando se llega al punto cuando ya no se drena el agua por la fuerza de gravedad, quiere decir que el suelo está a su capacidad de campo (para que el potencial hídrico del suelo se estabilice se requiere alrededor de 24 a 48 horas luego de la lluvia o riego).

Suelos finos, arcillosos pueden retener más agua que los suelos gruesos o arenosos. Esto es debido a que los suelos arcillosos contienen pequeños poros que se suman a un total de espacios porosos, que los suelos arenosos que tienen poros más grandes. Los suelos arcillosos también retienen el agua más fuertemente que los suelos arenosos porque sus poros pequeños proveen más área de superficie del suelo por volumen de agua.

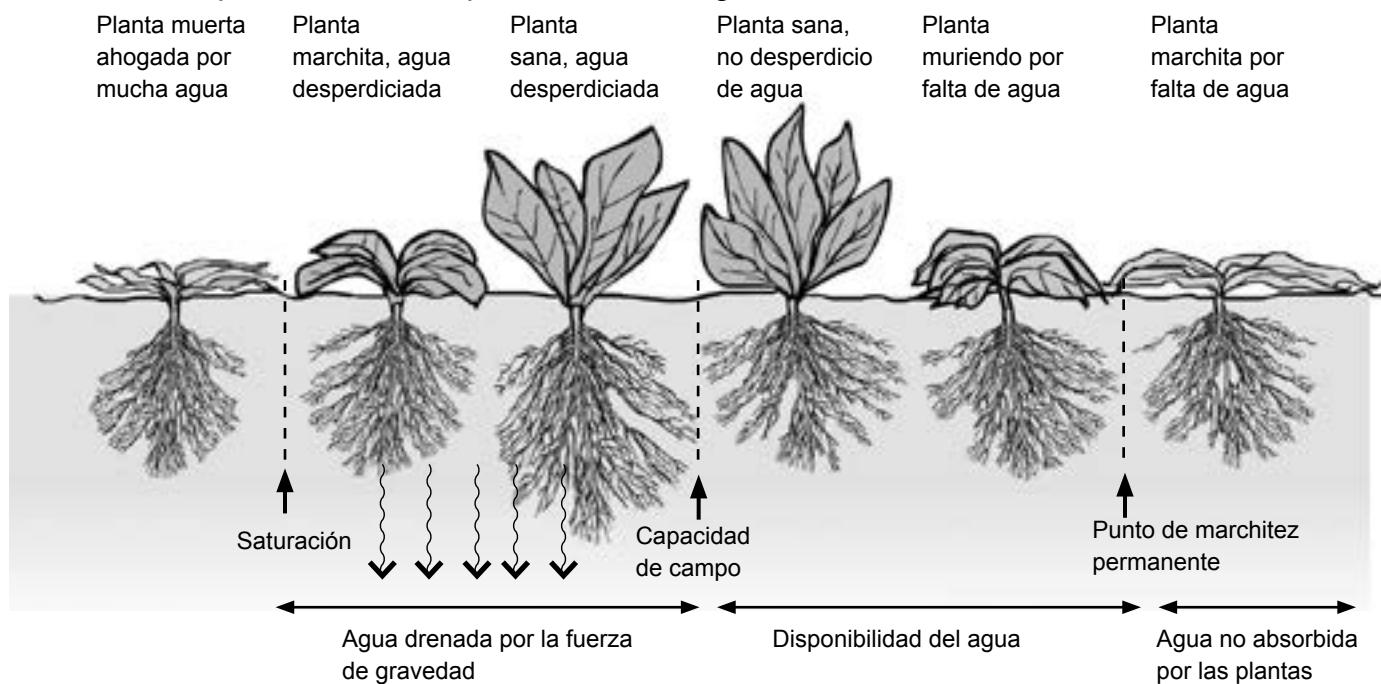


Figura 36. Disponibilidad del agua en el suelo y el crecimiento de las plantas

1.1. Capacidad de campo

Es la cantidad de agua que el suelo puede soportar para uso de cultivos. Después de que el agua entra en el suelo, se mantiene una tensión superficial del agua en los poros del suelo debido a la fuerza de gravedad. Los poros pequeños de textura fina tales como el limo o arcilla almacenan mayor cantidad de agua que los suelos arenosos. La materia orgánica también ayuda a almacenar grandes cantidades de agua. La máxima cantidad de agua que un suelo puede almacenar en contra de la fuerza de gravedad se le llama Capacidad de Campo. Generalmente cuando el suelo está a su Capacidad de Campo, la mitad de los poros del suelo están llenos de agua.

Las plantas no pueden absorber toda el agua del suelo. Cuando el agua se evapora o es absorbida por las plantas, el contenido de agua disminuye gradualmente hasta que las plantas ya no puedan extraer la pequeña cantidad de agua restante de las partículas del suelo. Esta pequeña cantidad de agua restante es llamada punto de marchitez. Las arcillas tienen un alto punto de marchitez. Ellas retienen el agua con más fuerza que los suelos de textura gruesa haciendo que haya menos cantidad de agua disponible para las plantas. Además, aunque los suelos franco limosos retienen un poco menos de agua (baja capacidad de campo) que las arcillas, esa cantidad de agua es absorbida por las plantas. Las sales impiden que las raíces absorban agua aumentando el punto de marchitez.

1.2. Drenaje o percolación

Es el exceso de agua que el suelo no puede retener y que se mueve fuera de la zona de las raíces y microorganismos, permitiendo que estos puedan respirar. Después de una fuerte depresión, el suelo se satura (todos los poros del suelo se llenan de agua). La mayoría de las raíces y organismos morirán si no se drena el exceso de agua para permitir que el aire entre a los poros nuevamente.

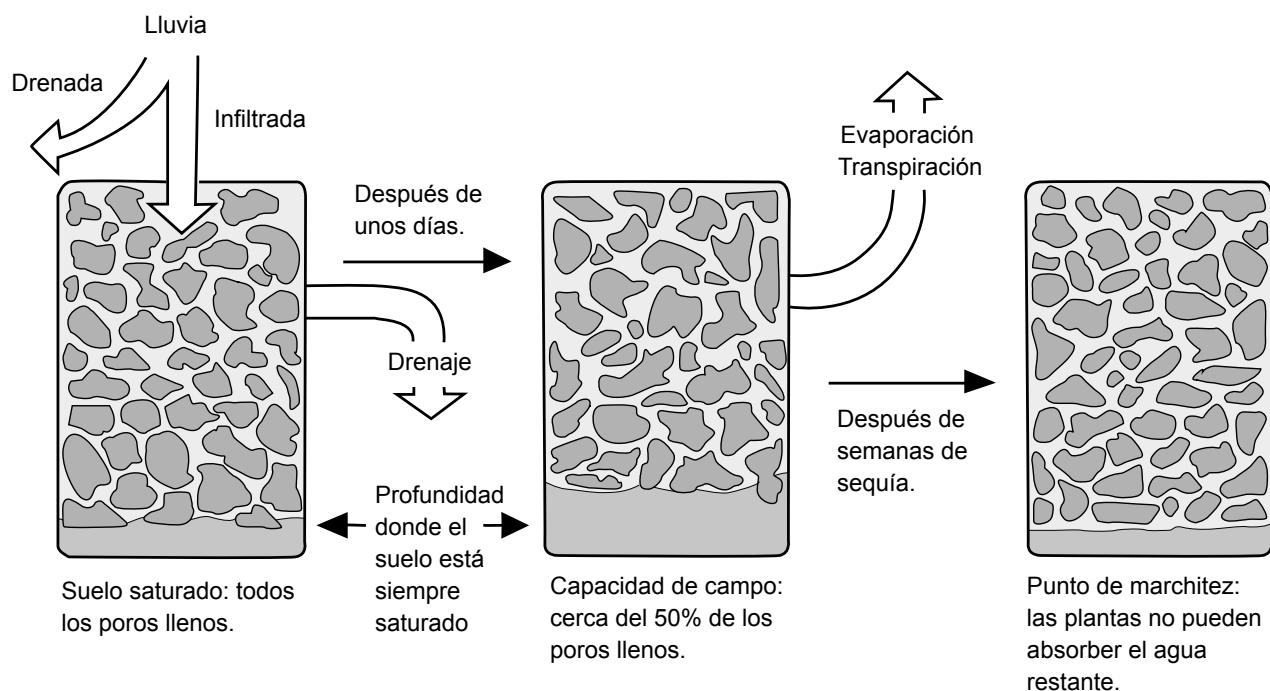


Figura 37. Movimiento del agua en el suelo. La capacidad de campo menos el punto de marchitez es la cantidad de agua disponible para las plantas.

2. Sistema de riego

Conjunto de estructuras que hacen posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria, mediante diversos métodos artificiales (aspersión, goteo, gravedad) para favorecer el crecimiento de las plantas.

Algunos aspectos importantes en el sistema de riego son:

- Suministra la cantidad necesaria de agua a los cultivos mediante diversos métodos artificiales de riego.
- Requiere una inversión inicial grande de capital para contar con una adecuada infraestructura hídrica (canales, acequias, aspersores, mangueras, tuberías, estanques).
- Favorece la humedad del suelo.

2.1. Elementos del sistema de riego

(1) Área de riego:

Debe tener una topografía adecuada, un suelo permeable que permita almacenar agua y buen drenaje, facilitando buena aireación para el óptimo desarrollo de las raíces.

(2) Fuente de agua:

Las fuentes de agua son naturales (pluvial, quebradas) y/o artificiales (pozos perforados), los que requieren tratamiento previo para su distribución.

(3) Captación:

Puede ser desde una fuente de agua (quebrada, río, un pozo).

(4) Sistema de bombeo:

Se encarga de llevar el agua a presión y con suficiente velocidad desde la fuente de agua hasta cualquier punto de las parcelas o tanques para almacenarla. Para que sea un sistema de bombeo efectivo se requieren algunos equipos y materiales como tubería, motor y recursos propios de la unidad de producción.

(5) Red de distribución:

Se encarga de distribuir el agua a cada uno de los campos de riego por superficie.

i) **Red principal o de conducción:** transporta el agua desde el punto de captación hasta el inicio de la zona regable.

ii) **Red secundaria y terciaria:** se encuentran en el entorno de las parcelas de riego. Son ramales de último orden de la red de distribución y conducen el agua hasta la unidad de riego.

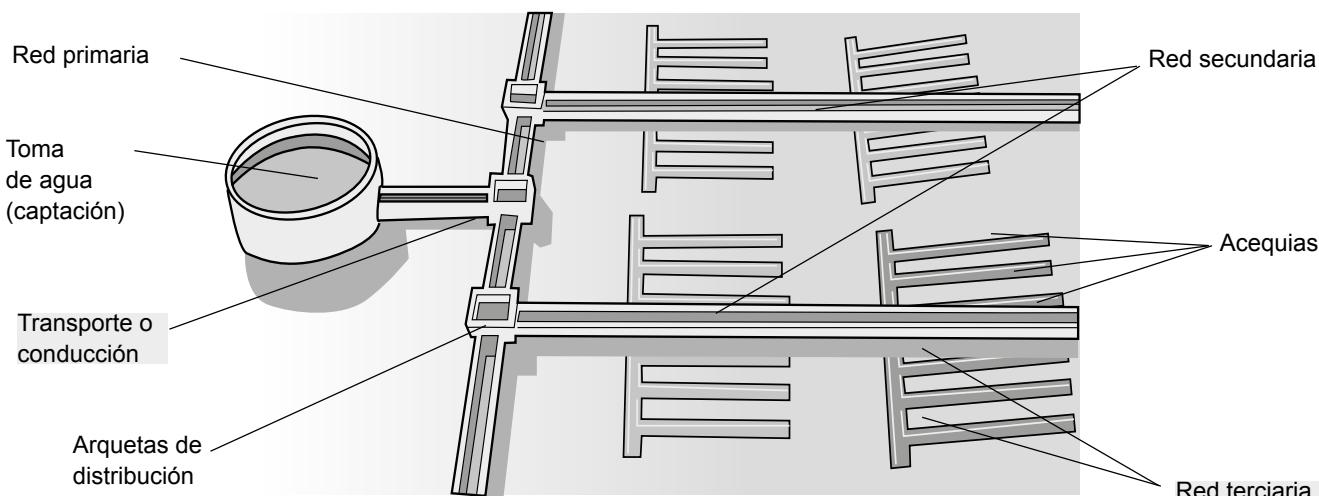


Figura 38. Ejemplo de redes de distribución de agua

2.2. Tipos de bombeo

(1) Por motor

Bomba de combustible (diésel o gasolina) y/o electricidad, que puede extraer agua con presión. En el comercio están disponibles diferentes equipos de bombeo.

