



Manual Conservación de Suelos



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en América Central



República de Honduras
Secretaría de Educación



Manual Conservación de Suelos

CRÉDITOS:

Contenido Técnico: Mario Raudes y Norman Sagastume

**Revisión técnico
pedagógica:**

Zamorano: Alfredo Rueda, Yordana Valenzuela, Ernesto Garay

Secretaría de Educación: Hector Martinez, Alba Consuelo Talavera Bermudez, Vicente Caballero, Celia Aida Fiallos López, José Ochoa, Renys AbenerTorres Lopez y Claudia Elena Oviedo Zuniga, Lesbia Argentina Ramirez Lara, Lone Mejía, Ricardo Enrique Padilla

Edición: Abelino Pitty

**Producción,
arte y diseño:** Darlan Esteban Matute López

2009 Escuela Agrícola Panamericana,
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
El Zamorano, Honduras, Centroamérica

DERECHOS RESERVADOS

Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, El Zamorano, Honduras. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra con fines educativos y no de lucro, sólo se requiere citar la fuente.

Raudes, M., Sagastume, N. 2009. Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.

Septiembre 2009

PRESENTACIÓN

La transformación de la educación Media surge como una necesidad originada en los avances científicos, tecnológicos y de demanda laboral de los últimos tiempos.

Debido a esto, la Secretaría de Educación consciente de las exigencias que impone el mundo actual, ha iniciado esa transformación a través de un nuevo diseño curricular, destinado a la educación técnica profesional que facilita a los egresados la adquisición de los conocimientos, habilidades y destrezas, necesarias para el desarrollo de las competencias requeridas, tanto en el mercado de trabajo como para el acceso a la educación superior.

Tomando como punto de partida esas exigencias del mundo actual, con esta nueva modalidad curricular se han diseñado los planes y programas de estudio de quince Bachilleratos Técnicos Profesionales, entre los cuales se encuentra el BACHILLERATO TÉCNICO PROFESIONAL EN AGRICULTURA; y como apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje en esta modalidad, el Departamento de Diseño Curricular a través de la Unidad de Educación Media, conjuntamente con la Escuela Agrícola Panamericana mediante los programas PROMIPAC y PASOLAC, han diseñado para docentes y estudiantes el presente material didáctico, el cual ha sido estructurado a partir de los contenidos conceptuales y actitudinales que presentan los planes de estudio de este Bachillerato Técnico Profesional.

La Secretaría de Educación, consciente de la necesidad de dotar con recursos didácticos a los centros educativos, implementa este texto, para fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje, en cada uno de los institutos que sirven la carrera del Bachillerato Técnico Profesional en Agricultura.

Esperamos que este material llene las expectativas de docentes y alumnos, y se convierta en el instrumento por medio del cual los estudiantes adquieran las competencias necesarias, a través del desarrollo de los contenidos curriculares que se presentan en este texto.

Santos Elio Sosa Miranda
Secretario de Educación

PRESENTACIÓN

Las diferentes formas de degradar la tierra (como la erosión y la contaminación) podrían privar al mundo de un tercio de las tierras cultivables hacia finales de este siglo. El valor (económico y social) del suelo irá en aumento debido a que este es un recurso finito y la población está en crecimiento.

Muchas de las malas prácticas para con el suelo son realizadas en el ámbito de la agricultura, es por eso que se centra en esta, buena parte de los esfuerzos para evitar dicha degradación. Actualmente, la introducción de técnicas de agricultura de conservación supone una alternativa más respetuosa con el medio ambiente.

Por todo lo anterior, desde 1993 PASOLAC ha dirigido esfuerzos hacia los aspectos técnicos y metodológicos de la conservación de suelos, principalmente entidades que trabajan en laderas. A través de los años de trabajo se compilado y generado información parte de la cual está siendo compartida a través de este manual.

PASOLAC, percibe el componente de educación como un pilar para la generación del cambio en el sector agrícola, es por esa razón, que junto con la secretaría de educación de Honduras, se elaboró este manual cuyo objetivo es brindar conocimiento en conservación de suelo a jóvenes y docentes de diferentes institutos técnicos agrícolas del país.

Con gusto se presenta dicho manual para que sea utilizado de tal forma, que contribuya a que los suelos del país sean preservados para futuras generaciones.

PASOLAC-Honduras

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
UNIDAD I. AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LADERAS	13
UNIDAD II. CONCEPTOS BÁSICOS DE MANEJO DE SUELOS Y AGUA	
El suelo	15
Origen de los suelos	15
Meteorización	16
UNIDAD III. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	19
Color	19
Textura del suelo	20
Estructura del suelo	23
Profundidad del suelo	23
Capacidad de infiltración	25
Drenaje de agua	28
Pedregosidad	28
Fertilidad del suelo	28
Acidez del suelo	29
UNIDAD IV. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO	
Concepto	33
Humus	33
Beneficios	33
UNIDAD V. ECOLOGÍA DEL SUELO Y CALIDAD AMBIENTAL	
Concepto	35
Fauna	35
Flora	36
UNIDAD VI. DIAGNÓSTICO DE SUELOS	
Concepto	37
La muestra	38
La calicata	47
UNIDAD VII. PÉRDIDA DE SUELO: LA EROSIÓN	
Concepto	49
Tipos y formas de erosión	49
UNIDAD VIII. MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS	53
UNIDAD IX. PENDIENTE: INCLINACION DEL SUELO	
Concepto	57
Método de medición	57
UNIDAD X. EL NIVEL "A"	
Concepto	59
Importancia y funciones	59
Tipos de nivel "A"	59
Línea madre	57
Curvas a nivel y desnivel	64
Beneficios	64
UNIDAD XI. TÉCNICAS DE CONSERVACION Y MEJORAMIENTO DEL SUELO	
Barreras vivas	69
Barreras muertas	69
Acequias a nivel	70
Acequias a desnivel	70
Terrazas	70
Glosario	71
Referencias bibliográficas	75

ÍNDICE DE PRÁCTICAS:

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN LA FINCA:

No. 1. Textura del suelo	21
No. 2. Capacidad de infiltración de agua en el suelo	26
No. 3. pH del suelo	30
No. 4. Materia orgánica en el suelo	34
No. 5. Toma de muestras de suelo en el campo	41

CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELO:

No. 6. Construcción del nivel "A"	60
-----------------------------------	----

OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

No. 7. Pendiente, trazo de línea madre, curvas a nivel y desnivel, etc.	66
---	----

ÍNDICE DE: FIGURAS:

Fig. 1. Composición de un suelo.	16
Fig. 2. Representación de la tabla Munsell.	19
Fig. 3. Diferentes texturas de suelo.	20
Fig. 4. Porcentaje de arena, limo y arcilla en diferentes texturas de suelo.	20
Fig. 5. Profundidad del suelo.	23
Fig. 6. Aplicaciones prácticas de la estructura del suelo.	24
Fig. 7. Capacidad de infiltración de agua.	25
Fig. 8. Capacidad de infiltración de agua en suelo poroso.	25
Fig. 9. Drenaje de agua.	28
Fig. 10. Pedregosidad en la parcela.	28
Fig. 11. Fertilidad del suelo.	28
Fig. 12. Acidez del suelo.	29
Fig. 13. Áreas para toma de submuestras.	42
Fig. 14. Sitios de toma de submuestras.	42
Fig. 15. Barreno.	43
Fig. 16. Tubo Hoffer.	43
Fig. 17. Pala de espada.	43
Fig. 18. Mezclar bien las sub-muestras.	44
Fig. 19. Erosión hídrica.	49
Fig. 20. Erosión eólica.	49
Fig. 21. Formas de erosión hídrica.	50
Fig. 22. Protección de la superficie del suelo.	53
Fig. 23. Reducción del largo de pendiente del suelo.	54
Fig. 24. Reducción de la inclinación de la pendiente del suelo.	55
Fig. 25. Métodos de medición del suelo.	57
Fig. 26. Tipos de niveles "A".	59
Fig. 27. Materiales y herramientas para la construcción del nivel "A".	60
Fig. 28. Construcción del nivel "A".	61
Fig. 29. Ubicación del travesaño del nivel "A".	61
Fig. 30. Amarre de la plomada.	62
Fig. 31. Calibrado del nivel "A".	62
Fig. 32. Nivelado de estacas y prueba de la plomada.	62
Fig. 33. Pasos para la determinación de la línea madre.	63
Fig. 34. Curvas a nivel.	64
Fig. 35. Cálculo de pendientes.	68
Fig. 36. Barreras muertas.	69
Fig. 37. Terrazas.	70

CUADROS:

1. Elementos que forman la corteza terrestre.	16
2. Cantidad de arena, limo y arcilla presente en el suelo de suelo.	20
3. Formas para determinar textura de suelo.	22
4. Profundidad aproximada de la zona principal de las raíces absorbentes de diversos cultivos hortícolas sembrados en un suelo de textura media (franco).	24
5. Medición de la capacidad de infiltración del suelo.	27
6. Relación de la clase textural del suelo con la tasa de infiltración.	27
7. Diagrama de disponibilidad de nutrientes, actividad de las bacterias y hongos benéficos según el pH en el suelo.	31
8. Reacción del suelo rico en MO	34
9. Distanciamiento entre las obras físicas de conservación de suelos según la pendiente.	58

COMPETENCIA

Aplicar técnicas de conservación y mejoramiento de suelos, para la producción agrícola.



EXPECTATIVAS DE LOGRO:

1. Valorar la importancia de la conservación y mejoramiento de suelos para la producción agrícola y la aplicación de las medidas de seguridad e higiene.
 2. Describir el proceso de realización de diferentes prácticas de conservación y mejoramiento de suelos, considerando las medidas de seguridad e higiene.
 3. Realizar prácticas de conservación y mejoramiento de suelos para la producción agrícola, de acuerdo a las condiciones de la zona y al tipo de suelo, aplicando las medidas de seguridad, higiene y salud ocupacional.
-
-

INTRODUCCIÓN

Foto 1. Suelo fértil.



El módulo de Herramientas de Enseñanza para la Conservación de Suelos y Agua, de PASOLAC-COSUDE-ZAMORANO-SEDUC, que a continuación se presenta, es un recurso educativo que será utilizado por estudiantes y docentes del Bachillerato Técnico con Orientación en Agricultura. En el mismo, se podrá encontrar información de consulta y prácticas agrícolas de fácil establecimiento, las cuales responden al nuevo currículum de educación media en la modalidad técnico profesional.

En general, los países de Centro América, y Honduras en particular, se ven afectados por el problema de escasez de suelos para la producción de alimentos y materias primas.

Nuestros suelos productivos se están perdiendo o degradando por la erosión y malas prácticas de cultivo, lo que hace necesario notar la importancia y urgencia de lograr ser eficientes en el uso y manejo de nuestros suelos, con prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Es necesario resaltar la importancia y urgente necesidad de eficientar el uso de nuestros recursos. En general, los países de Latinoamérica se ven afectados por el problema de escasez de suelos productivos por lo que es necesario evitar que se sigan perdiendo o degradando por la erosión y por el mal manejo que se le da, esto con el propósito final de producir alimentos y materias primas para nuestro consumo de manera respetuosa con el medio ambiente.

Este módulo será utilizado como una herramienta para la implementación de prácticas de campo sencillas que conserven y hagan productivos nuestros suelos.



Fotos 2 y 3. Prácticas de conservación de suelos en laderas.

AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LADERAS

Según cifras de estudios realizados por el equipo técnico del Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC) las laderas de Honduras, El Salvador y Nicaragua ocupan entre el 60 y 80% de la superficie territorial de estos tres países. A pesar de su fragilidad ecológica, las laderas contribuyen significativamente a la economía de la región. El 75% de los cultivos anuales (granos básicos y hortalizas) y el 65% de cultivos perennes se producen en esas áreas.

Los suelos de las laderas de la región centroamericana han venido sufriendo procesos de degradación acelerada en los últimos 20 años, causados por tres fenómenos: la deforestación, la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos, esto debido a la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y agua, al sobre pastoreo y la precariedad de la tenencia de la tierra.

Usualmente, la valoración económica de las pérdidas causadas por fenómenos climáticos se ha limitado a sumar el valor de los cultivos e infraestructura productiva dañada como consecuencia de los mismos. Sin embargo, en muy pocos casos se ha reflejado el valor económico de los recursos naturales productivos perdidos: el suelo y el agua que tienen un valor económico y que son activos de la finca. Las pérdidas son también importantes y deberían ser contabilizadas.

La fragmentación e inseguridad del acceso a la tierra, la marginación y la pobreza, han conducido a los pobladores de las laderas a explotar estos recursos con métodos y tecnologías no adecuadas, que contribuyen a la degradación de estos recursos (suelos, aguas, bosques, biodiversidad).

Las poblaciones que habitan las laderas son también vulnerables y están expuestas a múltiples riesgos, por las condiciones físicas y el aislamiento, lo que les acarrea mayores riesgos de salud, consecuencias más severas de fracasos en cosechas, mayor deterioro en los términos de intercambio (por altos costos de transacción). Como resultado, amplios sectores de la población rural se encuentran en una situación de estancamiento y crisis. El

modelo de explotación extensiva de recursos naturales, con bajos niveles de productividad y poca integración en el mercado, está llegando a los límites de sostenibilidad. Las fronteras agrícolas en América Central, tradicional válvula de escape para la población campesina pobre, se está cerrando.

La agricultura sostenible en laderas (ASEL) consiste en sistemas de producción agrosilvopastoriles, cuyo objetivo mayor es una gestión más intensiva y sostenible de los recursos de las fincas, que permita reconstituir la fertilidad de los suelos y la conservación del agua para la producción agropecuaria. Así se puede lograr la seguridad alimentaria a largo plazo y constituir excedentes.

Como base de la economía rural en las zonas de laderas, es conveniente percibir la agricultura en términos de economía local y de pluriactividad. Solamente las economías locales toman en cuenta la dimensión de las comunidades y de las familias alrededor de las cuales se organiza la sociedad y cuya cohesión continúa siendo el mejor elemento de inserción, de eficiencia económica y de gestión de riesgo.



Fotos 4 y 5. Prácticas de conservación del suelo.

CONCEPTOS BÁSICOS DE MANEJO DE SUELOS Y AGUA

Con este módulo se pretende desarrollar algunos conceptos, prácticas y competencias de importancia para la toma de decisiones y recomendaciones en el manejo de los suelos y agua con fines agropecuarios.