Tabla 14: Características principales de algunos tipos de bombas para extracción de agua

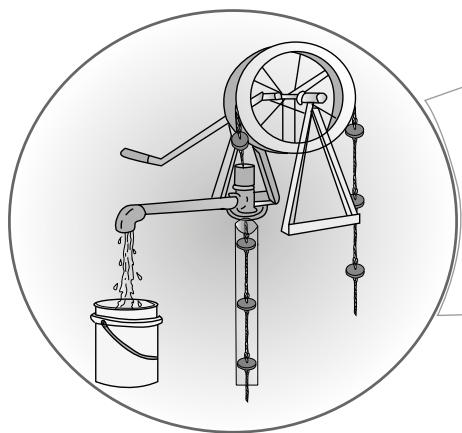
Caballos de fuerza	Diám de tubería en cm	Profundidad (m)	Caudal (lts/minuto)	Pendiente del terreno (%)
6.5	7.62 x 7.62	6	340.68 a 416.38	25
5.5	5.8 x 5.8	6	340.68 a 416.38	25
3.5	5.8 x 5.8	6	340.68 a 416.38	25
9.0	5.8 x 5.82	6	492 a 605.6	40
12.0	10.16 x 10.16	6	1514.12 a 2271.18	25
0.5	2.54 a 28.57	45	37.85	-

(2) Por gravedad

Es un tipo de abastecimiento de agua en la que el agua cae por su propio peso desde una fuente elevada hasta los cultivos. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura.

Las ventajas principales de esta configuración son:

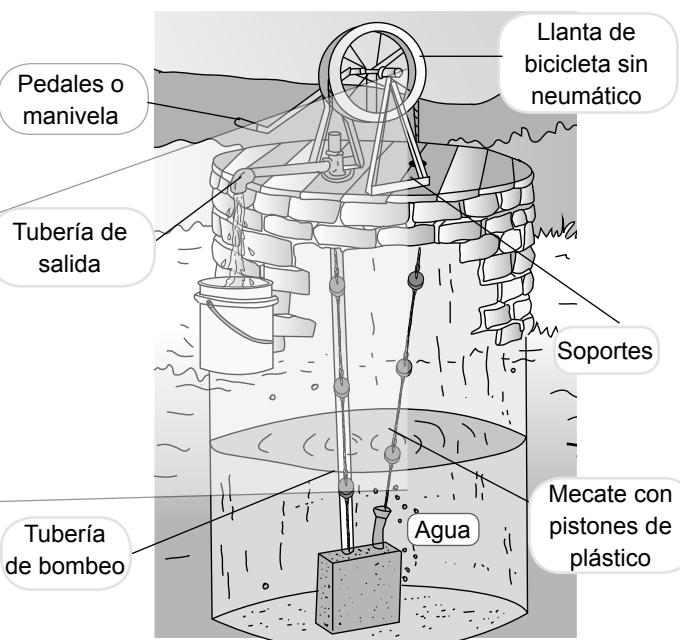
- No tienen gastos de bombeo.
- El mantenimiento es pequeño porque apenas tienen partes móviles.
- La presión del sistema se controla con mayor facilidad.
- Robustez y fiabilidad.



En Nicaragua se usan las siguientes bombas mecánicas para extraer el agua y llevarla a una altura adecuada y distribuirla por la fuerza de gravedad.

i) Bomba de mecate

Consiste en hacer pasar una serie de tapones plásticos por dentro de un tubo de PVC, que atados a una cuerda de nylon, funcionan como un pistón y el tubo como un cilindro de dirección.



La utilidad que se le da a la bomba de mecate es variada siendo las principales la extracción de agua para el consumo humano, animal y riego de pequeñas parcelas de cultivos.

La bomba de mecate es una tecnología que permite extraer agua de pozos de profundidades hasta de 40 m. Cuando se requiere trasladar el agua, se adapta una torre con dimensiones según la altura que se quiere llevar (ver *Tabla 15*).

Tabla 15: Capacidad de extracción del agua según su profundidad

Profundidad (m)	Volumen extraído (lts/ hr)
5	4200
10	2400
20	1200
30	840
40	60

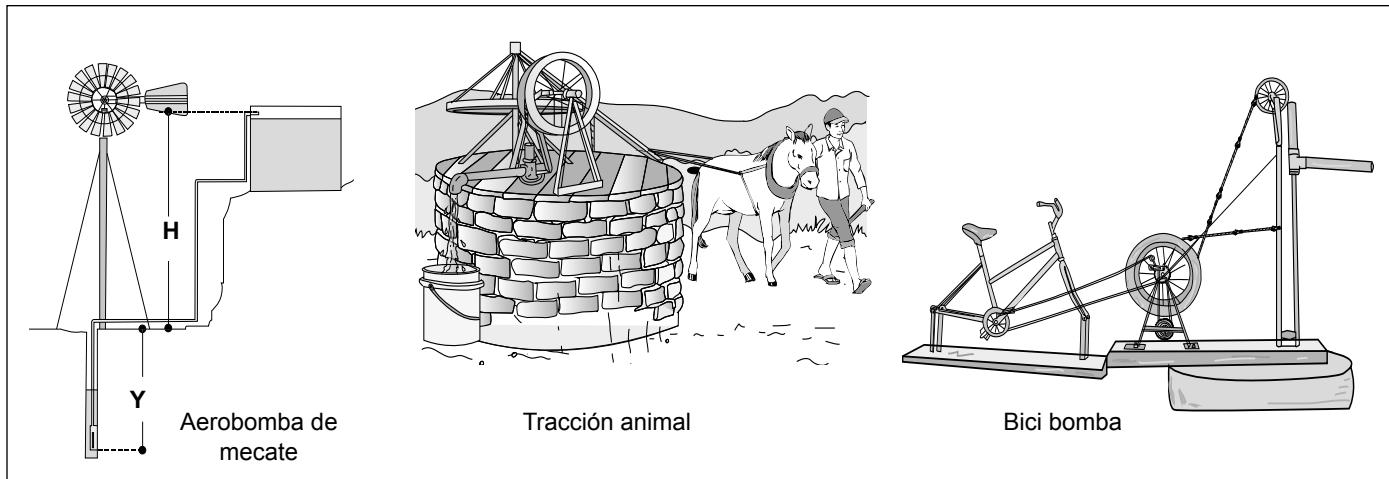


Figura 39. Extracción del agua con bomba de mecate usando diferentes métodos.

ii) Bomba EMAS (Escuela Móvil de Agua y Saneamiento)

Se le llama también flexi porque se puede instalar en el lugar más conveniente y admite se le hagan adaptaciones.

Está diseñada para instalarse en pozos perforados. Se caracteriza por ser de bajo costo y de fácil instalación, diseñada para uso familiar y no comunal. La manipulación se hace difícil en fuentes de agua que tienen más de 8 m de profundidad y más aún si se quiere transportar el agua a puntos con pendientes mayores a un 30% (ver anexo 5).

iii) Bomba de ariete

Es un tipo de bomba automática que utiliza la fuerza de la caída de una mayor cantidad de agua, para subir una pequeña cantidad de agua a una mayor altura.

Trabaja 24 horas todos los días, no requiere combustible, no hay costos de operación y no contamina el medio ambiente. Usa un método efectivo para mover el agua de un arroyo o río a otro lugar donde se necesita el agua (ver anexo 6).

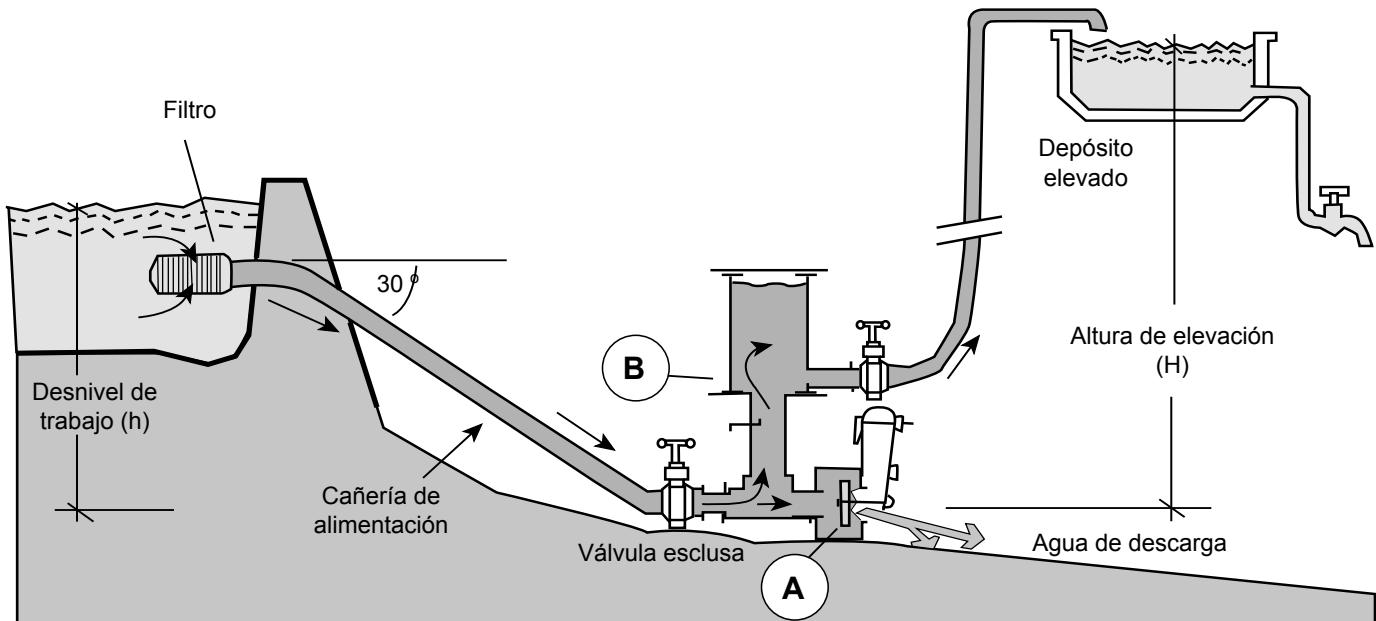


Figura 40. Sistema de una bomba ariete

2.3. Tipos de riego

(1) Irrigación superficial:

Es el método tradicional de riego, aplica aproximadamente el 97% de agua en el área cultivada, recomendado para terrenos con ligeras pendientes para evitar realizar trabajos de nivelación.

Ventajas:

- Cuando se usa tuberías, se puede regular el caudal.
- Bajo costo de distribución del agua.

Desventajas:

Cuando no se usan tuberías y se distribuye el agua a través de surcos o zanjas:

- Pérdida excesiva de agua por escurrimiento superficial.
- Peligro de erosión en terrenos con fuerte pendiente.
- Mayor cantidad de mano de obra.



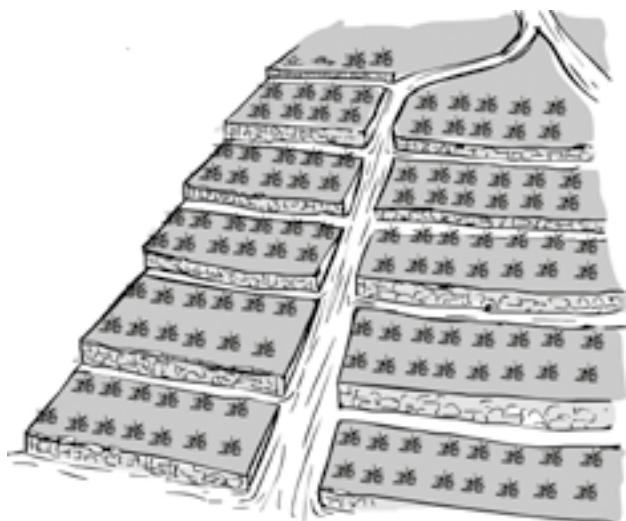
Surcos rectos

Se adaptan a todos los suelos con pendientes entre 0.15% y 1%.