Para el buen uso de este módulo se considera importante revisar algunos conceptos básicos en el marco de la Agricultura Sostenible en Laderas (ASEL).

EL SUELO

El suelo es la capa compuesta de materiales orgánicos y minerales que cubren la superficie terrestre, siendo un medio de crecimiento para las plantas superiores con diversas propiedades, como textura, estructura, acidez, las cuales influyen en la producción de plantas.

Desde el punto de vista de un pedólogo que estudia el suelo como un cuerpo natural, sin relacionarlo con la agricultura, el suelo es un cuerpo natural constituido por materia orgánica e inorgánica, diferenciado de una roca madre por varios horizontes de diferentes profundidades, con propiedades físicas, morfológicas, composición química y características biológicas particulares y diferentes entre sí.

ORIGEN DE LOS SUELOS

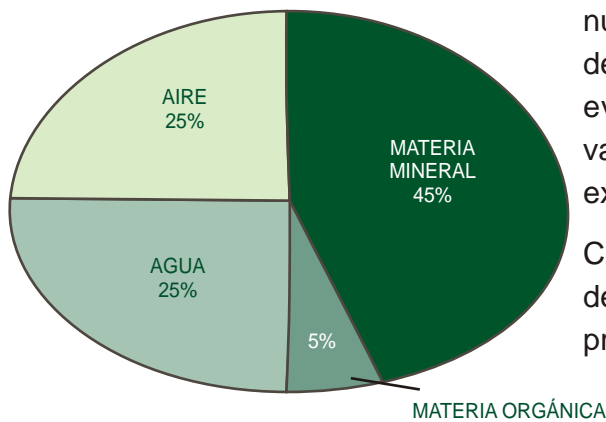
¿De dónde provienen los suelos? Los suelos se originan con la acumulación de material parental meteorizado y finamente dividido o separado de la roca madre, y que con su interacción con los organismos vivos se inicia entre ellos la fase constructiva de los procesos de formación del suelo. Así se van diferenciando las capas que descansan sobre el material parental, cada una con espesores que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros. Las características y el espesor de los suelos dependen de la intensidad con que actúen los procesos de formación, el tiempo que haya durado su acción y la resistencia del material original a sufrir esos cambios.

El suelo está formado de sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso. La porción sólida está constituida por materiales orgánicos, resultantes de las plantas y animales vivos o muertos, y de sus productos, y materiales inorgánicos o minerales, formados de los residuos de la descomposición de la roca madre.

La **parte orgánica** del suelo está formada de sustancias vivas y muertas, en las cuales se incluyen raíces de plantas, hongos, algas, bacterias, larvas de insectos, roedores. Estos son muy importantes por su capacidad de retención de nutrimentos y agua.

La **parte líquida** del suelo consiste en agua con cantidades variables de materia mineral, de anhídrido carbónico y oxígeno; debido a ella, los nutrientes penetran en las plantas para contribuir a su desarrollo.

Fig. 1. Composición de un suelo.
(Adaptado de Suárez, F. de C.)



La **parte gaseosa** del suelo también es muy importante; tanto las raíces de las plantas como un número considerable de microorganismos, que desempeñan un papel esencial en los procesos evolutivos del suelo, necesitan cantidades variables de oxígeno proveniente del aire para su existencia.

Como se observa en la Fig. 1, la mayor proporción del suelo está formada de materia mineral, la cual proviene de la descomposición de las rocas.

La corteza terrestre está cubierta de materiales sueltos no consolidados, los cuales constituyen el llamado “manto rocoso”, en cuya composición química participan los elementos enumerados en el Cuadro 1.

METEORIZACIÓN

Es un proceso mediante el cual se desintegra y descompone el manto rocoso formando el material parental del cual provienen los suelos.

La meteorización se clasifica en: **física, química y biológica**, según las fuerzas que en ella intervienen.

Meteorización física: es un proceso de desintegración mecánica del material original, en el cual se modifica la forma y tamaño del “manto rocoso”, pero sin alterar su composición. Puede ser causada por la acción de:

Cuadro 1. Elementos que forman la corteza terrestre.

Elementos	%
Oxígeno	46,4
Sílice	27,6
Aluminio	8,1
Hierro	5,1
Calcio	3,6
Magnesio	2,1
Sodio	2,8
Potasio	2,6
SUB TOTAL	98,3
Otros elementos (titanio, hidrógeno, fósforo, manganeso)	1,7

- a) La gravedad, por ejemplo un derrumbe
- b) El viento
- c) El agua (arrastra partículas, las mezcla o con su fuerza las rompe);
- d) La temperatura:
 - Con agua: cuando hay formación de hielo y al expandirse rompe las rocas.
 - En rocas: Exfoliación por contracción y expansión debido a cambios en la temperatura.

Meteorización química: es un proceso que descompone las sustancias complejas de las rocas en unas más simples, pudiendo ocurrir algunas pérdidas de masa en forma de solución o de gases. Se lleva a cabo a través de diversas reacciones, entre las cuales las más caracterizadas son: la oxidación y reducción, la carbonatación, la hidrólisis, la hidratación y la disolución.

Meteorización biológica: es el proceso causado por la interacción de seres vivos en el material parental, éstos pueden ser:

- a) **Inferiores:** hongos, algas, líquenes y otros que viven en la superficie de las rocas y las descomponen lentamente por:
 - Extracción de nutrientes
 - Absorción de silicio
 - Liberación de hidrógeno
 - Liberación de ácidos orgánicos en la rizósfera de algunas plantas, los cuales forman complejos con metales y por tanto destruyen la estructura del mineral.
- b) **Superiores:** son plantas que crecen en la superficie del suelo y tienen mucha influencia. Sus principales funciones son:
 - Absorben nutrientes disueltos y con ello conducen a que se disuelva más el suelo para mantener el equilibrio.
 - La presión ejercida por las raíces rompen las rocas.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

COLOR

El color del suelo se utiliza para clasificarlo, sirve como indicador de los minerales dominantes presentes en el mismo, además de las condiciones de drenaje, es indicador del contenido y estado de descomposición de la materia orgánica.

La herramienta que se utiliza para medir o determinar la coloración del suelo es la tabla Munsell, en ella se muestra una paleta con las diferentes tonalidades que puede tener el suelo y se utiliza comparando la muestra de suelo humedecida contra el color mostrado en la tabla.

Según su color, un suelo puede ser:

Rojo:

Se caracteriza por tener un buen drenaje, pasa mucho tiempo seco.

Amarillo:

Es suelo que pasa mucho tiempo húmedo, pero no inundado.

Amarillo con motes oscuros:

Pasa algún tiempo saturado, pero a veces drena.

Oscuro-gris:

No hay drenaje, pasa todo el tiempo saturado, cubierto con agua.

Gris pálido:

Es un suelo con poca presencia de materia orgánica, la cual está totalmente descompuesta.

Negro:

Suelo con un alto porcentaje de materia orgánica descompuesta, presencia de humus.

Café:

Es un suelo con alto contenido de materia orgánica no descompuesta.



Cuadro 2. Cantidad de arena, limo y arcilla presente en el suelo de suelo.

Partícula	Tamaño (mm)
Arena	2.0-0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	< 0.002

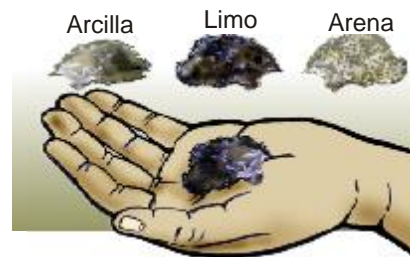


Fig 3. Diferentes texturas de suelo.

TEXTURA DEL SUELO

El tamaño relativo de las partículas de suelo se expresa en términos de la textura, que se refiere a la finura mayor o menor del mismo. En términos generales, la textura se refiere a la cantidad relativa de arcilla, limo y arena presentes en el suelo.

De la textura depende una serie de propiedades del suelo, siendo éstas: la facilidad de mecanización, susceptibilidad de la erosión, contenido y retención de nutrientes, y movimiento del agua y aire.

La textura del suelo es importante ya que influye en la adaptación ecológica de las prácticas biológicas de conservación de suelos y agua; es decir, que las especies y variedades se adaptan a una determinada textura del suelo. Ejemplo, la vida útil de las barreras vivas de piña es reducida en suelos arcillosos, mientras la caña de azúcar que prefiere suelos franco-arcillosos, hasta arcillosos, es más duradera.

Otra importancia radica en la selección de prácticas de conservación de suelos y agua que mantengan su efectividad en una textura de suelo. Los camellones de tierra, por ejemplo, son menos estables en suelos arenosos, mientras que la germinación de cultivos bajo siembra tapada, pueden ser muy reducida en suelos arcillosos.

Según el porcentaje de cada una de las partículas de arena, limo y arcilla que lo forman se puede clasificar siguiendo el siguiente gráfico.

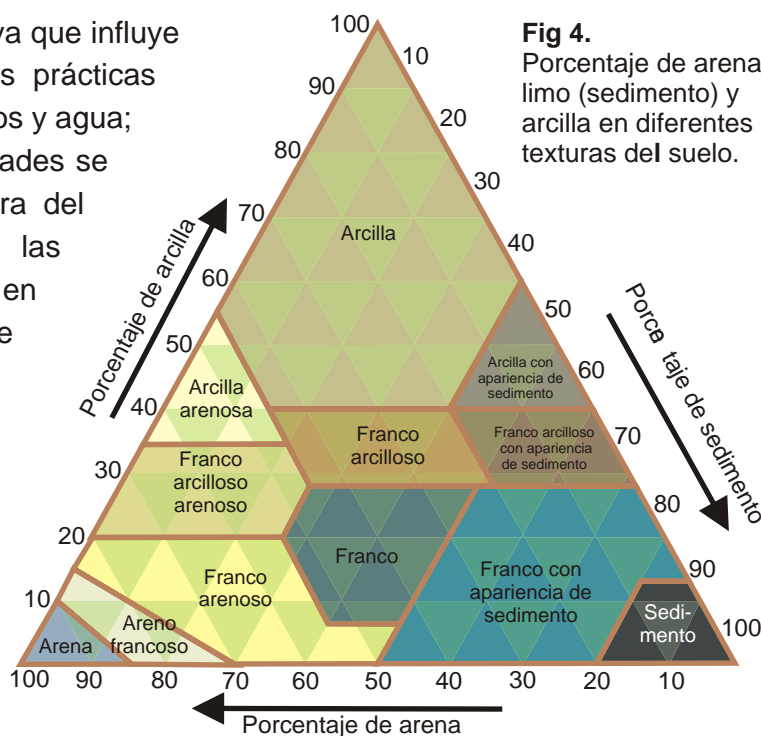


Fig 4. Porcentaje de arena, limo (sedimento) y arcilla en diferentes texturas del suelo.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN LA FINCA

TEXTURA DEL SUELO

Resumen:

Para poder determinar cualquier práctica promisorio de conservación de suelo y agua, es necesario conocer la textura del suelo del terreno donde se van a realizar las obras de conservación. No se debe hacer ninguna recomendación al respecto sin saber qué tipo de suelo tiene un terreno. Es un parámetro indispensable para la caracterización agroecológica de una finca.

Expectativas de logro:

- Conocen la utilidad de saber qué textura tiene el suelo en la parcela para la conservación de suelos y agua (CSA).
- Aplican un método fácil y práctico para determinar de forma aproximada la textura de un suelo.
- Diferencian entre suelo arcilloso, franco, arenoso y sus combinaciones por medio del tacto y formación de rollos de suelo húmedo.

Materiales y equipo:

- Suelo de diferentes tipos
- Gotero
- Libreta y lápiz carbón

Actividades sugeridas:

1. Toman una porción de suelo en la mano (aproximadamente del tamaño de una cucharada grande).
2. Agregan agua lentamente con un gotero.
3. Manipulan el suelo con la mano de menor destreza hasta que tome una consistencia pegajosa (la mano más usada es la menos sensible).
4. Manipulan el suelo hasta que toma forma de bola.
5. Tratan de formar algunas figuras con el suelo que se tiene.
6. Basado en el Cuadro 3 siguiente, proceden a clasificar el tipo de textura del suelo.
7. Registran los datos obtenidos.

Cuadro 3. Formas para determinar textura de suelo.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	FIGURA
Arenoso	El suelo permanece suelto y separado y puede ser acumulado sólo en forma de pirámide.	A 
Arena Franca	El suelo contiene suficiente limo y arcilla para volverse pegajoso y se le puede dar forma de bola que fácilmente se deshace.	B 
Franco Limoso	Parecido a arena franca, pero se le puede dar forma enrollándolo como un pequeño y corto cilindro.	C 
Franco	Contiene casi la misma cantidad de arena, limo y arcilla. Puede ser enrollado como cilindro de 6 pulgadas de largo aproximadamente, que se quiebra cuando se dobla.	D 
Franco Arcilloso	Parecido al franco, aunque puede ser doblado en forma de "U" sin excederse y no se quiebra.	E 
Arcilla Fina	El suelo puede tomar forma de círculo, pero mostrando grietas	F 
Arcilla Pesada	El suelo puede tomar forma de círculo sin mostrar ninguna grieta.	G 

Adaptado de: Agricultural Compendium for Rural Development in the Tropics and Subtropics.

ESTRUCTURA DEL SUELO

Es el tipo o la forma en que se agregan las partículas de suelo. Según el tipo de estructura, los suelos pueden ser:

- Laminar
- Prismático
- En bloque
- Esferoidales

En las capas de suelo, sólo una parte de la masa total del mismo está agregada. En donde no se presenta una agregación observable, ni un arreglo definido y ordenado de los agregados, se clasifica como un suelo sin estructura. Hay dos tipos de suelo sin estructura, los cuales son: el de granos individuales y el masivo.

Los suelos de granos individuales están conformados de partículas o granos finos que no se adhieren entre sí. Estos suelos son llamados suelos arenosos.

Si los suelos tienen cantidades considerables de arcilla labrada o pisoteada por animales, cuando están muy húmedos forman un suelo masivo, debido a que los espacios porosos se llenan de arcilla.



Fig. 5.
Aplicaciones prácticas de la estructura del suelo.

PROFUNDIDAD DEL SUELO

Es la longitud o distancia entre la superficie del suelo y la capa de roca madre, donde la raíz de la planta puede crecer y desarrollarse fisiológicamente.

Los suelos con una profundidad inferior a los 30 cm se califican como superficiales, los suelos que tienen una profundidad de 30-60 cm son moderadamente profundos y los suelos de más de 60 cm son profundos.