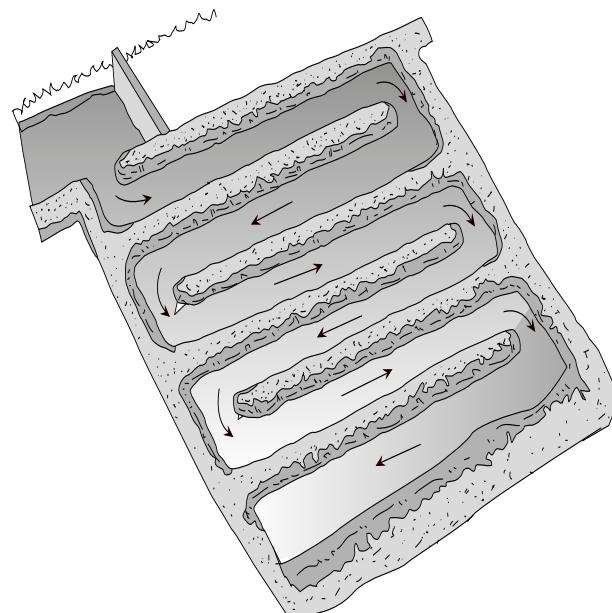
Surcos de curvas a nivel

Se adaptan a suelos con pendientes entre 2% y 10%.



Surcos en zig-zag

Para terrenos con pendiente hasta de un 25%. Algunos cultivos que se pueden establecer en este tipo de surcos son hortalizas, raíces y tubérculos, piña.



Surcos en zig-zag

Permite reducir la velocidad del agua y aumentar la infiltración en suelos poco permeables.

Figura 41. Tipos de irrigación superficial

(2) Irrigación por aspersión

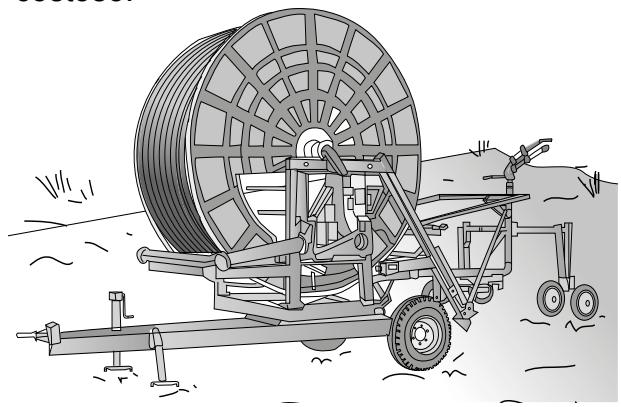
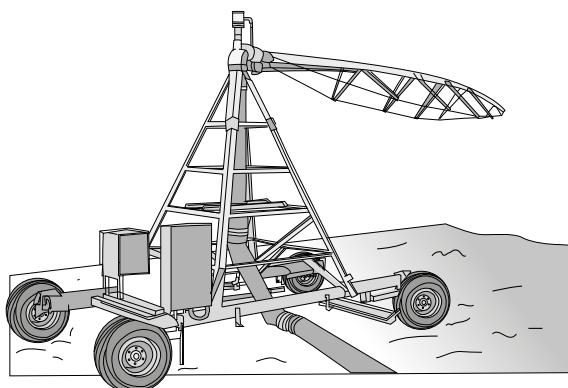
Impulsa el agua a presión a través de tuberías hasta llegar a los aspersores donde es aplicada en forma de gotas de lluvia sobre la superficie del suelo; además permite incorporar fertilizantes y productos químicos disueltos en el agua para ser aplicados a través del riego.

Ventajas:

- Humedece el suelo y aumenta la humedad del aire, manteniendo frescos a los cultivos.
- El suelo no se erosiona porque no permite que se formen corrientes de agua.

Desventajas:

- La velocidad del viento puede hacer que el agua no se distribuya de forma homogénea en el suelo, dejando más agua en una zona que en otras.
- Se pierde más agua por evaporación que en otros métodos.
- Adquisición de equipo y mantenimiento muy costoso.



Rego de pivote central (desplazamiento radial)

Es un tipo de tecnología utilizada a gran escala en cultivos agroindustriales como la caña de azúcar, soya, maní, ajonjolí, algodón, entre otros.

Riego de cañón aspersor

Figura 42. Tipos de irrigación por aspersión

(3) Microirrigación

Riego con pequeños emisores, de aplicación localizada o de corto alcance. El término puede aplicarse tanto al riego por microaspersión como al riego por goteo. Las presiones de trabajo en microirrigación suelen ser relativamente bajas.

Ventajas:

- La planta aprovecha mejor el agua porque la recibe en la zona radicular.
- No se pierde agua por evaporación.
- Se reduce el crecimiento de malezas entre las calles de los surcos establecidos.
- Se reduce el ataque de plagas y de enfermedades fungosas porque no hay exceso de humedad.
- Poca mano de obra durante la instalación y manejo del sistema.

Desventajas:

- Las mangueras tienen una vida útil corta (generalmente 2 años).
- Costo de la instalación alto, principalmente para grandes extensiones.
- Las mangueras pueden sufrir deterioro al momento de realizar las labores culturales.

Los tipos de microirrigación son:

i) Riego por goteo

Aplica el agua gota por gota directamente al pie de cada planta a través de tuberías o mangueras plásticas que se distribuyen en toda la parcela, a lo largo de cada surco, manteniendo la humedad en la zona donde las raíces crecen. Este sistema es usado con programas de fertirriego (ver anexo 7).



ii) Riego casero

Este sistema es de bajo costo y permite utilizar materiales disponibles en la unidad productiva tales como reciclado y reutilización de botellas descartables, contribuyendo a reducir la cantidad de desechos (ver anexo 8).



Figura 43. Ejemplos de microirrigación

3. Sistema de drenaje

Es una red de canales que captan y conducen las aguas fuera del área de interés, impidiendo la entrada de las aguas externas.

Algunos aspectos importantes en el sistema de drenaje son:

- Permite la retirada de agua que se acumula en depresiones topográficas del terreno (escurrimiento superficial, elevación del nivel freático por altas precipitaciones),
- Favorece el rendimiento de los cultivos porque evita el encharcamiento,
- Facilita la captación de agua para el uso de los cultivos,
- La red de canales debe limpiarse periódicamente, eliminando el fango y las malezas que se depositan en el fondo y en los taludes.

3.1. Elementos del sistema de drenaje

(1) Área de drenaje

Deben estar ubicados en la cota superior para que el traslado del agua drenada funcione perfectamente con la fuerza de la gravedad; caso contrario, puede provocar el depósito de sedimentos en los terrenos bajos.

(2) Red de avenamiento y drenaje:

Evacua el agua sobrante de los campos de cultivo y la conduce hasta la red de drenaje natural de forma que el exceso de humedad no perjudique el desarrollo del cultivo.

(3) Canales de distribución

Se caracterizan por ser profundos y permeables, por lo general no son revestidos y en caso de serlos es para compactar los taludes.

3.2. Obras de drenaje

Son construcciones cuyo objetivo es disminuir el exceso de agua acumulada, tanto en la superficie como en el interior del suelo para mantener las condiciones óptimas de aireación del sistema radicular.

Existen dos tipos de obras de drenaje:

(1) Drenaje superficial

Es la remoción del exceso de agua acumulados sobre la superficie del terreno, a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables.

Para ello, debe establecerse una red colectora (zanjas y tuberías) que distribuyan el flujo del exceso de agua.

(2) Drenaje de subsuelo (subterráneo)

Se produce por exceso de agua en el interior del suelo, debido a la presencia de un alto nivel freático permanente o fluctuante, el cual impide el movimiento vertical del agua, restringiendo el desarrollo radicular.

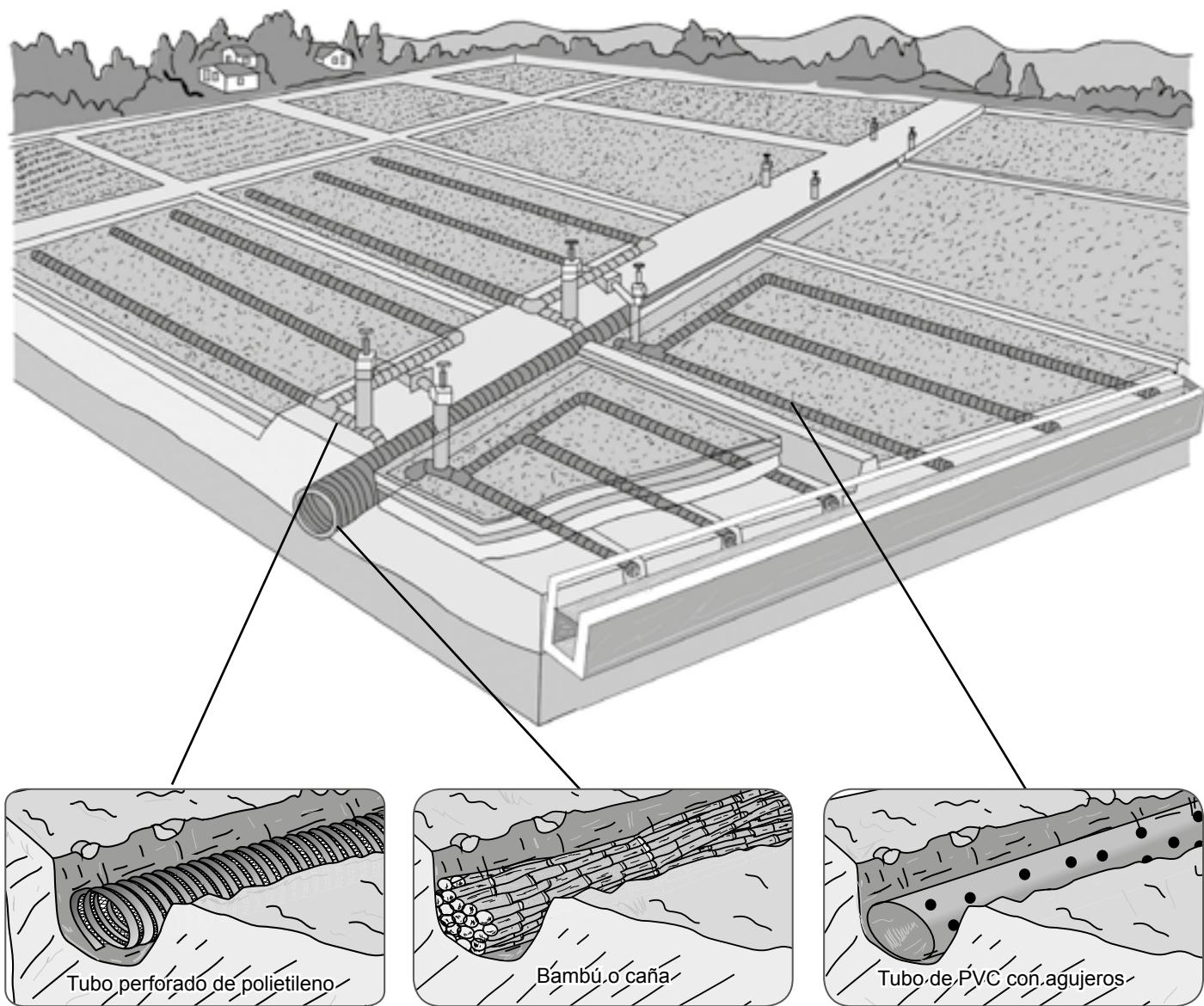


Figura 44. Ejemplo de distribución de agua con diferentes canales de distribución

Actividades

Con apoyo del docente, realice las siguientes prácticas para medir los conocimientos adquiridos de los contenidos estudiados.

1. Armar una bomba artesanal según las condiciones y disponibilidad de los recursos (ver páginas 87 - 89).

2. Establecer un sistema de riego por goteo de forma artesanal (ver página 92).

3. Construir un sistema de riego por aspersión casero desmontable (ver páginas 91 - 92).

Autoevaluación

Después de haber estudiado la cuarta unidad, realice lo que a continuación se le solicita.

1. Conteste.

- (1) ¿Por qué es importante conservar el agua en una unidad de producción?
- (2) ¿Qué parámetros se deben tomar en cuenta para el establecimiento de un sistema de riego?
- (3) ¿De qué está compuesto el Sistema de Drenaje?
- (4) ¿Qué es Capacidad de Campo?
- (5) ¿Qué es Punto de Marchitez?