La profundidad del suelo influye en la selección de especies y variedades que puedan adaptarse en las parcelas de producción. Muchas especies no sobreviven largas épocas secas en suelos superficiales. En el caso de los cultivos en callejones con suelos superficiales, se observa una fuerte competencia entre raíces de árboles y raíces del cultivo.



Cuadro 4. Profundidad aproximada de la zona principal de las raíces absorbentes de diversos cultivos hortícolas sembrados en un suelo de textura media (franco).

Cultivo	Profundidad de la raíz absorbente	
	Pies	cm
Frijoles	2	60
Remolachas	3	90
Coles	2	60
Zanahorias	2	60
Pepinos	2	60
Uvas	4	120
Lechuga	1	30
Melones	3	90
Cebollas	1.5	45
Habichuelas	2.5	75
Papas	2	60
Fresas	1.5	45
Maíz dulce	2.5	75
Camotes	3	90
Tomates	3	90

CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO

Es la capacidad que tiene el suelo de permitir la entrada y la percolación del agua de lluvia.

El agua que no se puede infiltrar en el suelo forma parte de la escorrentía superficial. Un suelo con 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.



Fig. 7. Capacidad de infiltración de agua.

La capacidad de infiltración está directamente y de forma inversa relacionada con la escorrentía. En suelos con baja capacidad de infiltración se necesitan prácticas más fuertes para el control de la escorrentía. Por ejemplo, para barreras vivas se prefieren especies de zacates con buen macollamiento (alto desarrollo radicular), para formar barreras densas; y combinarlas con prácticas de Conservación de Suelo y Agua (CSA) que mejoren la infiltración en toda la parcela.

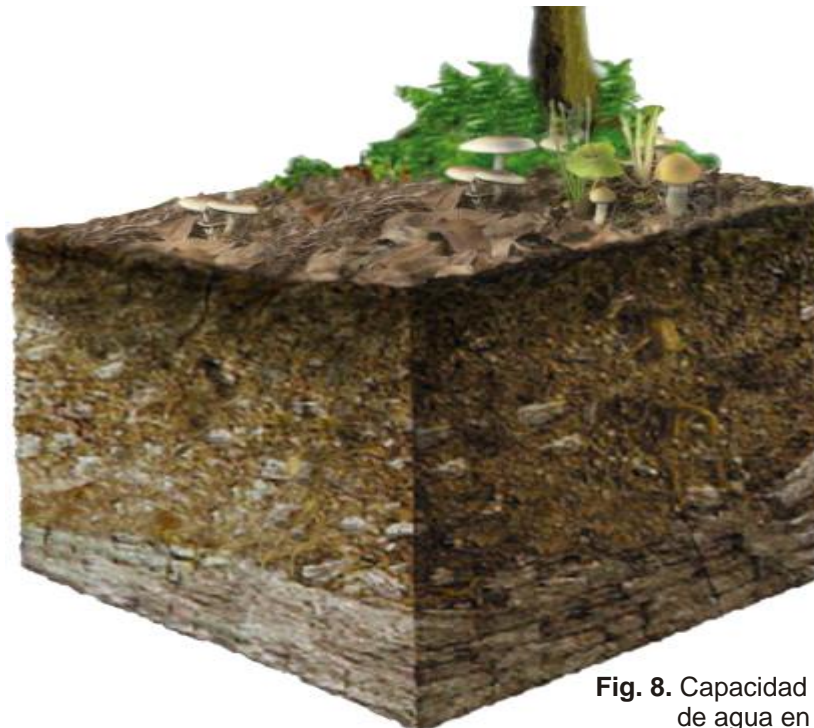


Fig. 8. Capacidad de infiltración de agua en un suelo poroso.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN LA FINCA

CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO

Resumen:

Para poder determinar cualquier práctica promisorio de conservación de suelo y agua es necesario conocer la capacidad de infiltración del suelo del terreno donde se van a realizar las obras de conservación. Dicha capacidad de infiltración es un parámetro importante en la caracterización agroecológica de una finca. No se deben hacer recomendaciones sin conocer la capacidad de infiltración que tiene el suelo en un terreno debido a que, por ejemplo, en suelos con baja capacidad de infiltración es necesario hacer prácticas de CSA más fuertes para el control de la escorrentía. Los factores que más influyen en este parámetro son el uso de suelo, el manejo, la cantidad de materia orgánica (MO) y la actividad biológica.

Expectativas de logro:

- Miden la capacidad de infiltración del suelo agrícola y conocen su utilidad en las obras de CSA.
- Presentan un método fácil y práctico para determinar la infiltración de agua en el suelo.

Materiales y equipo:

- Infiltrador de doble aro
- Cinta métrica
- Balde con agua
- Reloj con cronómetro
- Libreta y lápiz

Actividades sugeridas:

1. Introducen los cilindros metálicos a una pulgada de profundidad;
2. Agregan agua en el cilindro externo hasta un nivel conocido (5 cm);

3. Colocan la cinta métrica en la parte interna del cilindro central;
4. Luego, llenan el aro interno hasta el mismo nivel;
5. Apuntan cuántos milímetros baja el agua en 3 minutos (utilizar Cuadro 5) y agregan agua hasta el mismo nivel inicial;
6. Repiten el proceso cada 3 minutos.
7. Si después de unas 10-15 mediciones se detecta que no hay variaciones significativas, es porque han encontrado la tasa de infiltración del suelo a saturación (infiltración básica); en caso contrario, continúan hasta obtener cinco datos constantes.
8. Transforman los datos de infiltración básica a cm/hora.

Cuadro 5. Medición de la capacidad de infiltración del suelo.

Tiempo (min)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
Cambio en el nivel de agua (mm)																

Cuadro 6. Relación de la clase textural del suelo con la tasa de infiltración.

Clase Textural	Infiltración (cm/h)	Clasificación
Arena	5	Muy rápida
Franco Arenoso	2.5	Rápida
Franco	1.3	Moderada
Franco Arcilloso	0.8	Lenta
Arcilla	0.5	Muy lenta

DRENAJE DE AGUA

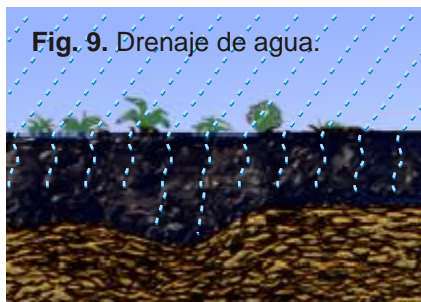


Fig. 9. Drenaje de agua.

Es la capacidad del suelo de movilizar el agua que se infiltra o acumula en momentos de lluvias fuertes y de mantener o reestablecer después de las lluvias su contenido de aire en el suelo.

El drenaje del suelo influye en la selección de cultivos que se adapten a la acumulación de agua, para evitar el problema de pudrición de raíces.

PEDREGOSIDAD (PRESENCIA DE PIEDRAS EN LA PARCELA)

Es la cantidad de piedras de tamaño pequeño a moderado que se encuentran en la capa fértil del suelo. Suelos pedregosos pueden ser superficiales o profundos y la pedregosidad del suelo no se debe confundir con la presencia del manto de roca madre en el suelo.

La implementación de ciertas prácticas de conservación de suelos como son las barreras muertas de piedras, se puede hacer solamente a costos razonables en parcelas pedregosas, mientras camellones o acequias no se construyen fácilmente en suelos pedregosos.

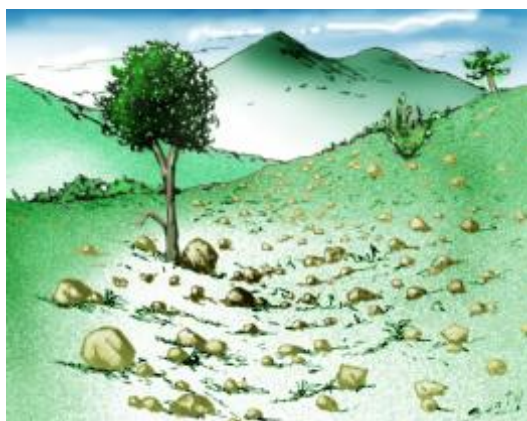


Fig. 10. Pedregosidad en la parcela.

FERTILIDAD DEL SUELO

Es la capacidad del suelo de hacer disponible a la planta los nutrientes necesarios para su desarrollo.

La fertilidad del suelo influye en la adaptación ecológica de las prácticas biológicas de conservación de suelos y agua (CSA) y en la aceptabilidad de ciertas prácticas de CSA. En el primer caso, se trata de seleccionar especies que se establezcan y desarrollen en suelos de baja fertilidad o hasta en suelos degradados. Las barreras vivas del zacate Taiwán, por ejemplo, no se desarrollan bien en suelos degradados mientras para el Gandul se observó un buen desarrollo en estos suelos.

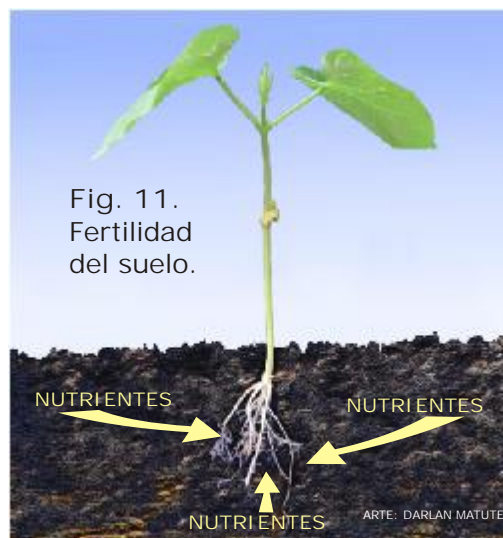


Fig. 11. Fertilidad del suelo.

En el segundo caso (conservación de agua), las experiencias de los técnicos y promotores indican que no se deben recomendar prácticas de CSA en suelos degradados, sin implementar con prioridad y al mismo tiempo prácticas que mejoren la fertilidad y la productividad del terreno a corto plazo.

Es notable que muchos productores pierdan el interés en las actividades de CSA cuando realizan con mucho esfuerzo barreras muertas y vivas o acequias en terrenos erosionados, sin ver las mejoras en el rendimiento de los cultivos en el terreno durante el primer o segundo año después del establecimiento de la CSA.

ACIDEZ DEL SUELO

Es el nivel de acidez o grado de alcalinidad del suelo en una escala de pH de 0 a 14.

La acidez del suelo influye sobre todo en la adaptación ecológica de prácticas de conservación de suelos y agua. Muchas especies no crecen bien en suelos ácidos, mientras algunas especies tienen la capacidad de desarrollarse en estos suelos.

En muchos casos, el efecto negativo de la acidez es un resultado de la toxicidad de las altas concentraciones de aluminio en estos suelos.



Fig. 12. Acidez del suelo.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN LA FINCA

pH DEL SUELO

Resumen:

Para poder determinar cualquier práctica promisorio de conservación de suelo y agua es necesario conocer el nivel de pH del suelo del terreno donde se van a realizar las obras de conservación. Es un parámetro importante en la caracterización agroecológica de una finca. No se debe hacer recomendaciones al respecto sin conocer el pH que tiene el suelo en un terreno, debido a que afecta la adaptabilidad de algunas obras biológicas de conservación de suelo. Su rango óptimo oscila entre 6.0 y 7.5

Expectativas de logro:

- Conocen la utilidad de saber qué pH tiene el suelo en la parcela en CSA.
- Presentan un método fácil y práctico para determinar el pH en distintas muestras de suelo.

Materiales y equipo:

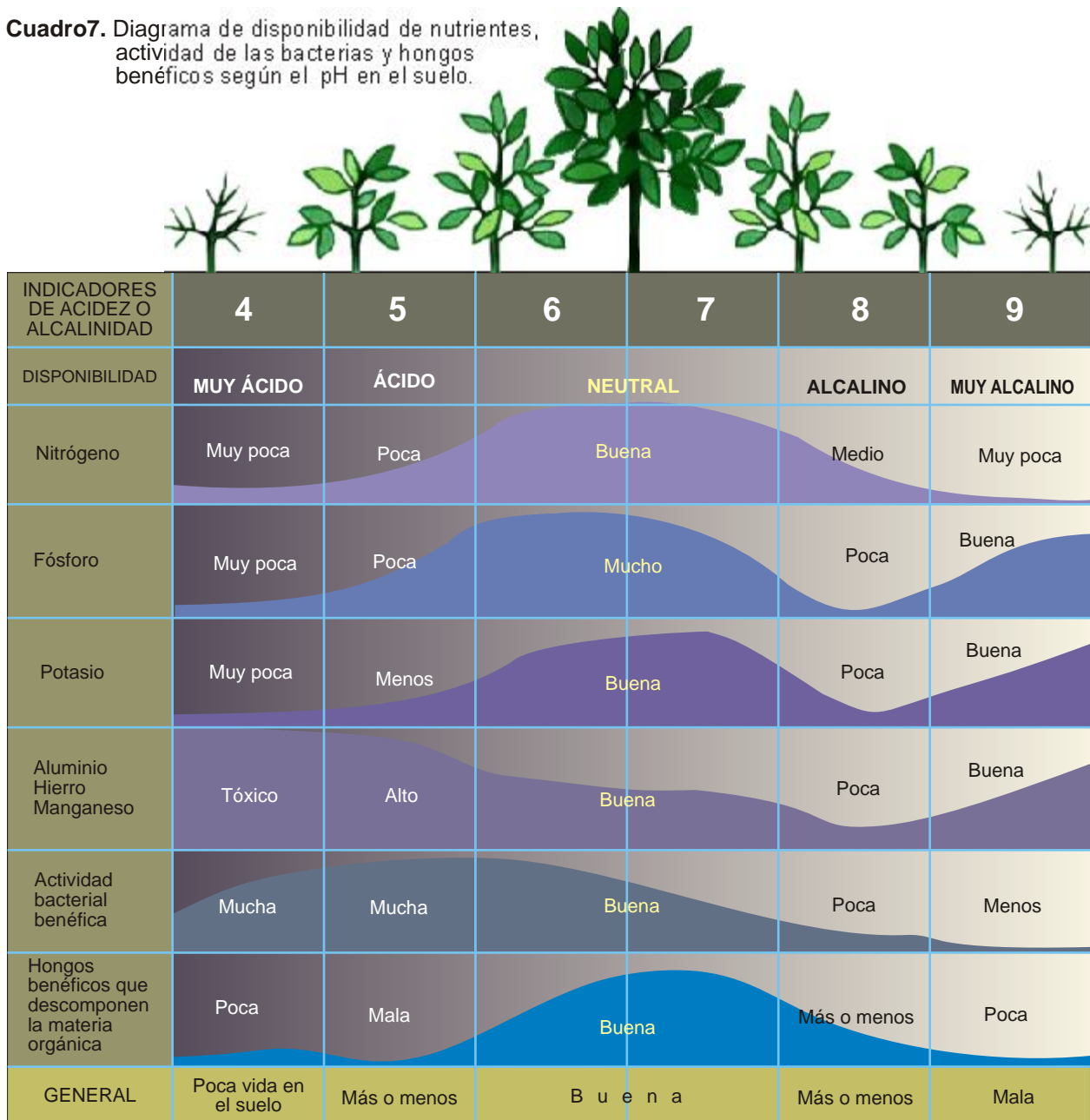
- Suelo de diferentes tipos.
- Agua con pH neutro (agua destilada o Agua Azul).
- Papel tornasol y escala de color en pH.
- Libreta y lápiz de carbón.