2. Estudio de caso.

En la finca La flor, don Pedro Figueroa se dedica a la siembra de hortalizas y granos básicos. En la época de verano se dedica a la siembra de hortalizas (cucurbitáceas) obteniendo bajos rendimientos de producción por la escasez de agua y en la época de invierno él establece granos básicos (maíz y frijoles) pero por problemas de inundación pierde las cosechas.

Antes de iniciar el análisis, defina:

Porcentaje de pendiente	
Área cultivada	
Tipo de suelo (textura, estructura)	

¿Qué recomendaciones haría usted para que don Pedro no pierda las futuras cosechas?

ANEXOS

Anexo 1: Tipos de estructura del suelo

Después de identificar los horizontes del suelo puede determinarse el tipo de estructura presente en cada uno de ellos, realizando el siguiente procedimiento:

Colocar en la palma de la mano una muestra de cada uno de los horizontes, observar el tipo de estructura que presenta.

a. Si la muestra es **suelta**. Significa que las partículas que lo forman se encuentran independientes y no se adhieren entre sí, decimos que no presenta estructura, (arena de playa, dunas, etc.).

b. Si la muestra es **compacta**. Se observará que aparece en masas apelotonadas que no se sueltan y se mantiene todo más o menos unido en cuyo caso, hay que observar el perfil y determinar si presenta continuidad horizontal (estructura laminar) o continuidad vertical (estructura prismática o columnar)



Anexo 2: Tipos de suelo según la textura

Tabla 1: Tipos de suelo según la textura

Texturas	Tipo de suelo	% Arcilla	% Limo	% Arena	Símbolo
Texturas Arcillosas	Arcillosos:	≥ 40	< 40	< 45	Arc
	Areno Arcilloso	≥ 35		≥ 45	A-Arc
	Limo Arcilloso	≥ 40	≥ 40		L-Arc
Texturas Limosas	Limoso	< 12	≥ 80		L
Texturas Arenosas	Arenoso	Si Limo + 1.5 partes • Arc ≤ 15%		≥ 85	A
	Arenoso Franco	Si Limo + 1.5 Arcilla ≥ 15%		Arena = 85 a 90%	
		Si Limo + 2 Arcilla ≤ 30%		Arena = 70 a 85%	
Texturas Francas o Equilibradas	Franco	7 a 27	De 28 a 50	< 52	F
	Franco Areo Arcilloso	20 a 35%	< 28%	≥ 45%	F-A-Arc
	Franco Arcilloso	27 a 40		20 a 45	F-Arc
	Franco Limo Arcilloso	27 a 40%		< 20%	F-L-Arc
	Franco Arenoso	< 7%	< 50%	43 a 52%	
		≤ 20%	Limo+2 partes • Arcilla > 30%	≥ 52%	F-A
	Franco Limoso	Si Arc < 12%	50 a 80%		
		Si Arc = 12 a 27%	≥ 50%		F-L

Anexo 3: Macro y micronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares

Tabla 1: Macronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Funciones	Síntomas de deficiencia
Hidrógeno	H	H_2O	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario para la construcción de los azúcares y por tanto para el crecimiento. Procede del aire y del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> No existe la deficiencia y exceso de estos elementos esenciales en el crecimiento de las plantas.
Carbono	C	CO_2	<ul style="list-style-type: none"> Constituyente principal de las plantas. Se encuentra en el esqueleto de numerosas biomoléculas como el almidón o la celulosa. Se fija gracias a la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono procedente del aire, para formar hidratos de carbono que sirven como almacenamiento de energía a la planta. 	
Oxígeno	O	$\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2$	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario para la respiración celular, los mecanismos de producción de energía de las células. Se encuentra en numerosos componentes celulares, procede del aire. 	
Nitrógeno	N	$\text{NO}_{-3}, \text{NH}_{+4}$	<ul style="list-style-type: none"> Es el componente de los aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, clorofila y de las coenzimas. Es responsable en gran medida, del crecimiento y del color verde intenso de las hojas. 	<p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Produce clorosis o amarillamiento que comienza primero en las hojas más viejas. Las plantas deficitarias de N crecen lentamente. Producen menor número de hojas y se atrofian. <p>Exceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> Retardo de la madurez del cultivo. Una mayor susceptibilidad a enfermedades <p>Antagonismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> En el caso de exceso del N, interfiere en la absorción de otros elementos como el K y B. <p>Sinergia:</p> <ul style="list-style-type: none"> La suficiente cantidad del N apoya la absorción de otros elementos como el Mg.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Funciones	Síntomas de deficiencia
Potasio	K	K+	<ul style="list-style-type: none"> Es esencial para el crecimiento de las plantas, interviniendo en muchas reacciones y procesos metabólicos. Ayuda al uso eficiente del agua, además es importante en la formación y calidad de los frutos. Su presencia en la planta ayuda a la resistencia contra las enfermedades en forma directa. Fortalece los tallos contra la invasión de patógenos y acame (caída). Aumenta el grosor de la cutícula de las gramíneas contra el ataque de hongos. 	<p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aparece el quemado de los bordes de las hojas, notándose primero en las hojas viejas. La planta muestra crecimiento lento y los tallos son débiles. Las semillas y los frutos tienden a presentarse pequeños y bajo rendimiento de cosecha. <p>Antagonismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> El caso de exceso del K, interfiere en la absorción de otros elementos como el Ca, Mg y B <p>Sinergia</p> <ul style="list-style-type: none"> La suficiente cantidad del K apoya la absorción de otros elementos como el Mn y Fe.
Calcio	Ca	Ca ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Forma parte de las paredes celulares. Es un activador enzimático. Ayuda a la fijación simbiótica de N. Estimula el desarrollo de las raíces. 	<ul style="list-style-type: none"> Es raro encontrar síntomas de deficiencia en el campo y en general los suelos no ácidos de Nicaragua contienen altas concentraciones de Ca. <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pobre crecimiento de raíces. Clorosis y tejidos flácidos en los meristemos de crecimiento y en las puntas de las hojas jóvenes. Atraso del crecimiento y la madurez de frutas. <p>Antagonismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> El exceso de Ca interfiere en la absorción de otros elementos como el K, Mg, Mn, B y Zn.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Funciones	Síntomas de deficiencia
Magnesio	Mg	Mg ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Es el principal constituyente de la clorofila y por lo tanto está fuertemente involucrado en la fotosíntesis. Las semillas también contienen concentraciones de magnesio Contribuye con el metabolismo de los fosfatos y participa en la respiración de la planta. 	<p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aparentan una coloración pálida, bronceada o rojiza en las hojas más viejas pero las venas permanecen de color verde. Las hojas se arrugan a medida que avanza la deficiencia. <p>Antagonismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> En el caso de exceso del Mg, interfiere en la absorción de otros elementos como el K. <p>Sinergia:</p> <ul style="list-style-type: none"> La Existencia de suficiente cantidad del Mg apoya la absorción de otros elementos como el P.
Fósforo	P	H ₂ PO ₋₄ HPO ₂₋₄	<p>Participa en la fotosíntesis, la respiración y la transferencia de energía de ATP y ADP, la división y el crecimiento de las células y otros procesos de la planta.</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Promueve la formación temprana y el crecimiento de raíces, Mejora la calidad de las verduras, frutas y cereales. Es imprescindible para la formación de la semilla. También acelera la maduración. Por eso la concentración de fósforo es más alta en la semilla que en cualquier parte de la planta. 	<p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las raíces no se desarrollan normalmente. Atraso de la floración y fructificación y disminuye el número de flores. Produce la necrosis e induce color verde oscuro en las hojas viejas y marchitamiento de la hoja a partir de ápice. En el maíz ocurre un color rojizo intervenal y en el arroz hay escaso macollamiento. <p>Antagonismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> En el caso de exceso de P, interfiere en la absorción de otros elementos como el K, Fe, Zn y Cu. <p>Sinergia:</p> <ul style="list-style-type: none"> La Existencia de suficiente cantidad del P apoya la absorción de otros elementos como el Mg.
Azufre	S	SO ₂₋₄	<ul style="list-style-type: none"> Este elemento es esencial en la formación de las proteínas, ya que forma parte de los aminoácidos. Formación de enzimas y vitaminas. Promueve la formación de nódulos para la fijación del N en las leguminosas. 	<p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> La carencia de azufre se encuentra la en suelos arenosos. Aparece como verde pálido generalizado en las hojas nuevas. Los tallos de las plantas emergen delgados y lignificados. En caso de deficiencia severa las hojas se arrugan y se marchitan.

Tabla 2: Micronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Funciones
Cloro	Cl	Cl ⁻	<p>Se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno.</p> <p>No se ha reportado deficiencia de Cl en Nicaragua.</p> <p>Deficiencia: Se atrofia la punta de las hojas de la planta.</p>
Hierro	Fe	Fe ₃₊ , Fe ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Es un catalizador en la formación de la clorofila y es un portador de oxígeno. También participa en la formación de enzimas respiratorias y se encuentra particularmente en los órganos en crecimiento y de mayor actividad fisiológica de las plantas como yemas, hojas jóvenes, flores y embriones. <p>En nuestros suelos no son comunes las carencias de hierro, por lo contrario hay una tendencia de acumulación de este.</p> <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se produce hojas verde pálido, permaneciendo verdes las venas y pálidas las entrevenas. Una deficiencia extrema se convierte a toda la planta de amarilla a blancuzca. <p>Toxicidad:</p> <p>La toxicidad de hierro en arroz se caracteriza por pequeñas manchas color café comenzando por el ápice hacia la base de la hoja. El resto de la hoja permanece verde. Si la toxicidad es grave, las hojas se tornan color oscuro violeta.</p> <p>Antagonismo:</p> <p>El exceso de Fe interfiere en la absorción de otros elementos como el Fe.</p>
Boro	B	H ₃ BO ₃	<ul style="list-style-type: none"> Es esencial en la germinación de los granos del tubo polínico, en la formación de las paredes celulares y en la formación de proteínas. Es necesario para la diferenciación de los tejidos y facilita el transporte de los hidratos de carbono a través de las membranas celulares. Interviene en la utilización del Calcio. <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Atrofian comenzando por los meristemos de crecimiento y por las hojas nuevas de la planta. Los síntomas varían por cultivo y la mayoría se manifiesta por las partes productivas. <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Maní: el corazón hueco del cacahuate Remolacha: el corazón negro Arroz: fuerte tendencia al vaneo de los granos

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Funciones
Manganeso	Mn	Mn ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Es uno de los elementos más importantes en el sistema enzimático y metabólico de las plantas. Participa directamente en la formación de la clorofila y la fotosíntesis, Acelera la germinación y madurez. Su importancia es conocida en el metabolismo de N. <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los síntomas aparecen en las hojas más jóvenes con clorosis intervenal. Cuando la carencia es severa, la clorosis toma un color gris y las hojas se caen. <p>Antagonismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> El exceso del Mn interfiere en la absorción de otros elementos como el Fe.
Zinc	Zn	Zn ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Ayuda a las sustancias en crecimiento, reacciones metabólicas y formación de clorofila e hidratos de carbono. Es el componente metálico de una serie de enzimas y participa en la producción de auxinas. <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aparecen decoloraciones verdes o amarillas en las hojas viejas. Las hojas se forman irregularmente pequeñas y la planta toma forma de roseta en hojas. Se reduce la síntesis del ácido de (ARN) que a su vez reduce la producción de proteínas. Se reduce el rendimiento hasta en un 50% sin mostrar sintomatología alguna. <p>Antagonismo:</p> <p>El exceso del Zn interfiere en la absorción de otros elementos como el Fe.</p>
Cobre	Cu	Cu+, Cu ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario para la formación de la clorofila (70 % del Cu de las plantas verdes se encuentra en la clorofila). Es catalizador de procesos biológicos. Promueve la formación de productos orgánicos aunque no forme parte de los mismos. <p>Los suelos con altas concentraciones de materia orgánica inducen deficiencia de Cu, el cual queda retenido en el humus.</p> <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aparece las marchites y falta de turgencia en hortalizas. A veces las hojas toman un color azul – verdoso antes de palidecer, enrollarse y marchitarse. Con carencias severas no hay floración.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Funciones
Níquel	Ni	Ni ₂₊	<ul style="list-style-type: none"> Forma la parte esencial de una enzima que funciona en el metabolismo. Ayuda a la descomposición de urea que se produce en el proceso de la producción de proteína en la planta. <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Produce clorosis o amarillamiento y en caso de problema severo produce necrosis en las hojas.
Molibdeno	Mo	MoO ₂₋₄	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario para la formación de la enzima nitrato reductasa, que reduce los nitritos de amonio dentro de la planta. Además, ayuda a la transformación de las formas inorgánicas a las formas orgánicas de fósforo en la planta. Es conocido que en las leguminosas (especialmente en soya) ayuda directamente a la formación de nódulos para la fijación simbiótica del N. <p>Deficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aparece amarillamiento general y atrofia la planta.

Anexo 4: Clasificación agroecológica de los suelos

CLASE I	<ul style="list-style-type: none"> • Sin limitaciones, muy buen suelo, se puede cultivar con los métodos ordinarios de labranza. Se dispone de suficiente agua. • Son terrenos de pendiente muy suave (3% o menos), propensos a la erosión en forma muy leve (sin considerar el tratamiento que se le imponga). • Son fáciles de trabajar y cuentan con suelos profundos (100 cm de profundidad o más) y de textura medias, o sea que tienen buena retención de humedad. • Tienen buen drenaje natural y están de tal manera situados que no existe peligro de inundaciones.
CLASE II	<p>Suelos con pendientes suaves entre el 3 y 7%, potencialmente inundables y drenaje moderadamente impedido por lo que requieren prácticas moderadas de conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cultivos en fajas • Barreras vivas y desvíos de agua • Siembras en contorno o a través de la pendiente • Manejo de coberturas vivas y muertas • Drenaje simple, riego, adición de fertilizantes y enmienda • Tienen una tendencia moderada a la erosión hídrica y eólica, profundidad efectiva de 50 a 100 cm. • Pueden o no tener, algún grado de impedimento como estructura desfavorable, contenido de sales o acidez moderada, fácilmente corregibles según el caso pero con probabilidad de que vuelvan a aparecer.
CLASE III	<p>Con limitaciones severas, suelos medianamente buenos, muy susceptibles a la erosión que necesitan métodos especiales de conservación de suelos para controlarla tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rotación de cultivos • Cultivos en franjas • Barreras vivas • Zanjas de desvío, zanjas de drenaje, filtros • Métodos intensivos de riego • Aplicación de fertilizantes y enmiendas • Suelos ondulados con pendientes entre el 7 y el 12 %. • Se dispone de agua por lo que son apropiados para cultivos permanentes, praderas, plantaciones forestales, ganadería extensiva. • Son terrenos con gran susceptibilidad a la erosión severa, regular o poca profundidad de suelo (de 35 a 50 cm). Presentan piedras grandes o numerosas en el substrato rocoso que se encuentra a poca profundidad; por drenaje superficial y por inundación.

CLASE IV	<ul style="list-style-type: none"> Con limitaciones muy severas para cultivos anuales; adecuados para pràticultura o cultivos permanentes. La pendiente es entre mediana y fuerte (del 12 al 20%), desfavorables para retención de humedad, drenaje interno deficiente, o bien fuertes limitaciones por inundación; difícil de drenar; salinidad y/o sodicidad en cantidades considerables. Tienen una alta susceptibilidad a la erosión severa del viento y el agua, por tener además un suelo delgado o poco profundo (de 25 a 35 cm). Esta clase es de transición entre las tierras adecuadas para cultivos limpios y las apropiadas para vegetación permanente. Tierras no apropiadas para cultivos anuales. Adecuadas para cultivos perennes, vegetación natural o plantaciones forestales.
CLASE V	<ul style="list-style-type: none"> Suelos apropiados para pràticultura o silvicultura sin limitaciones, Son terrenos de poca pendiente (menos de 2%) que están expuestos a fuertes inundaciones. Pueden ser terrenos con gran cantidad de piedras o poco espesor de suelo (de 15 a 25 cm) y Salinidad en cantidades considerables o contenidos altos de otros elementos como Al, Fe, S que resultan tóxicos para las plantas. Pertenecen a esta clase las ciénagas, difíciles de drenar pero que producen buenos pastizales. Por lo general se limitan a ser utilizados para pastoreo extensivo, producción forestal, conservación, paisajismo y recreación.
CLASE VI	<ul style="list-style-type: none"> Suelos apropiados para pràticultura o silvicultura con limitaciones moderadas, Son terrenos con pendientes moderadas (sin embargo, en ocasiones pueden llegar a ser hasta del 35% en suelos de buena retención de humedad). Ofrecen muy escasa resistencia a la erosión por el agua. Suelo poco profundo (de 15 a 25 cm). Pueden tener excesiva pedregosidad, así como salinidad y/o sodicidad muy alta. La explotación ganadera debe hacerse de forma extensiva muy controlada, bajo sistemas silvo pastoriles y en ocasiones es necesario dejar los terrenos desocupados por largos periodos de tiempo para su recuperación. En estos suelos son necesarias prácticas de recuperación de suelos como terrazas, terrazas de inundación, acequias de ladera, filtros y drenajes, y vegetación permanente.

CLASE VII	<ul style="list-style-type: none">• Suelos apropiados para pricultura o silvicultura con limitaciones severas, son terrenos con pendiente fuerte (de 25% o más), con muy poca resistencia a la acción erosiva del agua, por tener además suelo muy escaso (de 10 a 15cm).• Terrenos escarpados, quebrados, erosionados o susceptibles a seria erosión por el viento. Por ejemplo, las áreas planas de las zonas áridas quedan en este grupo.• Son suelos de baja fertilidad, suelos muy superficiales, erosión severa y limitante químicas como pH fuertemente ácido. Son áreas de protección que deben permanecer cubiertas por vegetación densa de bosque.• Su principal uso es la protección de suelos, aguas, flora y fauna. Son aptos para mantener coberturas arbóreas permanentes.
CLASE VIII	<ul style="list-style-type: none">• Por lo general son tierras demasiado escabrosas, arenosas, húmedas o áridas, no apropiadas para cultivos, pricultura ni silvicultura. Sin embargo, pueden ser útiles para animales de vida silvestre; pocas veces pueden servir como áreas de captación de aguas en sus cañadas o arroyos.• Tienen restricciones fuertes de clima, salinidad o acidez extrema, drenaje totalmente impedido.• Útiles para explorar materiales para construcción.• Quedan incluidos los pantanos, los playones de arenas, las zonas atravesadas por numerosas cárcavas profundas. Las áreas muy escarpadas, abruptas, rocosas.

Anexo 5: Pasos para la elaboración de la Bomba EMAS

Este dispositivo consiste en extraer agua de pozos excavados o perforados o bien de micro captaciones de agua ubicados en puntos estratégicos de la propiedad del productor.

Esta tecnología tiene la capacidad de succionar agua a profundidades máximas de 15 m y superar un desnivel o altura de 30 m.

Pasos para construir una bomba manual EMAS

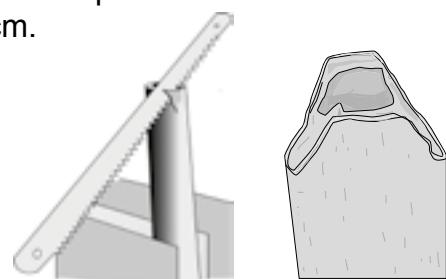
Paso 1: Elaboración de la válvula interna

Materiales:

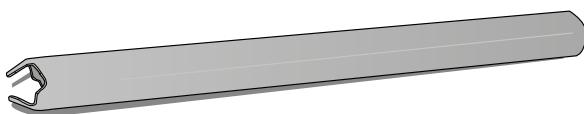
- 1 adaptador macho de $\frac{1}{2}$ " (rosca corta)
- 1 O ring de nitrito $\frac{3}{4}$ "
- 2 Camisas lisa de $\frac{1}{2}$ "
- 15 cm Tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ "
- 15 cm tubo conduit de $\frac{1}{2}$ "
- 1 canica o chibola

A Hacer el tubo reducido.

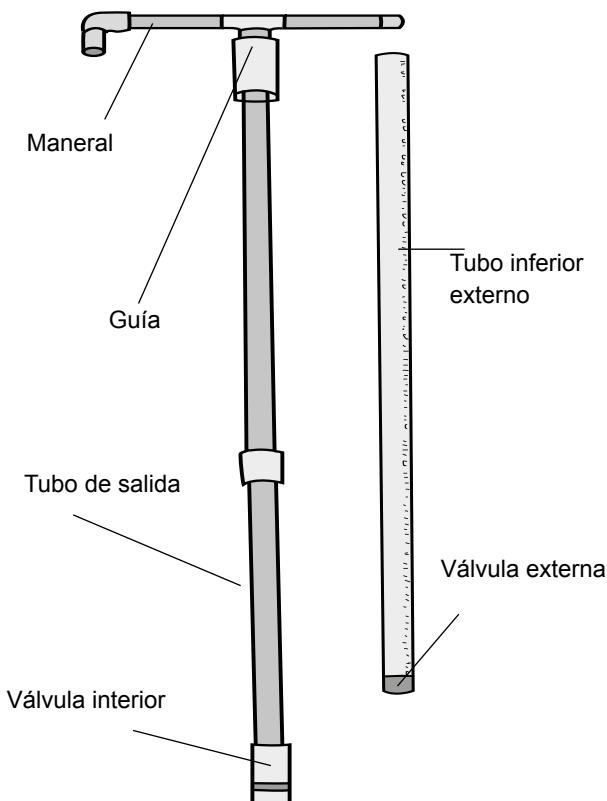
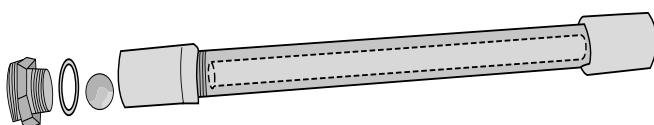
1. Hacer dos picos en el tubo PVC conduit de 15 cm.



2. Introducir el tubo PVC conduit dentro de un tubo PVC de 10 cm.



- ##### B Ensamblar cada una de las piezas de la válvula en el orden que se muestra en la imagen.



Paso 2: Elaboración de la válvula externa

Materiales:

- 1 camisa PVC $\frac{1}{2}$ "
- 1 canica
- 3 cm tubo conduit
- 3 cm de tubo PVC de $\frac{1}{2}$ "

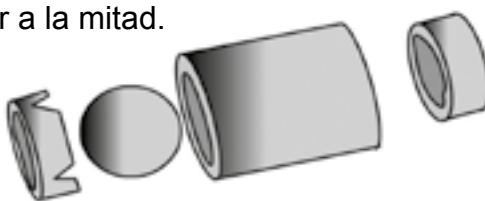
- A** Con la lima triangular hacer 4 muescas al tubo conduit.



- B** Introducir el conduit al tubo PVC de 3 cm y cortar a la mitad.



- C** Introducir el conduit al tubo PVC de 3 cm y cortar a la mitad.



Paso 3: Conexión de la válvula externa al tubo inferior externo

Materiales:

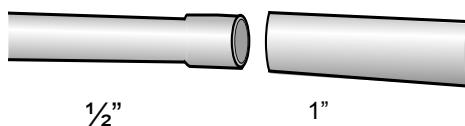
- 11 m de Tubo PVC de 1"
- Hornilla

- A** Reducir un tubo PVC de 1" a $\frac{1}{2}$ ".

1. Calentar uno de los extremos del tubo PVC de 1".



2. Introducirlo a una campana de $\frac{1}{2}$ ".



- B** Conectar la válvula externa al tubo inferior externo o tubo reducido (verificar que quede bien ajustado y no haya fuga).



Paso 4: Conexión del maneral con la válvula interna

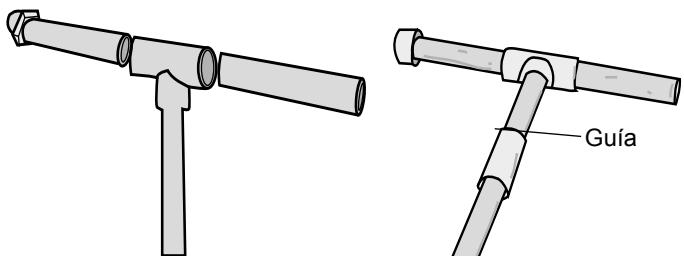
Materiales:

1 Tapón liso de $\frac{1}{2}$ "
 1 Unión Tee lisa de $\frac{1}{2}$ "
 2 tubos de 15 cm de PVC de $\frac{1}{2}$ "
 1 codo liso de $\frac{1}{2}$ "

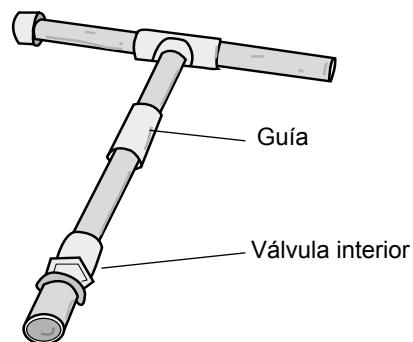
1 adaptador macho
 1 tubo de 5 cm de PVC de $\frac{1}{2}$ "
 30 cm de PVC de $\frac{3}{4}$ "
 70 cm de tubo PVC de $\frac{1}{2}$ "

A Elaboración del maneral.