Actividades sugeridas:

1. En un recipiente plástico colocan una muestra de suelo.
2. Desbaratan el suelo y limpian raíces y piedras.
3. Agregan agua con pH neutro y mueven hasta diluir el suelo.
4. Introducen cinta y dejan 1 minuto aproximadamente.

5. Retiran cinta que ya ha cambiado de color.
6. Comparan el color con la escala de colores.
7. Registran el resultado.

Cuadro7. Diagrama de disponibilidad de nutrientes, actividad de las bacterias y hongos benéficos según el pH en el suelo.



ARTE: DARLAN MATUTE



Foto 6. Formación de humus.

FOTOGRAFÍA: DARLAN MATUTE

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

CONCEPTO

Consiste en residuos vegetativos, cuerpos de organismos muertos y residuos de organismos vivos depositados sobre y dentro del suelo, que sufren un proceso de descomposición desde un estado fresco hasta la formación de **humus**.

HUMUS

El humus es materia orgánica en estado avanzado de descomposición, de consistencia masiva amorfa, homogénea y color oscuro.

La materia orgánica es necesaria para mantener los nutrientes disponibles para las plantas. Un suelo típico cultivado contiene alrededor de 5% de materia orgánica; a pesar de este bajo porcentaje, la influencia que ejerce en el suelo se ve reflejada en la productividad del mismo.

BENEFICIOS

La materia orgánica afecta las propiedades físicas, la composición y las reacciones químicas del suelo, además de sus características biológicas y su morfología. Sus principales beneficios son:

- Aumenta la capacidad de retener agua.
- Aumenta la aireación en el suelo (mayor espacio poroso).
- Aumenta la agregación de las partículas del suelo (mayor estabilidad).
- Almacena y proporciona nutrientes a las plantas.
- Evita la pérdida de nutrientes por lixiviación o precipitación.
- Estimula la presencia biológica en el suelo (lombrices, insectos, hongos).

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN LA FINCA

MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

Resumen:

La cantidad de materia orgánica (MO) del suelo generalmente está relacionada al color del mismo. Un suelo rico en materia orgánica suele tener un color oscuro. La materia orgánica en el suelo influye mucho en la fertilidad natural del mismo que es uno de los parámetros importantes en la caracterización agroecológica de la finca para poder hacer recomendaciones de prácticas promisorias de CSA.

Expectativas de logro:

- Conocen la utilidad de saber qué cantidad de materia orgánica tiene el suelo en la parcela.
- Presentan un método fácil y práctico para determinar qué medio tiene más materia orgánica.

Materiales y equipo:

- Suelo de diferentes tipos.
- Vasos desechables.
- Agua oxigenada (peróxido de hidrógeno H_2O_2).
- Libreta y lápiz de carbón.

Actividades sugeridas:

1. Colectan diferentes tipos de suelo.
2. En vasos desechables, colocan muestras de diferentes tipos de suelo de un mismo volumen.
3. A cada vaso agregan aproximadamente 50 ml de agua oxigenada de 20 volúmenes.
4. Observan la reacción de cada una de las muestras.
5. Registran en libreta los resultados obtenidos según el cuadro siguiente.

Cuadro 8. Reacción del suelo rico en MO.

Tipo	Clasificación	Velocidad de reacción del suelo
A	Excelente	Rápida y mucha reacción
B	Muy buena	Mucha reacción, pero más lenta
C	Buena	Reacción intermedia y lenta
D	Regular	Poca y reacción lenta
E	Mala	No hay reacción

ECOLOGÍA DEL SUELO Y CALIDAD AMBIENTAL

CONCEPTO

El suelo no se debe de considerar como una materia muerta; más bien, es un medio que sirve de soporte y hábitat para muchos organismos vivos. En conjunto, estos organismos dan vida a este recurso, por lo que es necesario su buen manejo y conservación.

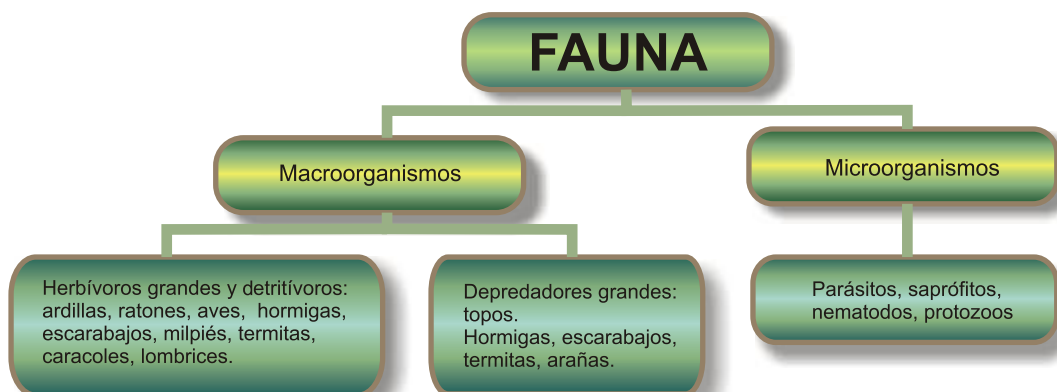
Un suelo saludable presenta una gran actividad de aquellos seres vivos que lo componen, el suelo se comporta con nosotros de acuerdo al cuidado que le damos, si no se le da un manejo adecuado nos resulta con malos rendimientos de cosecha, nos determina también la calidad de los productos que obtenemos de él, un suelo infértil sin buena nutrición, no alimenta bien las plantas, en consecuencia, no desarrollarán y presentarán deficiencias en su nutrición.

Además de la parte mineral que es el componente muerto, el suelo tiene una parte viva, compuesta por diversa flora y fauna. Estos organismos juegan un papel muy importante en la descomposición de la materia orgánica del suelo. Según sus funciones, se clasifican de la siguiente manera:

FAUNA

Sus funciones son: translocación y mezcla de materia orgánica y suelo mineral, fragmentación de la materia vegetal, mejora de la aireación e infiltración del suelo, control de las poblaciones de organismos más pequeños. Existen dos tipos:

- **Macroorganismos:** Los que se alimentan de plantas o residuos vegetales (Ej. ardillas, ratones, algunos insectos, lombrices.
Depredadores: topos, hormigas, arañas.
- **Microorganismos:** Depredadores, parásitos, saprófitos (Ej. Protozoos, rotíferos, nematodos).



FLORA

De acuerdo a su especie y función, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Plantas:** interactúan en el suelo por medio de sus raíces y deshechos; producen cambios químicos, generan ácidos, absorben nutrientes, rompen el suelo.

Algas: existen dos tipos: las algas verdes y las diatomeas (cianobacterias), su población depende de las condiciones del suelo (humedad, profundidad, presencia de luz). Entre sus efectos en el suelo están:

- Fijan nitrógeno.
- Dan estructura al suelo (aumentan la formación de agregados).
- Ayudan en la formación del suelo (contribuyen en la meteorización).
- Su mayor importancia radica en suelos inundados (por ejemplo: pantanos y arroz).

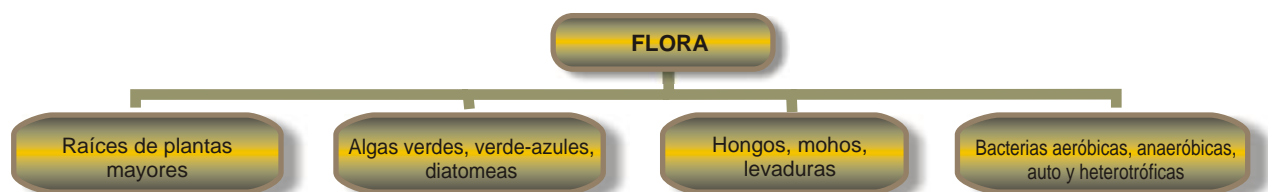
Hongos: existen tres tipos: setas, mohos y levaduras. Son una población pequeña y muy afectada por las condiciones del suelo; son heterotróficos (obtienen energía y carbono de compuestos orgánicos). Son importantes debido a que:

- Ayudan a la formación de agregados de suelo por sus micelios.
- Ayudan a la absorción de nutrientes (asociación raíz-hongo: micorriza).
- Son muy efectivos en la descomposición de la materia orgánica.

Actinomicetos: son bacterias heterotróficas, tienen apariencia de filamentos, y, en cuanto a población, son los segundos más abundantes en el suelo, después de las bacterias. Se encargan de descomponer la materia orgánica y actúan muy bien en condiciones secas.

Bacterias: existen tres tipos: bacilos que tienen forma de bastón, coccus que son de forma redonda y espirales en forma de espiral; en condiciones normales, son el grupo más abundante en el suelo y pueden ser autotróficos o heterotróficos y se pueden relacionar con otros organismos de todas las formas posibles, como parásitos, saprofitos, simbióticos. Su importancia en los suelos se debe a:

- Descomponen la materia orgánica.
- Son controladores de las reacciones químicas del suelo.
- Algunos tipos fijan nitrógeno (Rhizobium haciendo simbiosis con leguminosas, Azotobacter asimbióticamente en la capa arable del suelo).





Fotos 7-10. Suelo fértil y prácticas de diagnóstico de suelo.

DIAGNÓSTICO DE SUELOS

CONCEPTO

Para mantener y mejorar la buena salud de los suelos se requiere mucha atención en las prácticas que hacen que el suelo se mantenga fértil y sano; éstas deben orientarse a los siguientes aspectos:

- Atención permanente a la fertilidad del suelo como base de cualquier sistema de producción.
- Preservar y aumentar la actividad biológica del mismo.
- Prevenir los procesos erosivos.
- Realizar obras de conservación de suelos.

El diagnóstico o análisis del suelo es una herramienta muy importante para la agricultura, por medio de la cual conocemos las características, propiedades y deficiencias que puede tener un suelo. Este diagnóstico lo podemos utilizar para la elaboración de una recomendación de fertilización, ya que permite cuantificar la oferta de nutrientes que el suelo nos brinda.

La diferencia entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la demanda del cultivo, a partir de la definición de un rendimiento objetivo, indica la cantidad de nutrientes que deberá agregarse por fertilización.

LA MUESTRA

Características ideales de una muestra compuesta



Foto 11. Suelo para toma de muestras.

1. Debe de estar formada de submuestras, las cuales deben de ser del mismo volumen y deben representar la misma sección transversal de la zona del suelo de donde se está haciendo el muestreo.
2. Las submuestras deben haberse tomado de varios sitios dentro del área considerada y estos sitios deben ser escogidos al azar.
3. Debe de provenir de un suelo lo más uniforme posible en cuanto a características, drenaje y manejo pasado (vegetación, cultivos, encalamientos, fertilizaciones).

Materiales y equipo requeridos para el muestreo

Hay varias herramientas que se pueden utilizar para recolectar muestras de suelos. Las más comunes son el barreno, el tubo de muestreo, y la pala de espada. Aparte de éstas se pueden usar: una pala corriente, un palín de jardinero o transplante, un pico y otros artefactos más especializados, como varios cilindros y taladros a motor.

Las herramientas que se usan en el muestreo de suelos deben de reunir las siguientes características:

- Fáciles de manejar para facilitar la rapidez en la toma de muestras en el campo.
- Deben permitir el obtener un volumen adecuado y uniforme de suelo para cada sitio en que se tome una submuestra (el volumen de la submuestra debe ser tal que un total de entre 15 y 20 submuestras no hagan un peso mayor de 1.0 a 1.5 lbs).
- Han de ser fáciles de limpiar y no susceptibles a herrumbrarse.
- Deben ser utilizables tanto para suelos secos y arenosos como para suelos húmedos y pegajosos o pesados.

- Además de la herramienta apropiada para extraer las muestras del suelo, son necesarios:
- Un balde para colocar y mezclar las submuestras (preferiblemente de plástico).
- Bolsas de plástico. El tamaño de la bolsa debe permitir guardar de 1.0 a 1.5 lbs de suelo, que es lo que generalmente pesa una muestra compuesta.
- Una caja o saco para colocar las bolsas con muestras.
- Etiquetas (o pedazos de papel) para identificar las muestras.
- Una navaja o instrumento para sacar el suelo del barreno o la pala.
- Una cinta métrica para asegurarse que la muestra viene de la profundidad apropiada.

Recolección y preparación de muestras de suelo

La recolección correcta de una muestra de suelo para el análisis es de suma importancia. Una muestra pequeña, de aproximadamente una libra de peso, está destinada a representar un volumen de suelo proveniente de un área relativamente extensa, comúnmente de 2 a 10 ha, o sea aproximadamente de 4.5 a 22 millones de kg de suelo (la capa arable de suelo de una hectárea es de 2.24 millones de kg).

La muestra para que sea representativa, debe ser una mezcla de varias submuestras tomadas en diferentes sitios del área. Dicha área debe ser lo más uniforme posible en cuanto a las características del suelo y al manejo que se le ha dado en el pasado. Debe evitarse mezclar suelos de diferentes texturas o tipos, de diferentes condiciones de drenaje, o que han recibido tratamientos diferentes.

Profundidad del muestreo de suelo

Los análisis de rutina se hacen con el horizonte superficial o la capa arable entre 15 y 20 centímetros de profundidad. Cuando se trata de muestras para análisis de investigación o estudios específicos, el muestreo se hace a diversas profundidades, según el caso (cultivos agronómicos, se toma muestra de la capa arable; cultivos frutales y forestales, se toma muestras profundas atizando tubos barrenadores).