Ensamblar las partes como se muestra en la figura.

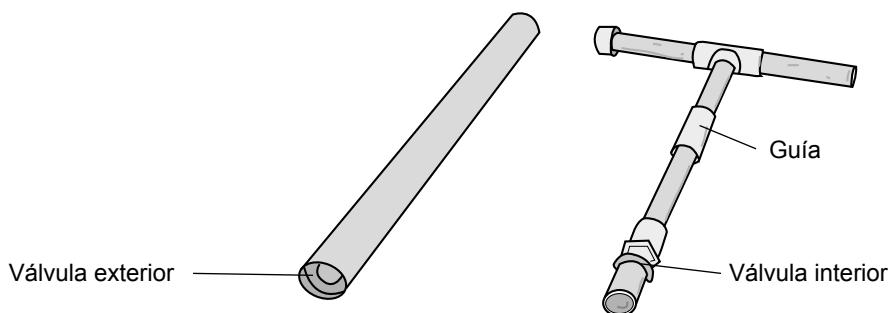


B Conectar el maneral con la válvula interna como se muestra en la imagen.



Paso 5: Ensamblar la bomba

Insertar un tubo dentro del otro, si el O ring lo impide, eliminar el excedente con la lima plana, no quitar mucho material porque el O ring actúa como empaque y su ajuste debe quedar hermético pero que facilite el bombeo. El empaque también se ajusta apretando o soltando la rosca.



Recomendaciones:

- Limpiar el PVC antes de pegar la uniones con pega PVC.
- Pulir con lija después de cada corte.
- Asegurar que las canicas tengan un juego de 1 cm dentro de las válvulas.

Anexo 6: Pasos para la elaboración de la bomba ariete

Funcionamiento:

Cuando se mantiene abierta la válvula de alivio al inicio del proceso, el agua comienza a fluir desde la toma de agua, a través del tubo de propulsión aumentando su velocidad.

La presión dinámica del agua debajo de la válvula de alivio se aumenta, llegando a ser mayor que el peso propio de la misma válvula, por lo tanto la válvula se cierra como se muestra en la figura.

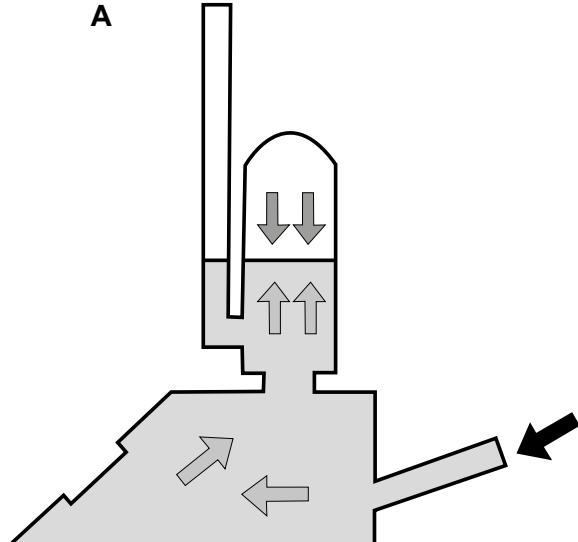
Debido a este cierre repentino de la válvula, el movimiento de la columna de agua dentro del tubo de propulsión está bloqueado. Este cambio de movimiento, resulta al aumentar la presión del agua dentro de la cámara de válvulas. Cuando esta presión llega a ser mayor que la presión encima de la válvula de entrega, ésta se abre. El agua entra rápidamente a la cámara de aire, desde la cámara de válvulas y fluye hacia arriba por el tubo de entrega.

Con la salida del agua hacia arriba, la presión dentro de la cámara de válvula disminuye gradualmente hasta llegar a ser menos que la presión de la columna de agua en el tubo de entrega, entonces la válvula de entrega se cierra obstruyendo el contraflujo del agua hacia abajo. Sin embargo, en la práctica, hay una cierta cantidad de contraflujo de agua hacia la cámara de válvulas antes que la válvula de entrega se cierre. El agua que viene del tubo de propulsión choca con esta agua dentro de la cámara de válvulas rebotándose hacia atrás, hasta cierto punto.

Esto produce temporalmente un vacío parcial en la misma cámara, debido a este rebote de agua. Entonces la presión dentro de la cámara de válvulas cae por debajo de la presión atmosférica y por lo tanto la presión atmosférica empuja la válvula de alivio hacia adentro abriendola.

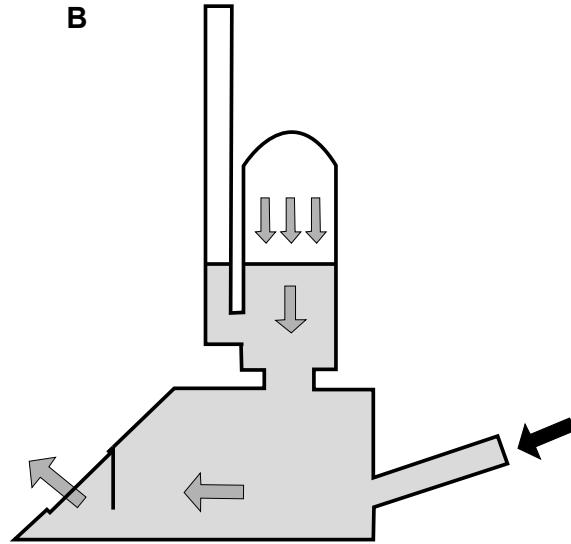
Esto permite el flujo de agua dentro del tubo de propulsión de nuevo y el ciclo se repite.

A



Válvula de alivio en estado cerrado

B

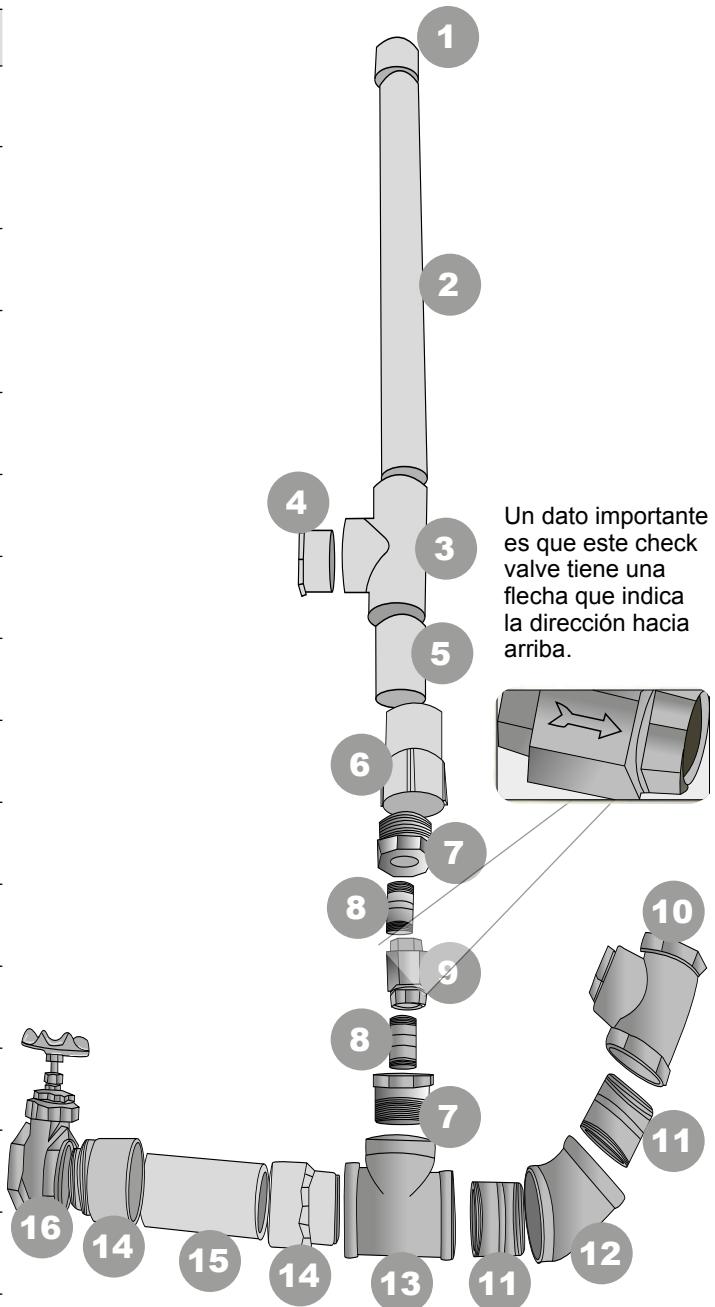


Válvula de alivio en estado abierto

Pasos para armar la bomba ariete tipo chapaleta

Para armar la bomba, seguir el siguiente esquema:

Nombre del material	Cantidad
1 Tapón de 2"	1
2 Pedazo de tubo de PVC de 2" de ancho y 2 pies de largo.	1 pedazo de 10 pies
3 T de PVC de 2"	1
4 Reducción de PVC de 2" a 1".	1
5 Pedazo de tubo de PVC de 2" de ancho y de 3" de largo.	1
6 Unión con rosca de PVC de 2".	1
7 Reducción de hierro de 2" a 1".	2
8 Niples de hierro o uniones de 1".	2
9 Check valve de bronce de 1".	1
10 Válvula de bronce de 2".	1
11 Niple o unión de hierro de 2".	2
12 Codo de hierro de 45 grados y 2".	1
13 T de hierro de 2".	1
14 Adaptación macho de PVC de 2".	2
15 Pedazo de tubo de PVC de 2" de ancho y 4" de largo.	1
16 Llave de paso de bronce de 2".	1



Observaciones:

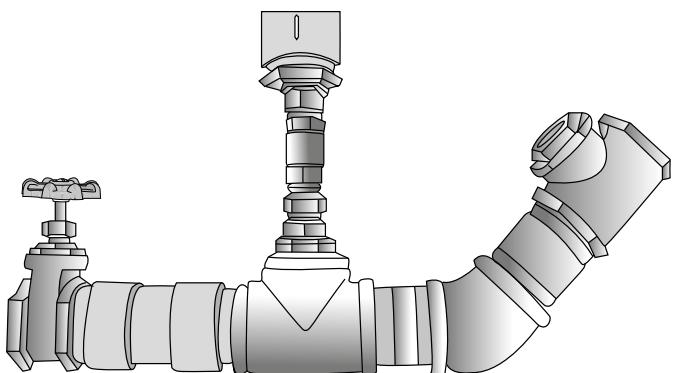
- A todas las partes de PVC se les coloca pega para PVC.
- Las partes de hierro unidas con PVC se les coloca teflón para evitar fuga.
- Todas aquellas partes que llevan rosca deben ser ajustadas con una llave de tubo.

Pasos para hacer funcionar la bomba ariete

- 1 Confirmar que todos los tornillos alrededor de la bomba estén bien apretados
- 2 Poner un puczón para evitar la entrada de basura al sistema de tuberías.



- 3 Confirmar que el flujo de agua a través del tubo de propulsión sea constante.
- 4 Poner una cuña a la válvula de alivio para mantenerla abierta y luego abrir despacio la llave para quitar la basura que haya quedado en el cuerpo de la bomba (la cámara de válvula) y el aire del tubo de propulsión. Luego cerrar la llave y quitar la cuña.



- 5 Abrir nuevamente la llave para llenar la bomba y encontrar su nivel en el tubo de entrega.
- 6 Verificar que no haya fuga de agua en los tubos.
- 7 Abrir la llave hasta que la válvula de alivio se cierre de pronto y automáticamente se abra de nuevo. La bomba debe seguir operando por sí misma. Si no lo hace haga lo siguiente:

Nota 1:

Llenar el sistema de entrega manualmente hasta encontrar su nivel propio en el tubo de entrega.