Época de muestreo

La idea general es determinar la capacidad del suelo para abastecer las planta con nutrimentos, antes de sembrar el cultivo o con prioridad a la época de mayor demanda de elementos nutritivos por parte de las plantas en crecimiento o en producción, o de esta manera llegar a la conclusión de cuánto fertilizante es necesario aplicar para obtener una producción máxima y económica.

Frecuencia de muestreo

Sería ideal tomar muestras y analizarlas cada año. Sin embargo, esto es innecesario la mayoría de las veces, además de ser poco económico; por lo que es suficiente tomar un solo muestreo dentro de la rotación, éste es cada 2 a 5 años. Esta frecuencia es suficiente para indicar la tendencia de la fertilidad y la reacción del suelo, con el objeto de desarrollar un programa de manejo técnico adecuado en el sistema de cultivo que se siga.

PRÁCTICA No. 5

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN LA FINCA

TOMA DE MUESTRAS DE SUELO EN EL CAMPO

Resumen:

El análisis de suelos se justifica para la determinación de la relación consistente entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la respuesta de los cultivos a la fertilización, además el análisis sistemático a través del tiempo, permiten conocer como evoluciona la fertilidad de un lote.

Objetivo:

Obtener muestras compuestas de suelo para conocer las características y propiedades con el propósito de dar un diagnóstico previo al uso agronómico del mismo.

Materiales y equipo:

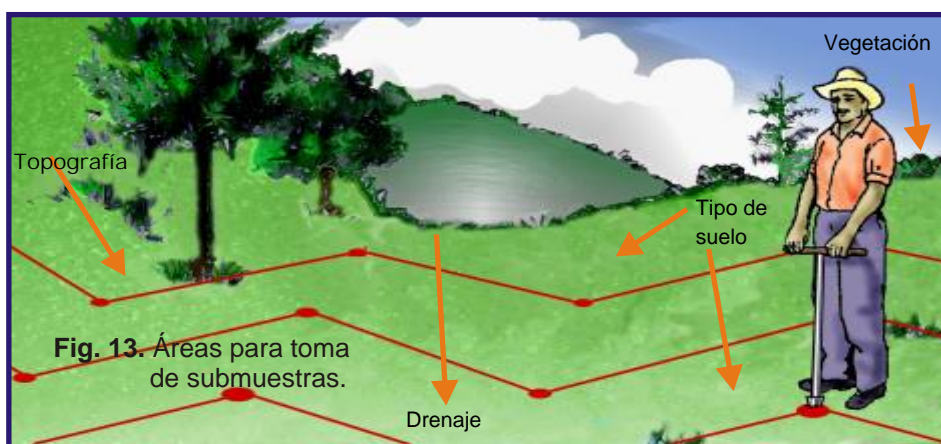
- Barreno
- Tubo de muestreo (tubo Hoffer)
- Pala de espada, pala corriente o palín de jardinero
- Piocha
- Balde
- Bolsas plásticas
- Caja o saco
- Etiquetas
- Marcador indeleble

Procedimiento:

A. Toma de muestras:

1. Para la toma de muestras, la finca o la superficie considerada debe dividirse en áreas no mayores de 10 ha.

- Si se tiene un área o campo muy uniforme en cuanto a condiciones del suelo, topografía y manejo pasado, se puede representar un área mayor en cada muestra compuesta, especialmente si es para sembrar un monocultivo grande en extensión (ej. Caña de azúcar o maíz).
 - Áreas que son diferentes en cuanto al tipo de suelo, topografía, drenaje, manejo o vegetación, deben considerarse separadamente para el muestreo.
2. Dentro de cada parcela delimitada se toman submuestras para formar la muestra completa, representativa de toda la parcela.



- El número de submuestras fluctúa entre 15 y 20. Las submuestras deben tomarse en sitios distribuidos uniformemente al azar en toda el área de la parcela o cruzando el terreno en forma de “zig-zag”.

Hay que evitar mezclar submuestras de áreas pequeñas que difieren notablemente dentro de la parcela y que, sin embargo, no se muestrean separadamente por ser demasiado pequeñas, Ej. Sitios bajos donde se empoza el agua, puestos de acumulación de materia orgánica, lomas erosionadas, sitios donde se amontona cal y/o fertilizantes.



B. Toma de submuestras:

1. Con barreno:

- Se introduce el barreno dándole vuelta. Hay que tomar en cuenta que esta herramienta tiene un tornillo de 10 cm y que extrae una porción correspondiente a 10 cm de la sección vertical del suelo.

Por tanto, cuando la muestra se está sacando a una profundidad mayor, hay que ir sacando 10 cm cada vez.

- Se saca el barreno con el suelo contenido entre la espiral del tornillo, se separa el suelo adherido al espiral con la mano y se coloca en el balde (Fig. 15).



Fig. 15.
Barreno.

2. Con tubo de muestreo (Hoffer):

El tubo Hoffer es de acero inoxidable de 22 mm de diámetro interior y 25 mm de diámetro exterior. Tiene un lado descubierto que facilita sacar la muestra de su interior. En la parte superior tiene un mango horizontal. El largo de ese tubo de 52 cm o más con barras extensivas.

- Se introduce el tubo hasta la profundidad deseada haciendo presión sobre el mango y con un ligero movimiento semi rotatorio.
- Se extrae el tubo con la muestra en su interior. La muestra de suelo así obtenida se saca del tubo empujándola con el pulgar hacia abajo para que salga por la boca del tubo y se recibe en el balde (Fig. 16).



Fig. 16.
Tubo Hoffer.

3. Con pala de espada:

- Se hace un hoyo grande para sacar con la pala, con comodidad, una rebanada de suelo a la profundidad deseada. Esta rebanada debe ser de un espesor de 2 cm (Fig. 17).

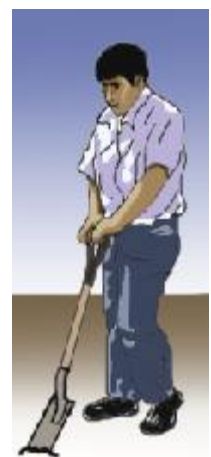


Fig. 17.
Pala de espada.

- Luego de sacar la pala del hoyo, se corta la rebanada sobre la misma pala, por medio de una navaja o espátula, de tal forma que se obtenga un prisma de más o menos 2x8x15 cm para las muestras de la capa arable, o de mayor o menor longitud según convenga.
- Se colocan las muestras en el balde.

C. Preparación de la muestra compuesta:

1. Una vez que se han extraído el número conveniente de sub-muestras (15-20) de la parcela delimitada y que se tienen todas estas submuestras en el balde, se procede a mezclar las mismas, para asegurarse que la muestra compuesta que se forma con ellas sea homogénea (Fig. 18).

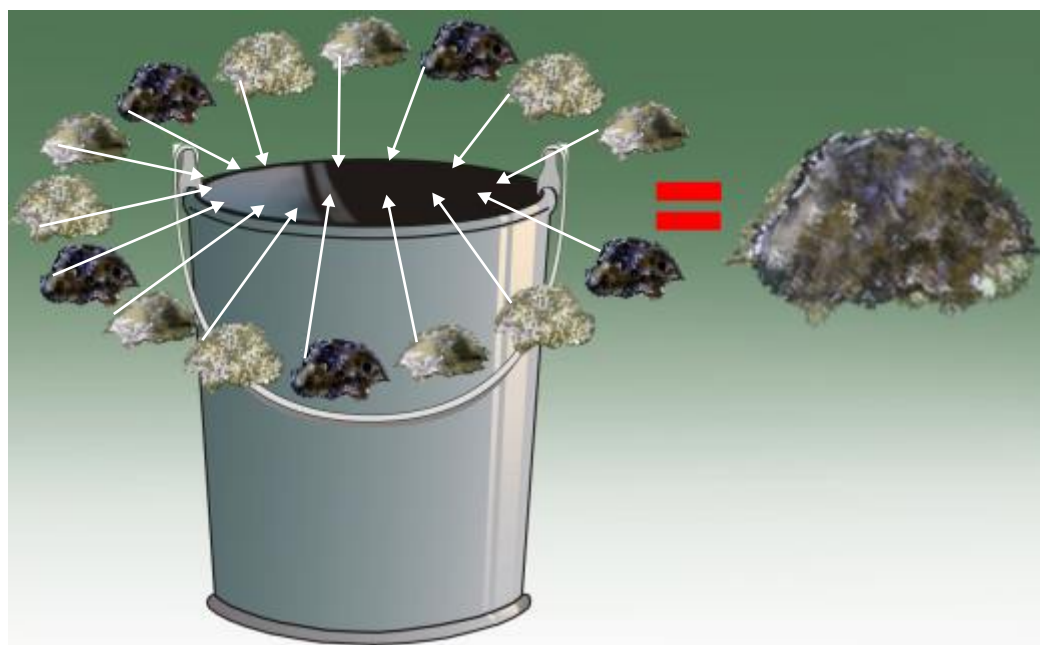


Fig. 18. Mezclar bien las sub-muestras.

2. Se toma aproximadamente 500 g (ml) del suelo en el balde y se coloca en una bolsa plástica limpia. Debe asegurarse identificar adecuadamente la muestra con una etiqueta o rótulo, indicando el lugar que representa, la profundidad de muestro y la procedencia.
3. Se debe hacer un croquis sobre la división de las parcelas de donde se tomarán las muestras, con la identificación adecuada, para referencia futura, o referenciarlo con un aparato de georeferenciación (GPS). Conviene guardarlo como parte de los archivos.

Información que se debe acompañar con las muestras de suelo:

Las muestras que llegan al laboratorio con el objeto de obtener datos a usarse en la recomendación de las cantidades de fertilizantes que se han de aplicar al terreno, deben de estar acompañadas de la mayor cantidad posible de información sobre el terreno, que pueda ayudar al técnico a hacer la mejor recomendación para la fertilización.

Esta información debe incluir:

- a. Nombre del agricultor
- b. Localidad
- c. Superficie del terreno
- d. Tipo de suelo (si se calificó en el muestreo)
- e. Número de submuestras tomadas
- f. Uso actual del terreno
- g. Uso anterior del terreno
- h. Drenaje
- i. Profundidad de la muestra
- j. Historia del terreno en los últimos años
- k. Cultivo que se planea para este año o rotación para los próximos años.
- l. Tratamientos anteriores: encalamiento, fertilización, estiércol.

Puntos importantes:

Muchas veces el costo de un análisis de suelo es demasiado alto para un pequeño productor. Sin embargo, debemos iniciar el plan de monitoreo con los recursos que tenemos disponibles. En lugares rurales, un plan de monitoreo debe incluir las siguientes etapas:

- Observaciones usando los sentidos (vista, tacto, olor). Hacer un hoyo (calicata) de 1 metro cuadrado cerca del cultivo en consideración para ver los diferentes horizontes. Tocar el suelo, tratar de establecer diferencias en color, textura, olor, etc. Apuntar en un cuaderno las diferencias entre los suelos de su finca y tratar de

relacionar estas diferencias con problemas que existen o niveles de rendimiento que son variables. Dibujar un mapa con todas estas características e información.

- Buscar el apoyo de un técnico que esté manejando herramientas portátiles, como un medidor de pH. Esta herramienta nos da una lectura rápida de la acidez del suelo. Sabemos que el pH está muy relacionado a ciertas características biológicas, químicas, y físicas de un suelo saludable (pH 5.5 a 7).
- Mandar una muestra de suelo a un laboratorio especializado en suelos.

LA CALICATA

Descripción de las características físicas del suelo: las calicatas

La calicata es un hoyo, hueco o agujero en el suelo elaborado con piocha, pala y barra con una dimensión de 1x1x1.50 m de profundidad efectiva del suelo. Es una forma básica para conocer el medio donde sembraremos nuestros cultivos y tomar las decisiones para una mejor productividad.

•Equipo para descripción de calicatas:

- Cinta métrica
- Cuchillo
- Tabla Munsell
- Penetrómetro
- GPS
- Libreta de campo



Fotos 12.
Profundidad de calicata.

Descripción de calicata:

Posterior a la realización de la calicata, se procede a leer y diagnosticar las condiciones físicas en el suelo, en el interior de la calicata se observa una de las caras del suelo eligiendo la que recibe la mayor cantidad de luz, para poder observar las siguientes características:

- Horizontes
- Profundidad
- Color
- Textura
- Estructura
- Profundidad efectiva
- Consistencia
- Poros
- Raíces
- Resistencia a la penetración de las raíces

- Por medio de la lectura de calicatas podemos diagnosticar:
- Verdadero estado del suelo en cuanto a las diferentes características que observamos en los perfiles del suelo.
- Observando la estructura, textura, profundidad y la resistencia determinamos las condiciones para el crecimiento óptimo de las raíces.
- A qué profundidad se debe mecanizar, según el problema a resolver (pie de arado, compactación).
- Problemas de drenaje
- Grado de compactación
- Estado de aireación en el suelo
- Estado de salud del suelo

PÉRDIDA DE SUELO: LA EROSIÓN

CONCEPTO

Es aquel proceso de desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo provocado por la acción del agua o del viento, o su remoción en masa.

TIPOS Y FORMAS DE EROSIÓN

Tipos de erosión

- a) **La erosión geológica o natural**, Es un proceso que se produce por la dinámica del medio ambiente, como el agua de las lluvias, la corriente de los ríos, el viento, el clima, la topografía. Esta erosión es imperceptible y tiende a buscar estabilidad en la superficie del suelo y equilibrio entre el proceso de desgaste de la costra terrestre y la formación nueva del suelo.
- b) **La erosión acelerada**, es un proceso propiciado por el hombre al romper el equilibrio entre los suelos, la vegetación, el agua y los animales. Esta erosión se da cuando el ecosistema natural es transformado por la práctica productiva del hombre en un agroecosistema, en este proceso se altera el ciclo básico del ecosistema natural, es decir, de los diferentes flujos de la relación suelo-planta-agua. En consecuencia, se produce un empobrecimiento químico del suelo, se reducen las poblaciones de microorganismos y empeoran las características físicas del suelo.

En nuestro medio, el hombre favorece la acción erosiva del agua y el viento especialmente en terrenos con pendiente pronunciada, al usar sistemas y herramientas inadecuadas en la actividad agrícola, al talar y quemar los bosques y la vegetación sobre el suelo, al utilizar el suelo por encima de su capacidad de uso tanto en la agricultura y en la ganadería.

Los agentes erosivos más importantes que actúan en la erosión acelerada son:

- La lluvia
- El viento



Fig. 19. Erosión hídrica.



Fig. 20. Erosión eólica.

- Los ríos
- La temperatura
- Los animales
- Las labores agrícolas

Principales formas de erosión

a) **Erosión hídrica:** Es un proceso producido principalmente por efecto de la lluvia o riegos intensos. El impacto de las gotas de agua en el suelo descubierto ocasiona el desprendimiento de sus partículas y su remoción por el agua de escorrentía. Los factores que intervienen en este proceso son:

- La intensidad y frecuencia de las lluvias
- El relieve del terreno
- la longitud de la pendiente
- La cobertura vegetal
- El tipo de suelo
- El manejo de suelo

Hay tres formas de erosión hídrica:

Erosión laminar. es el arrastre uniforme y casi imperceptible de las delgadas capas del suelo por el agua de escurrimiento. Es la forma de erosión menos notable. Bajo este proceso erosivo, la capa superficial del suelo comienza a mostrar manchas claras en las pendientes debido a la pérdida de nutrientes minerales y materia orgánica.

Erosión en surcos. es la erosión que se presenta como consecuencia de una fuerte erosión laminar y el mal uso de herramientas de labranza. Se manifiesta como la acentuación de depresiones naturales ocasionadas por la escorrentía superficial.

Erosión en cárcavas. se produce después de la erosión laminar y en surcos. Se forma cuando el agua de escurrimiento es mayor, produciendo surcos que se unen y forman zanjas de gran tamaño, conocidas como cárcavas generalmente ramificadas.



Estas zanjas no permiten el empleo de tracción animal ni mecánica en la preparación del terreno ni otros trabajos de campo.

- b) **Erosión eólica:** es causada por el viento en terrenos sueltos, localizados en regiones con variaciones altas de temperaturas, poca precipitación y predominancia de vientos fuertes.

Al igual que la erosión hídrica, remueve grandes cantidades de elementos nutritivos, llevándose las partículas más livianas y fértiles del suelo.

Los factores que facilitan esta forma de erosión son:

- Velocidad del viento.
- Excesivo laboreo del suelo.
- Uso de las herramienta inadecuadas.
- Sobrepastoreo de la cubierta vegetal.
- Suelo suelto, seco y sin estructura.
- Superficies extensas sin barreras vivas o cortinas rompevientos.

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

La conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas, de fertilidad y agroforestales. Este sistema debe aplicarse de la forma más completa posible, si se desea tener éxito tanto en la protección del suelo como en la productividad. Tomando en cuenta esta combinación se puede, al mismo tiempo, lograr los siguientes objetivos:

- ♦ **Controlar la erosión:** evitando que la corriente arrastre el suelo. La cantidad de suelo fértil que se pierde en cada invierno y que la corriente se lleva al río u otros depósitos es muy alta, esta pérdida erosiva da como resultado la pérdida de la capa productiva del suelo y la formación de cárcavas, las prácticas de conservación de suelos están orientadas a frenar la velocidad del paso de agua por sobre el suelo (escorrentía).
- ♦ **Aprovechar mejor el agua:** aumentar la infiltración del agua en el suelo. Fuera del suelo se pierde toda el agua de la escorrentía que no logra infiltrarse en el suelo, esta agua no puede ser aprovechada por los cultivos, las obras de manejo de suelo y agua permiten el almacenamiento y/o el aprovechamiento del recurso hídrico, dando un uso sostenible al suelo.
- ♦ **Mejorar la fertilidad de los suelos y prevenir con más eficiencia las plagas y enfermedades.** La conservación de suelos, además de contemplar la construcción de obras físicas para el manejo del mismo, consiste también en la aplicación de medidas que ayuden a mejorar la fertilidad del suelo con el propósito de evitar las pérdidas de suelo por erosión y mejorar el rendimiento de los cultivos.

Para lograr el cumplimiento de estos objetivos, existen numerosas prácticas de conservación, todas giran alrededor de los siguientes cuatro principios, para el manejo de suelos:



1. Proteger la superficie del suelo.

Una cobertura vegetal protege el suelo contra el golpe de las gotas de lluvia y el arrastre del agua de escorrentía. También aumenta la infiltración del agua en el suelo porque, bajo la protección de la cobertura, éste no pierde su buena estructuración por la compactación.

Prácticas: capa de material vegetal muerto (rastrajo o mulch), siembra de abono verde, agroforestería, labranza mínima, siembras en contorno.

2. Reducir el largo de la pendiente.

Hay varias prácticas que reducen el largo de la pendiente y con eso la velocidad de la escorrentía. También ayudan a aumentar la penetración del agua en el suelo y reducen así la cantidad de suelo perdido por los procesos erosivos. Con las obras de reducción o corte de la pendiente, el suelo que arrastra la escorrentía se sedimenta y se mantiene en cada estructura construida.



Prácticas: barreras vivas, muros de retención, zanjas de ladera, terrazas de base angosta, callejones o hileras de árboles.

3. Reducir la inclinación de la pendiente.

Con todos los tipos de terrazas se evita la escorrentía y se aumenta la infiltración del agua en el suelo. Las terrazas, al mismo tiempo, ofrecen una plataforma cultivable.



Prácticas: Terrazas de banco, terrazas de base angosta, camellones, miniterrazas o terrazas individuales.

4. Incorporar materia orgánica al suelo.

Estas prácticas ayudan considerablemente a mejorar la fertilidad del suelo. La materia orgánica se vuelve humus, que funciona como una esponja, lo que favorece mucho a la infiltración del agua en el suelo y su retención, la disponibilidad de nutrientes y también la disminución en la escorrentía en el suelo.



Prácticas: incorporación de abonos orgánicos como composta, bokachi, abono verde, lombrihumus, estiércol descompuesto, gallinaza y otros.

La Agricultura Sostenible en Laderas (ASEL) utiliza estas técnicas las cuales disminuyen la erosión de los suelos en las laderas, evitando la reducción paulatina de la fertilidad de los mismos y la disminución de la capacidad del suelo para retener agua, y de esa manera evitar la progresiva reducción de la productividad de las fincas. La ASEL transfiere tecnologías a productores y productoras de bajos costos de inversión y mantenimiento, como por ejemplo, las tecnologías de conservación de agua y micro riego, para asegurar la producción en estas zonas agroecológicas.

PENDIENTE: INCLINACIÓN DEL SUELO

CONCEPTO

La pendiente caracteriza la desviación de la inclinación de una ladera de la horizontal en porcentaje (%) o en grados ($^{\circ}$).

MÉTODO DE MEDICIÓN

La pendiente se puede medir usando el nivel "A" y una cinta métrica o se puede estimar con el método del brazo.

Para el aparato "A" de 2 metros de ancho, el porcentaje de pendiente es la mitad de la diferencia en altura en centímetros entre dos puntos determinados a lo largo de la pendiente (con el aparato "A" puesto a nivel; ver dibujo).

En este ejemplo son 140 dividido entre 2, igual a 70% de pendiente.

Para el método de brazo se determina primero la diferencia en altura en centímetros entre dos puntos determinados a lo largo de la pendiente (por ejemplo 170cm).

En seguida, se mide la distancia horizontal entre los dos puntos a lo largo de la pendiente en metros (por ejemplo 8m) y se calcula la relación entre la diferencia de altura y la distancia entre los dos puntos ($170/8=21$); la pendiente tiene en este caso un nivel moderado de 21% o 12° .

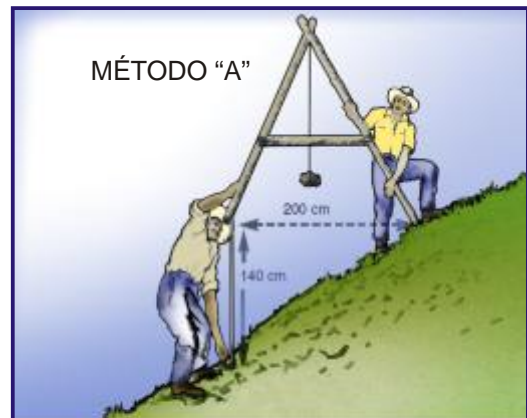


Fig. 25. Métodos de medición del suelo.

La pendiente influye en la efectividad de las prácticas de conservación de suelos y agua y la construcción misma de las prácticas.

Desde el punto de vista técnico-científico, laderas con más del 50% de pendiente son exclusivamente de vocación forestal. En terrenos con menos de 50%, se recomienda una distancia entre las prácticas en función de la pendiente.

Cuadro 9. Distanciamiento entre las obras físicas de conservación de suelos según la pendiente.

Distancias entre obras de CSA según la pendiente	Pendiente suave hasta 15%	Pendiente moderada 15-30 %	Pendiente fuerte 30-50%
Barreras vivas	15-30 m	10-15 m	4 - 10 m
Barreras muertas	10-20 m	6-10 m	4 - 6 m
Acequias	10-20 m	8-10 m	6 - 8 m
Diques de 1m	4-12 m	2- 4 m	1.3- 2 m

En suelos superficiales se recomienda reducir la distancia entre barreras en un 20-30% de lo indicado en el cuadro siguiente.

Sin embargo, la realidad de las laderas en nuestra región es diferente, los productores toman en cuenta lo siguiente:

- La pérdida de terreno por las barreras.
- Sombra de barreras vivas de árboles o zacates altos sobre cultivos.
- Mano de obra necesaria para el establecimiento de obras.
- La dificultad que causan las barreras en el uso de la tracción animal para el movimiento en la parcela.
- La combinación de las barreras con otras prácticas de manejo de cultivo.

EL NIVEL “A”

CONCEPTO

El nivel “A” es una herramienta agrícola de bajo costo, con forma de A mayúscula de múltiples usos para el buen manejo de suelos inclinados. De esta manera, se pueden hacer siembras orientadas (de igual pendiente) y se pueden implementar tecnologías de conservación de suelos y agua. Con ella se pueden hacer trazos a nivel o con desnivel.

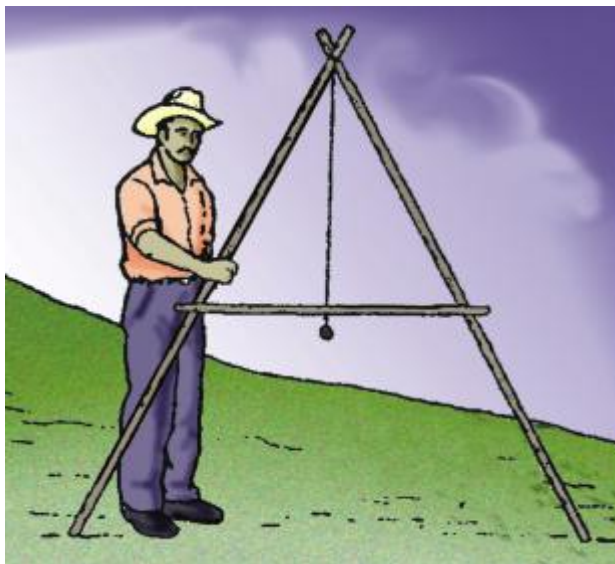
IMPORTANCIA Y FUNCIONES

Es una herramienta de múltiples usos para el buen manejo de suelos inclinados:

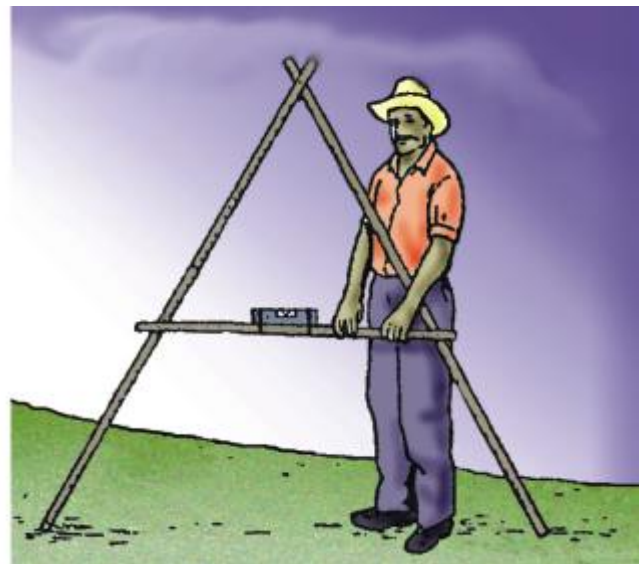
- Con él se pueden hacer siembras orientadas (de igual pendiente).
- También se pueden implementar tecnologías de conservación de suelos y agua.
- Con él se pueden hacer trazos a nivel o con desnivel.

TIPOS DE NIVEL “A”:

Existen dos tipos de nivel “A”:



Nivel “A” con una plomada de piedra. Es de muy bajo costo, pero tiene la desventaja que el viento afecta bastante en la medición.



Nivel “A” equipado con un nivel de burbuja o de albañil. Con este tipo de nivel se avanza más rápidamente y el viento no lo afecta.

Fig. 26. Tipos de niveles “A”.

CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELO

CONSTRUCCIÓN DE NIVEL "A"

Expectativas de logro:

- Conocen la utilidad del nivel "A" como una herramienta para medir la pendiente de un terreno y su utilidad en obras de CSA.
- Presentan métodos fáciles y prácticos para la construcción del nivel "A".
- Desarrollan habilidades y destrezas para la implementación de tecnologías de CSA.
- Analicen la importancia de la agricultura de laderas y conozcan y desarrollen prácticas de opciones tecnológicas para la conservación de suelos y agua.

•Materiales:

- Un martillo
- Un machete
- Una cinta métrica
- Dos reglas (reglas, varas o palos) lo más rectas y fuertes posibles, de dos o más metros de largo.
- Una regla (regla, vara o palo) lo más recta y fuerte posible de un poco más de un metro (1.10 m.) de largo.
- Una cuerda (mecate) de más de dos metros de largo.
- Dos estacas cortas de unos 15-20 centímetros de largo.
- Tres clavos de 2 pulgadas.
- Una plomada (una piedra o una botella, etc.).
- Un nivel de burbuja.
- Piocha
- Pala

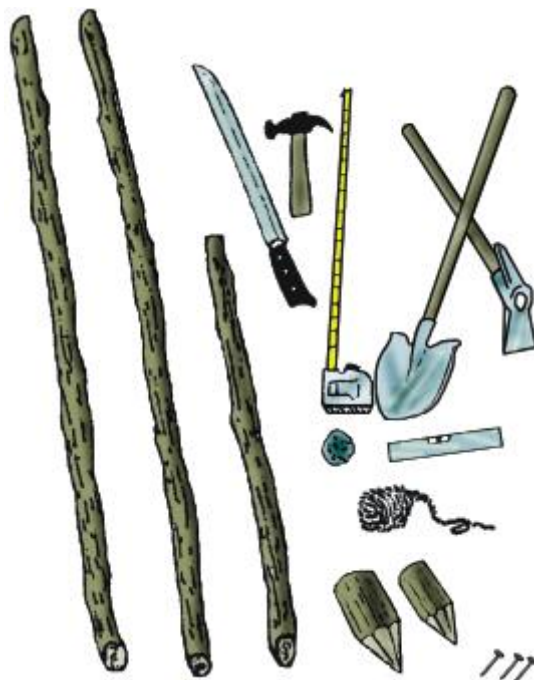


Fig. 27. Materiales y herramientas para la construcción del nivel "A".