**Nota 2:**

Empuje hacia abajo la válvula de alivio con el dedo para abrirla. El agua va a salir de ella cada vez más rápidamente. Mantenga el dedo en la válvula (sin empujarla), hasta que se cierre por sí misma. Cuando esto ocurre, empújela inmediatamente hacia abajo para abrirla de nuevo.

**Recomendaciones:**

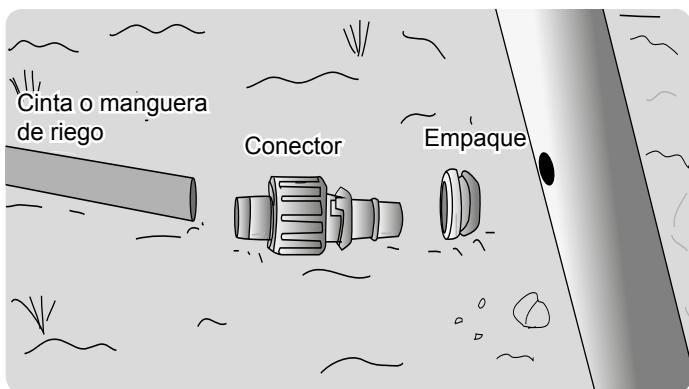
- Si se ha seguido los pasos antes explicados y todavía tiene problemas en poner a andar la bomba, revise los siguientes puntos:
 1. Verificar minuciosamente que no haya fuga de agua en el sistema (Bomba, tubo de propulsión y tubo de entrega)
 2. Volver al paso 4 para hacer funcionar la bomba. Aún pequeñas bolsas de aire en el tubo o cámara pueden impedir el funcionamiento de la bomba
 3. Quitar la válvula de entrega y verificar que está instalada correctamente.

Anexo 7: Riego por goteo artesanal

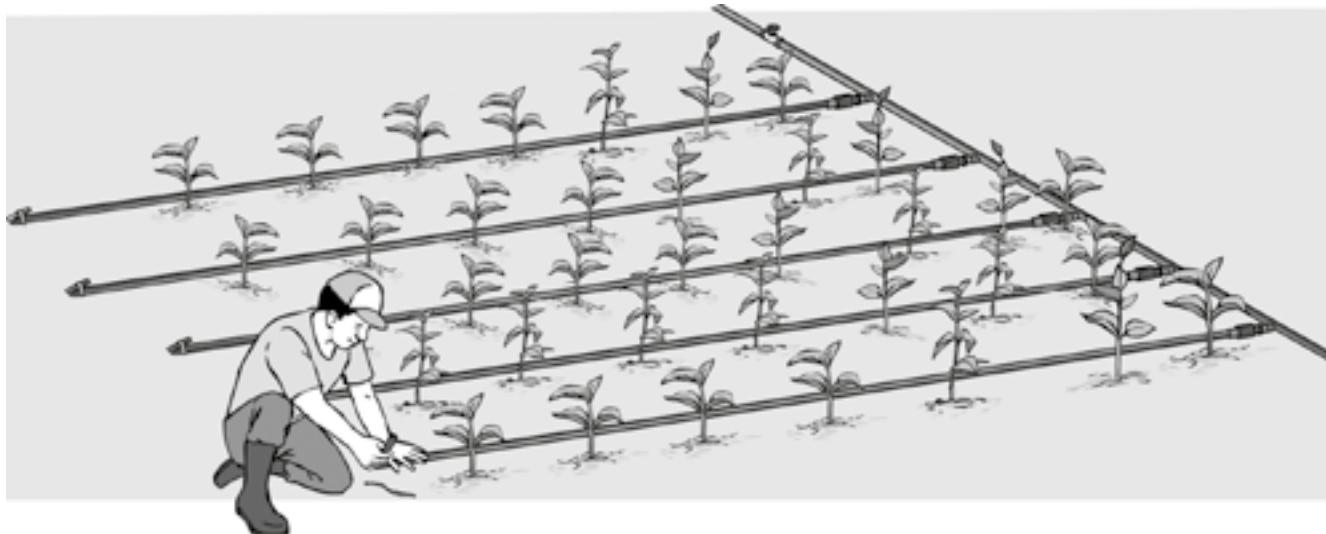
- 1** Hacer perforaciones en la tubería. Cada perforación depende de la distancia del rubro que cultiva.



- 2** Instalar las piezas para el sistema de riego por goteo de la siguiente manera:

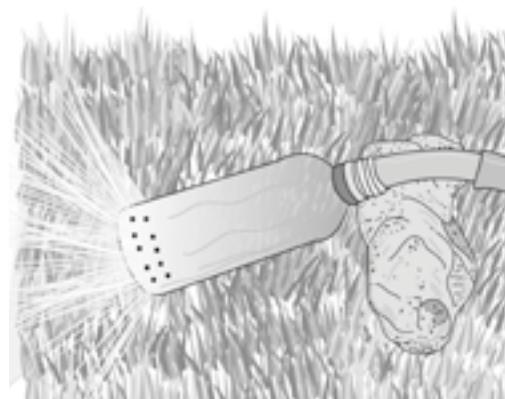
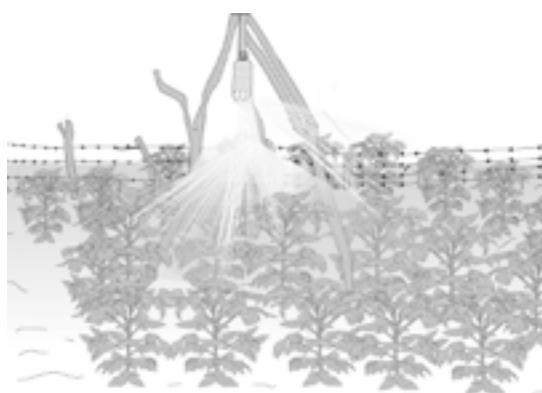
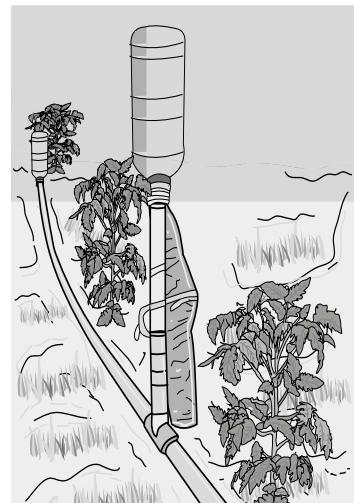
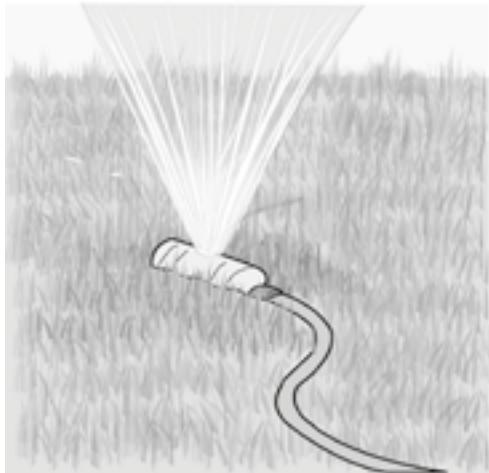


- 3** Distribuir la cinta o manguera de riego hasta el otro extremo de la parcela y cortar, hacer un doblez y sujetarlo con presión con una banda de hule.



Anexo 8: Riego casero

Hay varios tipos de riego por aspersión casero, se seleccionan dependiendo del uso y condición económica:



Instalación de los aspersores:

- 1** Hacer perforaciones finas (con un pin) en el cuerpo de la botella desechable para originar un riego en forma de lluvia.



- 2** Instalar los aspersores como se indica en la imagen.



GLOSARIO

Acequia (pág. 38, 46, 75, 79, 86, 107): es un canal por donde se conducen las aguas para regar.

Acuíferos (pág. 71, 72): el término acuífero es utilizado para hacer referencia a aquellas formaciones geológicas en las cuales se encuentra agua y que son permeables permitiendo así el almacenamiento de agua en espacios subterráneos.

Adenosín Difosfato (ADP) (pág. 105) es un compuesto químico formado por un nucleósido y dos radicales fosfato (fosforo) unidos entre sí.

Adenosín Trifosfato (ATP) (pág. 105): constituye una forma de almacenar y producir energía en compuestos o enlaces de alto valor energético.

Antagonismo (pág. 21, 100 - 104): efecto contrario o negativo.

Arquetas (pág. 86): casilla o depósito para recibir el agua y distribuirla.

Biomoléculas (pág. 100): son las moléculas constituyentes de los seres vivos.

Calicata (pág. 7,33): es el agujero que se hace en el suelo con el propósito de ver los diferentes horizontes de suelos que hay bajo la planta.

Cárcava (pág. 31, 46, 48, 108): incisión o zanja profunda en el terreno, con taludes abruptos e inestables, procede de una erosión severa y requiere de medidas especiales para su control.

Cota (pág. 93): en topografía se considera a la altura del terreno en un punto.

Edáfico (pág. 7, 14): del suelo o relativo a él, especialmente en lo que se refiere a las plantas.

Feldespato (pág. 15): son un grupo de minerales que corresponden en volumen como al 60% de la corteza terrestre. Es un componente esencial de muchas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Fertiriego (pág. 92): aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos por los sistemas de riego, creando un agua enriquecida con nutrientes.

Fitopatógenos (pág. 24): son organismos, en general microorganismo, que causa enfermedades en las plantas por medio de disturbios en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias.

Lixiviación (pág. 25, 32, 58, 63): arrastre de los elementos minerales hacia los estratos inferiores del suelo, en donde las plantas no los pueden aprovechar para su nutrición.

Macollamiento (pág. 40, 102): unidad estructural de la mayoría de las especies de gramíneas.

Nivel freático (pág. 93, 94): superficie de agua presente en el suelo, la cual marca el límite entre el suelo saturado y el suelo no saturado.

Ósmosis (pág. 103): es un fenómeno físico relacionado con el movimiento de un solvente a través de una membrana semipermeable, sin gasto de energía. La ósmosis del agua es un fenómeno biológico importante para el metabolismo celular de los seres vivos.

Percolación (pág. 23, 40, 85): se refiere al paso lento de fluidos a través de materiales porosos.

Permeabilidad (pág. 8, 26, 72): es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.

Rocas ígneas (pág. 1): son rocas de origen volcánico, se forman cuando el magma (roca fundida) se enfriá y se solidifica.

Rocas metamórficas (pág. 1): son rocas que se forman a partir de otras mediante un proceso llamado metamorfismo. El metamorfismo se da indistintamente en rocas ígneas, rocas sedimentarias u otras rocas metamórficas, cuando éstas quedan sometidas a altas presiones, altas temperaturas o a un fluido activo que provoca cambios en la composición de la roca, aportando nuevas sustancias a ésta.

Rocas sedimentarias (pág. 1): son rocas que se forman por acumulación de sedimentos, los cuales son partículas de diversos tamaños que son transportadas por el agua o el aire, y sometidas a procesos físicos y químicos, y dan lugar a materiales consolidados. Las rocas sedimentarias pueden formarse a las orillas de los ríos, en el fondo de barrancos, valles, lagos, mares, y en las desembocaduras de los ríos.

Sinergia (pág. 21, 100 - 102): fenómeno o hecho por el cual actúan en conjunto, varios factores, o varias influencias, creando así un efecto más grande que el que hubiera podido esperarse dado por la suma de los efectos de cada uno, en caso que hubieran operado independientemente.

Sodicidad (pág. 107): alto contenido de sodio intercambiable en los suelos y bajo nivel de sales solubles. El exceso de Sodio intercambiable tiene efecto adverso sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo. Su resultado se traduce en reducción en los rendimientos de cultivos. En los suelos sódicos, las partículas de arcilla tienden a separarse.

Toxicidad (pág. 17, 55, 103): es la capacidad que tienen las sustancias de perjudicar a un organismo vivo.

Prácticatura (pág. 107,108): es el conjunto de prácticas y disciplinas encaminadas a la producción y aprovechamiento de la hierba para alimento del ganado.

Punto de marchitez (pág. 84, 85, 96): contenido de humedad del suelo, por debajo del cual, las hojas de las plantas que crecen en el mismo adquieren una marchitez permanente. Por debajo de la cual las plantas no pueden extraer la que precisa y pierden su turgencia.

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 1: Clasificación de la estructura del suelo	8
Tabla 2: Características del suelo según su color.....	14
Tabla 3: Niveles de pH y características	17
Tabla 4: Tasa de aplicación de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para disminuir pH del suelo (kg/Mz).....	18
Tabla 5: Macronutrientes y micronutrientes esenciales para la planta	19
Tabla 6: Movilidad de algunos nutrientes en la planta	22
Tabla 7: Unidades de medida comunes en los resultados del análisis de los suelos.....	28
Tabla 8: Características de la tipología de productores	37
Tabla 9: Distancias de curvas a nivel según la pendiente..	44
Tabla 10: Calendario del cultivo del pasto y establecimiento de pastoreo.....	50
Tabla 11: Intervalos de tiempo para poder sembrar en la misma área/terreno.....	52
Tabla 12: Especies de abonos verdes recomendados.....	62
Tabla 13: Condiciones adecuadas para las lombrices	66
Tabla 14: Características principales de algunos tipos de bombas para extracción de agua	87
Tabla 15: Capacidad de extracción del agua según su profundidad.....	88

Figuras

Figura 1. Factores de formación del suelo respecto al tiempo	4
Figura 2. Porcentaje de los componentes de un suelo ideal	5
Figura 3. Triángulo textural	9
Figura 4. Mecanismo del intercambio catiónico	15
Figura 5. Escala del pH.....	16
Figura 6. Porcentaje de macronutrientes y micronutrientes contenidos en las plantas	19
Figura 7. Funciones de los macro y micronutrientes en la planta	20
Figura 8. Antagonismo y Sinergia de absorción entre los elementos	21
Figura 9. Relación entre ph del suelo y disponibilidad de nutrientes para la planta	22
Figura 10. Ciclo de la descomposición de la materia orgánica	25
Figura 11. Caracterización de los sistemas de producción.	38
Figura 12. Diseño de barreras muertas	47
Figura 13. Diques de piedra.....	48

Figura 14. Diques de madera.....	48
Figura 15. Terrazas de banco	49
Figura 16. Terrazas individuales	49
Figura 17. Ejemplo de rotación y asocio de cultivos	51
Figura 18. Ventajas de las barreras de valeriana (vetiver) ..	54
Figura 19. Árboles dispuestos en hilera como cortina rompe vientos	54
Figura 20. Cambio de temperatura y modelo de volteo	64
Figura 21. Diferencias de erosión del suelo por vegetación	70
Figura 22. Destino del agua de lluvia (evaporación, infiltración, escorrentía)	70
Figura 23. Diferencia de infiltración del agua por vegetación	71
Figura 24. Clasificación de los acuíferos según su estructura.....	72
Figura 25. Aguas subterráneas para consumo animal y riego desde el punto de vista productivo	73
Figura 26. Almacenamiento en pila	74
Figura 27. Almacenamiento en cisterna tipo tinaja	74
Figura 28. Almacenamiento en tanque de plástico	74
Figura 29. Micropresa desmontable utilizando palos, rastrojos y plástico	75
Figura 30. Ejemplos de micropresa desmontable	76
Figura 31. Depósitos de agua formados artificialmente	76
Figura 32. Terrazas de formación lenta utilizando barreras muertas	78
Figura 33. Captación de agua por bacheo	78
Figura 34. Regeneración natural	80
Figura 35. Tanque de captación de agua con cercado de púas	81
Figura 36. Disponibilidad del agua en el suelo y el crecimiento de las plantas	84
Figura 37. Movimiento del agua en el suelo. La capacidad de campo menos el punto de marchitez es la cantidad de agua disponible para las plantas.	85
Figura 38. Ejemplo de redes de distribución de agua	86
Figura 39. Extracción del agua con bomba de mecate usando diferentes métodos.	88
Figura 40. Sistema de una bomba ariete	89
Figura 41. Tipos de irrigación superficial.....	90
Figura 42. Tipos de irrigación por aspersión	91
Figura 43. Ejemplos de microirrigación	92
Figura 44. Ejemplo de distribución de agua con diferentes canales de distribución	94

PARA SABER MÁS

<http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/publication.html>

http://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/data_01.html

http://www.green.go.jp/green/gyoumu/kaigai/manual/bolivia/01technical_manual/spanish/vol02.pdf

http://www.green.go.jp/green/gyoumu/kaigai/manual/bolivia/01technical_manual/spanish/vol03.pdf

http://passthrough.fwnotify.net/download/155011/http://www.green.go.jp/green/gyoumu/kaigai/manual/bolivia/01technical_manual/spanish/vol04.pdf

Proyecto de Desarrollo Rural (PRODES), 2002. Metodología para facilitar la interpretación de análisis de suelo.

<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>.

<http://www.fagro.edu.uy/edafologia/curso/Curso%2014/Material/fisicas.pdf>

http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/equipo/carlosperdomo_archivos/Conversiones.html

http://sopocal.cl/imagenes/pdf/manual_agricola4.pdf.

http://www.icb.uncu.edu.ar/upload/Nutricion_mineral_1.pdf

<http://www.smart-fertilizer.com/dosis-aplicacion-fertilizantes>

<http://www.oriusbiotecnologia.com/los-microorganismos-del-suelo-en-la-nutricion-vegetal>.

http://dataoteca.unad.edu.co/contenidos/30160/leccin_5_clases_agrolgicas_del_suelo_land_capability_classification.html

UNAN, México. Manual de procedimientos analíticos, laboratorio de física de suelos.

Universidad de Chile (2204). Edafología: guía de clases prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, C. Conocimientos básicos de suelo para el manejo de Sistemas Agroforestales, RACS, Nicaragua. 2013.

CATIE y World Vision, Manual de manejo de cuencas, San José Costa Rica.

INATEC y PASOLAC. Conservación de suelo y agua: manual para el estudiante, Managua, Nicaragua, 2007. Unidades 1 – 4.

INATEC y PASOLAC. Guía para la evaluación de suelos, Managua, Nicaragua, 2008.

INATEC y PASOLAC. Manual para el estudiante: Edafología, Managua, Nicaragua, 2007.

IICA, Tecnología de bajo costo. Guía de conservación de suelo y agua, Darwin Granda, Managua, Nicaragua, Enero 2013.

<http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/publication.html>

INTA, Guía tecnológica para la captación y almacenamiento de agua - 2011.

INTA, Cartilla paso a paso riego por goteo – 2013.

MAGFOR, INETER. Nicaragua: uso potencial de la tierra en Nicaragua, Compendio de mapas, Managua, Nicaragua, 2010.

Núñez, J. Fundamentos de edafología, segunda edición, EUNED, San José, Costa Rica, 1998.

Proyecto de Desarrollo Rural (PRODES), 2002. Metodología para facilitar la interpretación de análisis de suelo.

Suárez, G. Florido R. Soto F. y Caballero A. Bases para la zonificación agroecológica en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*, Lin) por medio del criterio de expertos, 2013.

<http://www.inea.org>, zonificación agroecológica.

<http://www.agroes.es/agricultura/el-suelo/147-capacidad-de-campo-del-suelo-agricultura>.

Guía Técnica del FRAG, Equipos de Bombeo Mecánico 1, Riego por Aspersión 1, Riego por Goteo.

http://www.ecured.cu/index.php/Riego_por_Aspersi%C3%B3n.

Síntomas causados por deficiencia de nutrientes en el maíz



Deficiencia de Cu



Deficiencia de K



Deficiencia de N



Deficiencia de Mg



Deficiencia de P



Deficiencia de Zn



Deficiencia de Mn



Deficiencia de B

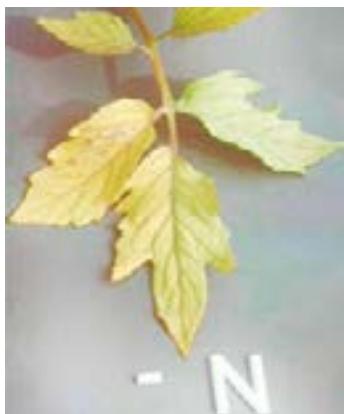


Deficiencia de Fe



Deficiencia de Ca

Síntomas causados por deficiencia de nutrientes en el tomate



Deficiencia de N



Deficiencia de P



Deficiencia de K



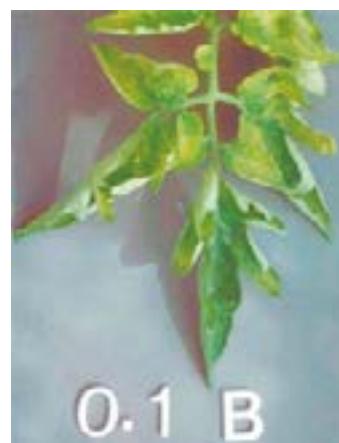
Deficiencia de S



Deficiencia de Mg



Deficiencia de Fe



Deficiencia de B



Deficiencia de Ca



Deficiencia de Ca



Deficiencia de Zn



Deficiencia de Cl

Síntomas causados por deficiencia de nutrientes en el repollo



Deficiencia de Zn

Deficiencia de N

Deficiencia de P



Deficiencia de Cu

Deficiencia de k

Deficiencia de Mg



Deficiencia de Mn

Deficiencia de Fe

Deficiencia de Ca



Deficiencia de B

Síntomas causados por deficiencia de nutrientes en la chiltoma



Deficiencia de N



Deficiencia de P



Deficiencia de K



Deficiencia de Mg



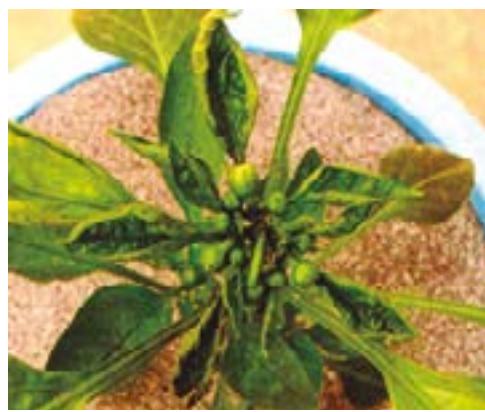
Deficiencia de Fe



Deficiencia de B



Deficiencia de Ca



Deficiencia de Cu



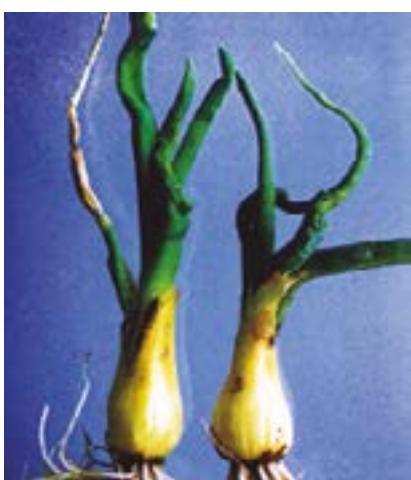
Deficiencia de Ca

Síntomas causados por deficiencia de nutrientes en la cebolla

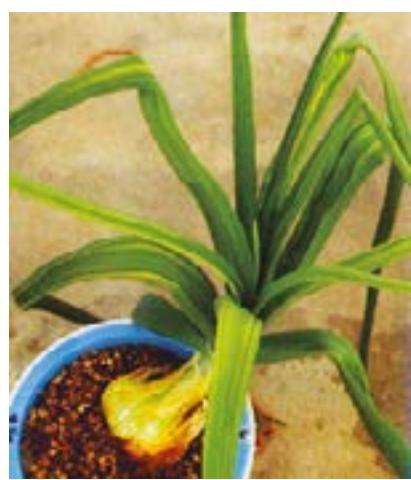


Deficiencia de N Deficiencia de P

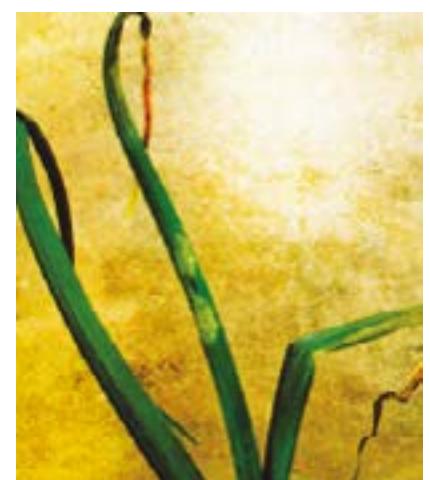
Deficiencia de K



Deficiencia de B



Deficiencia de Fe



Deficiencia de Ca



Deficiencia de Ca

Fuente:

- INTA 2010
- Ing. Yukoh Okabayashi (JICA)