Actividades sugeridas:

1. *Clavan las dos reglas de dos metro de largo (las patas del nivel "A").*

Se coloca una regla encima de la otra y se clavan a unos 2 centímetros de una punta de las reglas, dejando que la cabeza del clavo quede un poco salida, ya que allí se amarrará la cuerda de la plomada.

2. *Establecen la abertura de las patas del nivel "A".*

Antes de clavar el travesaño (regla de 1.10 m.), se fija la abertura de las patas. Es recomendable una abertura de dos metros para facilitar la calibración del nivel "A". Para esto, se marcan dos puntos a una distancia de dos metros (en una superficie plana), luego se colocan las patas en los puntos marcados, de tal manera que las patas queden bien alineadas a esos puntos. También se pueden utilizar dos estacas* que se colocan a dos metros de distancia una de la otra (del centro al centro de las estacas), con el aparato acostado en el suelo, se abren las patas de tal manera que las puntas de cada una se alinean a cada estaca.

3. *Miden y ubican el travesaño.*

Generalmente el travesaño se coloca a la mitad de la altura del aparato, sin embargo esto dependerá del tamaño de la persona que utilizará el nivel "A"; personas más altas ubican el travesaño más arriba, personas más bajas lo ubican más abajo.

Una forma práctica es la de amarrar la cuerda en el clavo donde se colgará la plomada y medir distancias iguales para las dos patas del aparato. Luego, se clava el travesaño, teniendo el cuidado de no perder la abertura de las patas (dos metros).



Fig. 28. Construcción del nivel "A".

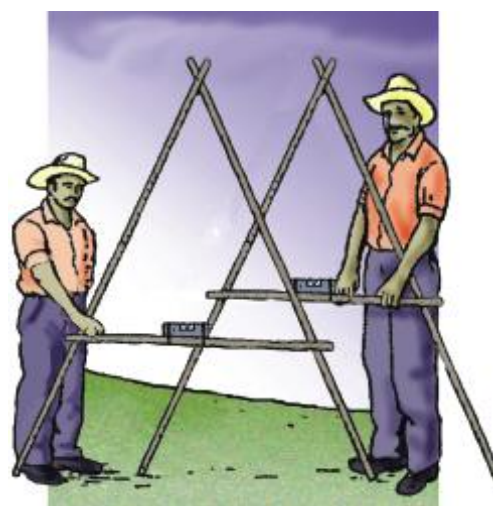


Fig. 29. Ubicación del travesaño del nivel "A".

* **Nota:** estas estacas servirán luego para nivelar el nivel A.

4. *Amarran la plomada.*

Se coloca un extremo de la cuerda en el clavo de la unión de las dos patas del nivel "A". En el otro extremo libre de la cuerda, se amarra una piedra, botella u otro material que sirve de plomada, de tal manera que ésta quede ubicada unos 15 centímetros por debajo del travesaño a por lo menos una cuarta por debajo del mismo. Cuando se realice el trabajo en el campo la plomada nos indicará el nivel del terreno.

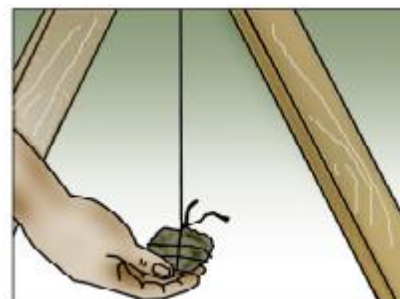


Fig. 30. Amarre de la plomada.

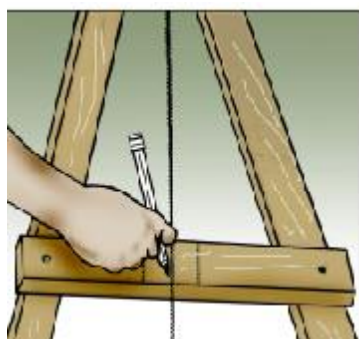


Fig. 31. Calibrado del nivel "A".

5. *Calibran el nivel "A" para realizar trazos a nivel.*

Calibrar el nivel "A" significa marcar un punto en el travesaño del mismo, justo donde cae la plomada cuando las dos patas se encuentran en la misma altura.

Se coloca el nivel "A" sobre las estacas o en el terreno marcado (a dos metros de distancia), luego se inclina el nivel "A", para que la cuerda de la plomada quede libre, después, se hacen unos tres movimientos suaves hacia el frente y hacia atrás, luego se espera que la plomada se detenga y se hace una marca con un lápiz en el lugar donde la cuerda toca

el travesaño (punto 1).

Luego se da media vuelta al aparato, se coloca una pata del aparato en el lugar preciso donde antes estaba la otra, con la ayuda de las marcas dejadas en las estacas. En esta nueva posición, se marca sobre el travesaño el nuevo lugar donde pasa la plomada, con el mismo cuidado de la vez anterior (punto 2). Una vez identificadas las dos marcas en el travesaño, el punto medio entre éstas determina el nivel de la herramienta (o el terreno).

6. *Nivelan las estacas y comprueban la plomada del nivel A.*

Las estacas se nivelan hundiendo la estaca más alta hasta que la plomada dé el nivel; una vez hecha esta actividad se comprueba que la plomada esté bien ajustada, se da media vuelta al nivel "A" y si la plomada sigue marcando el nivel, significa que está bien ajustada.

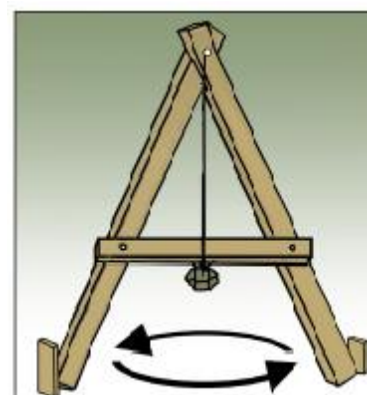


Fig. 32. Nivelado de estacas y prueba de la plomada.

Si se cuenta con un nivel de burbuja, se puede comprobar que el aparato está nivelado. Si la plomada da nivel y la burbuja se encuentra en medio de las dos rayas, podemos decir que el aparato "A" está nivelado.

LÍNEA MADRE

Para establecer los puntos de partida de las curvas a nivel, se traza una primera línea llamada línea madre ó línea guía.

La línea madre se ubica en una parte de la ladera que tenga una inclinación cerca del promedio de la pendiente (promedio que hemos determinado antes).

Para medir y respetar la distancia entre curvas a nivel hay que marcar una línea madre que va guiando desde un punto alto hasta un punto más bajo, para eso, una persona se ubica en el punto más alto, otra en el punto más bajo y la tercera, va marcando y colocando estacas en intervalos uniformes los puntos donde se realizarán los trabajos o las obras de conservación de suelos. Si las distancias entre curvas son de dos metros, se puede usar el nivel "A".

Si se ubica la línea madre en una parte donde la pendiente es menor o mayor que el promedio, las obras no van a acercarse lo suficiente o se abrirán demasiado.

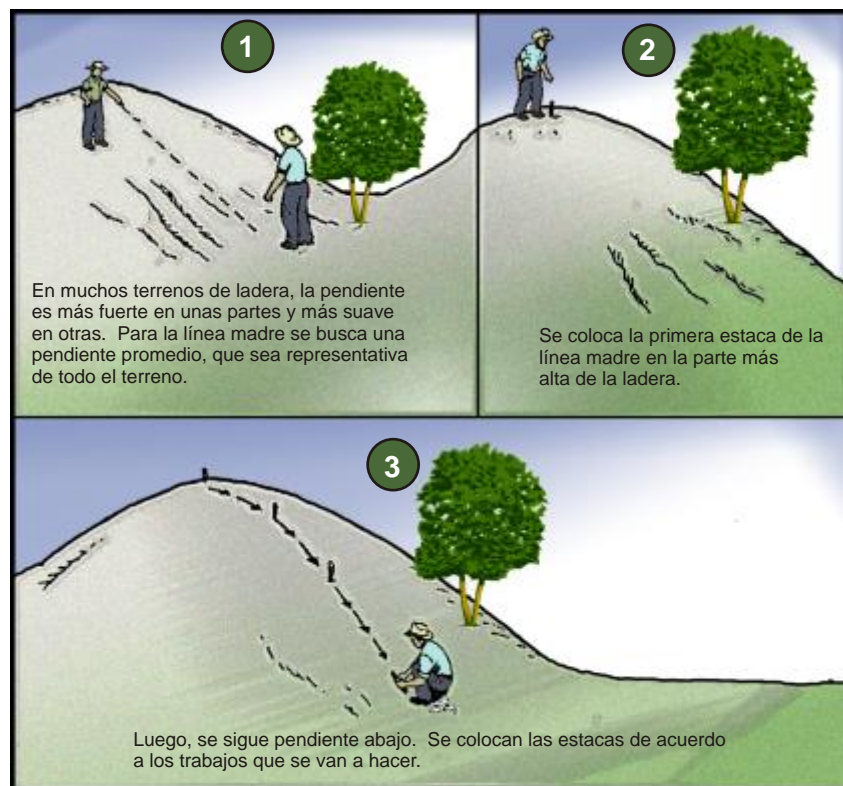


Fig. 33. Pasos para la determinación de la línea madre.

CURVAS A NIVEL Y DESNIVEL

Trazos en curvas a nivel

Esta práctica consiste en orientar las hileras del cultivo en curvas a nivel. Cada curva a nivel es una línea de puntos que están en la misma elevación.

Ubicación de la primera estaca

Con una pata del aparato pegada a la estaca de la línea madre se busca moviendo la otra pata, para abajo o para arriba, poner la plomada a nivel. Cuando se ha encontrado el lugar preciso donde el aparato está a nivel, se coloca una estaca. Luego, se continúa de igual manera ubicando una pata del aparato al lado de la última estaca plantada y buscando el nivel con la otra, se marca y coloca otra estaca, y así sucesivamente hasta completar la curva. Después, se regresa a la estaca de la línea madre de donde partimos y se siguen colocando estacas, por el otro lado, hasta llegar al límite opuesto de la parcela.

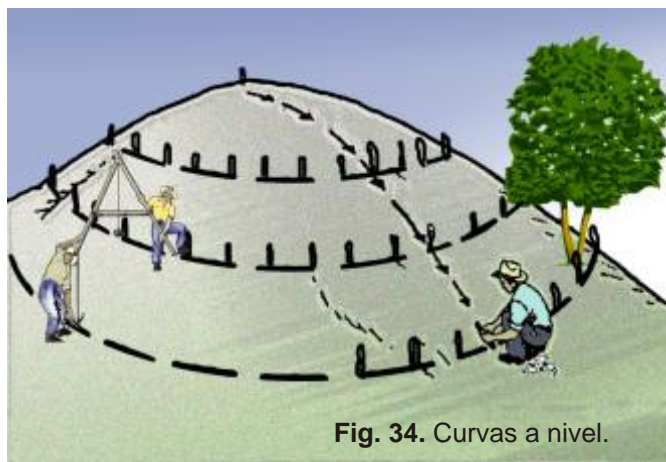


Fig. 34. Curvas a nivel.

Corrección de la línea de estacas

La línea de estacas representa una curva a nivel. Si esta línea presenta una forma muy irregular, tenemos que suavizar y alinear las estacas al ojo. Aquí reubicamos las estacas que están muy arriba o muy debajo de la línea media para no perder el nivel. Se recomienda no mover más de tres estacas de cada diez.

BENEFICIOS

El cultivo en curvas a nivel funciona adecuadamente para controlar la erosión y conservar el agua mediante una mejor infiltración hasta una pendientes de un 10%, siempre y cuando se aporquen las plantas para formar mini barreras contra la erosión. En pendientes mayores, la práctica debe ser combinada con otras técnicas de conservación, como el uso de barreras vivas, entre otras.

Las obras de conservación de suelos se construirán según la pendiente del terreno. Entre mayor sea la pendiente, más cerca tendrán que estar las obras de conservación de suelos.

Trazos en curvas a desnivel

Si tenemos un terreno donde se acumula el agua y necesitamos desviar o sacar el agua del mismo, orientamos las curvas a desnivel.



Foto 14. Terrazas de banco en curvas a nivel.



Foto 15. Barreras vivas en curvas a nivel.

Debemos tener mucho cuidado con el grado de desnivel de las curvas, ya que cuando es muy alto el mismo, el agua tomará una velocidad mayor y puede ocasionar muchos problemas. Se recomienda un desnivel del 1% en distancias cortas y un 0.5% para distancias largas.

Si tenemos el aparato "A" nivelado, debajo de una de las patas, se coloca un trozo o cuña de madera. Si daremos un desnivel de un 1%, colocamos un trozo de 2 cm de grosor; si utilizaremos un desnivel de 0.5%, el trozo será de 1 cm de grueso. Si usamos un nivel de burbuja, se colocan cuñas hasta que esté centrado.

OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PENDIENTE, TRAZO DE LÍNEA MADRE, CURVAS A NIVEL Y DESNIVEL, BARRERAS VIVAS Y ACEQUIAS EN LADERAS

Resumen:

Para poder determinar cualquier práctica promisorio de conservación de suelo y agua es necesario conocer la pendiente del terreno en el que se va a trabajar. No se debe hacer ninguna recomendación al respecto sin saber qué porcentaje de pendiente tiene un terreno, ya que es un parámetro indispensable para la caracterización agroecológica de la finca. Una vez determinada la pendiente, se podrá implementar trazos de línea madre, curvas a nivel y desnivel, barreras vivas y acequias en laderas.

Expectativas de logro:

- Analizan la importancia de la agricultura de laderas, conocen y desarrollan prácticas de opciones tecnológicas para la conservación de suelos y agua.
- Conocen la utilidad de medir la pendiente de un terreno y su utilidad en obras de CSA.
- Presentan dos métodos fáciles y prácticos para medir una pendiente y calculan pendientes en el campo.
- Desarrollan habilidades y destrezas para la implementación de tecnologías de CSA.

Materiales y equipo:

- Nivel o aparato "A"
- Nivel de burbuja
- Cinta métrica
- Cáñamo delgado
- Estacas de madera
- Libreta y lápiz de carbón
- Piochas
- Palas

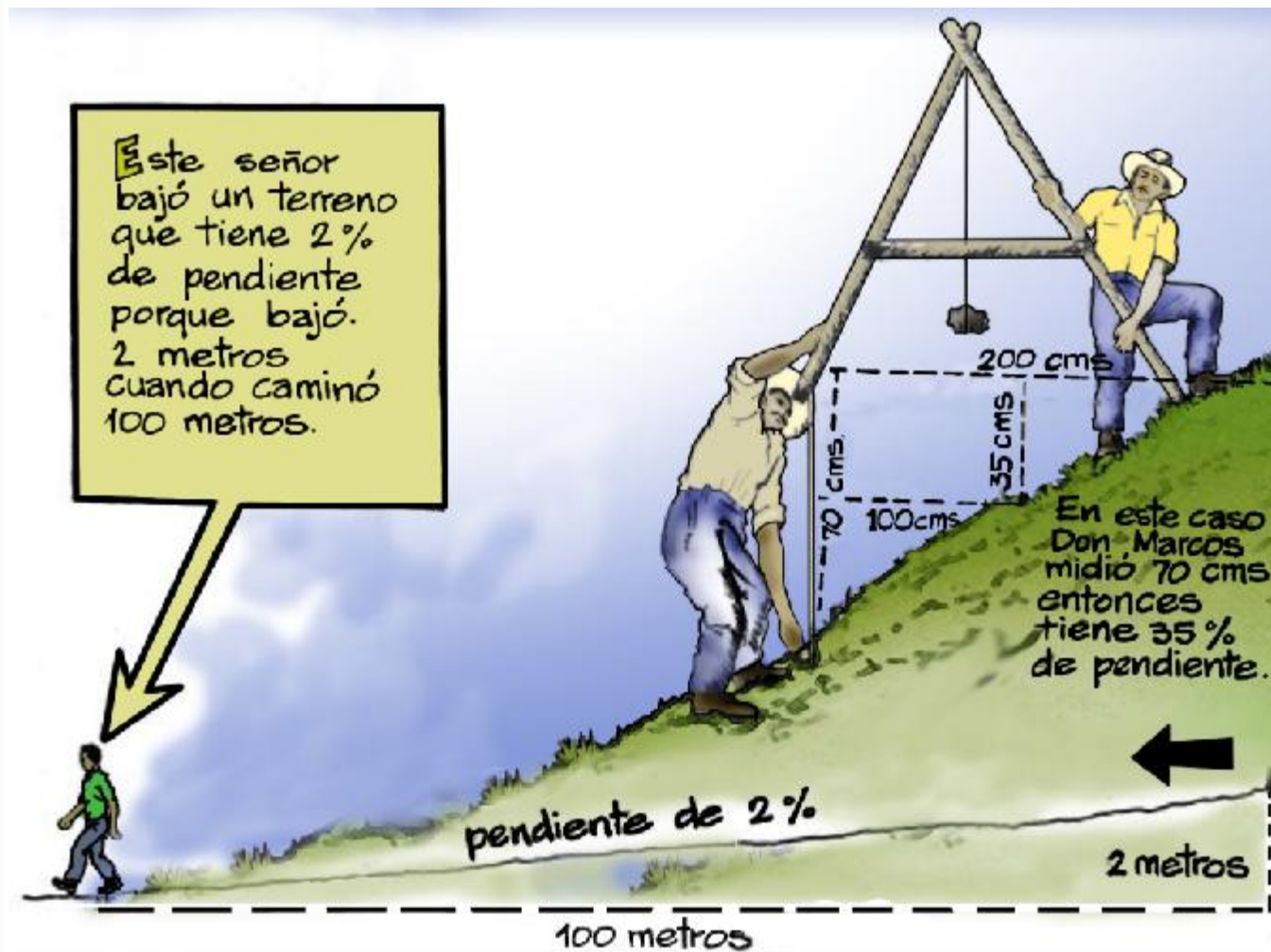
Actividades sugeridas:

1. El facilitador hace una demostración en campo de seis prácticas y opciones tecnológicas para la conservación de suelos y agua: construcción del aparato "A", cálculo de la pendiente, trazo de línea madre, trazo de curvas a nivel y desnivel, instalación de barreras vivas y construcción de acequias de ladera.

Procedimiento del cálculo de pendiente:

- Determinan la orientación de la pendiente.
 - A favor de cierta dirección hacen cinco mediciones con el nivel "A" o con el nivel de burbuja y cáñamo; levantando la pata del aparato "A" que está en el aire hasta que marque el nivel, o mueven el extremo de la cuerda hasta que la burbuja del nivel esté centrada.
 - Con una cinta métrica miden la distancia que hay desde la punta que está en el aire hasta el suelo.
 - Repiten el proceso, tres a cinco veces, a lo ancho de la pendiente.
 - Registran los datos en cuadros y hacen calculos para obtener la pendiente promedio de toda la parcela.
 - Si lo toman con el nivel "A", dividen entre dos (largo del nivel "A") para obtener el porcentaje de pendiente en ese punto. Si lo hacen con el nivel de burbuja y el cáñamo de 100 cm, el dato en centímetros es el porcentaje de pendiente en ese punto.
1. En grupos de trabajo los estudiantes llevan a cabo las seis diferentes prácticas y opciones tecnológicas para la conservación de suelos y agua.
 2. En plenaria se realiza (en campo) una discusión para despejar dudas, problemas encontrados e identifican oportunidades de implementación de las prácticas desarrolladas.

Fig. 35. Cálculo de pendientes.



TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE SUELOS

BARRERAS VIVAS

Son hileras densas de diversas especies vegetales tales como Leucaena, Gandul, Madero negro u otras especies sembradas en curvas a nivel. La distancia entre curvas depende de la pendiente y del tipo de suelo. Se combina bien con otras técnicas (ej. acequias). Sirven para reducir la velocidad del agua, por cortar la ladera en pendientes más cortas y reducen la velocidad del viento (uso de rompevientos). Además, la barrera es un filtro para captar los sedimentos que van en el agua de escurrimiento. En muchos casos, el buen manejo de la barrera viva da como resultado la formación paulatina de terrazas.

Con el aparato "A" se traza la curva a nivel, luego se hace con la piocha una raya para aflojar el terreno. Se siembran árboles como la Leucaena (*Leucaena leucocephala*), arbustos de Madero negro (*Gliricidia sepium*), pasto (*King grass*), un cultivo (piña) u otra planta como la espada San Miguel (*Iris germanica*).



Fotos 16 y 17. Barreras vivas.



Fig. 36. Barreras muertas.

BARRERAS MUERTAS

Son muros de piedra en curvas a nivel que evitan el arrastre del suelo. La distancia entre curvas está sujeta a la pendiente y el tipo de suelo. Se combinan bien con otras técnicas.

La combinación más frecuente es con barreras vivas de árboles, zacate taiwan, piña, zacate limón o vetiver, para proteger el borde inferior o superior de ellas. Sirven para reducir la velocidad del agua por cortar la ladera en pendientes más cortas, además, para captar los sedimentos que van en el agua de escurrimiento.

Las barreras muertas resultan en la formación paulatina de terrazas. El efecto de las barreras muertas se concentran en retener el suelo. Se recomienda combinarlas con técnicas que mejoran o aumentan la fertilidad del suelo.



ACEQUIAS A NIVEL

Son zanjas o canales de forma trapezoidal construidas a nivel en dirección transversal a la pendiente.

La finalidad de las acequias a nivel es, en primer lugar, la conservación de agua, sirviendo como acumulador y mejoramiento de la infiltración del agua en la zanja. En segundo lugar, las acequias contribuye a la conservación del suelo en combinación con barreras vivas, barreras muertas y otras prácticas, dividiendo la parcela en pendientes cortas. La distancia entre acequias está sujeta a la pendiente del terreno. En algunos casos las acequias se pueden hacer con apoyo de la tracción animal; en pendientes hasta un 15% se puede utilizar el arado vertedera con bueyes, en pendientes de 15-25% se recomienda el uso de un buey o un caballo.



Foto 18. Acequias a nivel.

ACEQUIAS A DESNIVEL

Son zanjas o canales de forma trapezoidal, construidas a desnivel en dirección transversal a la pendiente.

La finalidad de las acequias a desnivel es, en primer lugar, el drenaje del agua en exceso. En lugares con altas precipitaciones y en suelos de baja infiltración las acequias a nivel han causado problemas de sobre saturación del suelo. Por esto, un desnivel a un 1% permite el drenaje de la zanja. Las zanjas a desnivel requieren de desagües al lado del campo, para evitar la formación de cárcavas. En segundo lugar, estas acequias contribuyen a la conservación del suelo en combinación con barreras vivas y otras prácticas, dividiendo la parcela en pendientes cortas.

TERRAZAS



Fig. 37. Terrazas.

Son una serie de plataformas continuas a nivel en forma escalonada con un terraplén cultivable y un talud conformado por el corte y el relleno. Las medidas (tamaño, talud) de las terrazas están sujetas a la pendiente y tipo de suelo. Son las obras más efectivas en controlar la erosión en laderas. Su uso es limitado por su alto costo, el cual se justifica solamente en zonas/fincas con escasez de tierra, suficiente disponibilidad de mano de obra en la época seca y para la producción de cultivos de alto valor (hortalizas, flores, frutales). En muchos casos se aprovechan las terrazas de banco hasta en la época seca a través del riego. Tienen la finalidad de controlar la erosión para un uso intensivo de la tierra en laderas.

Abono verde: cultivo de alta densidad (a menudo una leguminosa) sembrado con el propósito de reincorporar la planta al suelo.

Acequias: canal o zanja por donde se transporta o se conduce el agua a un determinado lugar, ya sea para regar u otros fines.

Actinomicetes: grupo de organismos que pueden ser confundidos como bacterias, siendo verdaderos hongos. Pertenecen a la familia Actinomycetales. Juegan un rol importante en la síntesis del humus del suelo. Frecuentemente trabajan a más profundidad que las bacterias. Tienen la capacidad producir antibióticos.

Actividad metabólica: proceso que comprenden las diferentes reacciones químicas dentro de un organismo.

Agregados: grupo de partículas o unión de éstas en el suelo.

Asociación de cultivos: siembra de diferentes grupos de plantas con diferentes fines, como el de diversificar el material genético en el agroecosistema.

Asociación simbiótica: es cuando dos organismos se benefician mutuamente al convivir juntos.

Bacteria: organismo de una sola célula. Cada especie tiene su forma característica. Contribuyen en la descomposición de la materia orgánica para producir enzimas. Pueden trabajar en cualquier ambiente con o sin oxígeno.

Barbecho: por lo general, un terreno en descanso. De vez en cuando un barbecho puede ser “manejado”, es decir que en ese terreno no se siembra todos los años, pero que podría haber un cultivo de valor dándonos rendimiento (por ejemplo frutales). Ciertos sistemas aprovechan el uso de árboles de leguminosas en el barbecho para mejorar el suelo.

Barreras vivas y muertas: son obstáculos físicos que se usan en terrenos cultivables para aminorar el impacto negativo del viento, el agua y el establecimiento de plagas en los cultivos.

Biofertilizante: término general para describir la incorporación de material orgánico al suelo para aportar al crecimiento de la planta.

Calicata: es el agujero que se hace en el suelo con el propósito de ver los diferentes horizontes de suelos que hay bajo la planta.

Capa fértil: estrato superior donde hay presencia de materia orgánica. La capa fértil es el resultado de varios factores: manejo (profundidad de labranza), enmiendas, agregados, roca madre, etc.

Camellones o camas altas: obras de conservación que se hacen en lugares y temporadas muy húmedas. Tienen un buen efecto en el crecimiento de las raíces de las plantas y en el control de varias enfermedades del suelo.

Compactación/compactado: capa que se forma en los procesos de preparación del suelo e impide el crecimiento de las raíces.

Compost: es el resultado de la descomposición de diferentes materiales orgánicos (por lo general con el apoyo de oxígeno), realizada por la actividad de micro y macro organismos. El producto de esta descomposición es el “humus”, una sustancia que, dentro otras cosas, proporciona nutrientes a las plantas. Generalmente, tiene un buen efecto al mejorar los componentes físicos, químicos, y biológicos del suelo.

Conservación de suelos: un rango de prácticas/obras que se realizan para evitar la pérdida del suelo.

Contorno: una línea imaginaria que conecta diferentes puntos, en una misma altura, sobre la superficie del suelo.

Costra: capa dura del suelo que impide el desarrollo normal del sistema radicular de la planta.

Curvas a nivel: curvas trazadas conforme a la superficie irregular de un terreno. Para hacerlas se utiliza un instrumento llamado nivel “A”.

Enfermedad: síntomas que presentan las plantas (se manifiestan en las hojas o en las raíces) y que es causado por un macro o micro organismo, provocando pérdidas económicas.

Escarabajos: insectos que poseen una cubierta protectora dura y tiene un ciclo de vida de cuatro etapas.

Escorrentía: la pérdida de suelos, por lo general en terrenos inclinados y sin cobertura vegetativa es causada principalmente por la acción del agua.

Estiércol: resultado del proceso digestivo de un organismo vivo.

Estructura: ordenamiento que tienen las diferentes partículas del suelo.

Fertilizantes químicos: compuestos elaborados en el laboratorio o una fábrica para proporcionar nutrientes a la planta.

Horizonte A: horizonte superficial de un suelo mineral, el cual mantiene un nivel máximo de materia orgánica, actividad biológica, y/o lixiviación de materiales como hierro y aluminio y limo. Combinado con el horizonte “O”, es la zona por donde crecen más fuertes las raíces de las plantas.

Infiltración: es la capacidad que tiene el suelo para absorber agua en los diferentes estratos.

Intercambio catiónico: indicador de la fertilidad del suelo en términos de la suma de “cationes” que un suelo se puede absorber (por ejemplo el calcio).

Lavado del suelo: arrastre de nutrientes por medio de procesos naturales (principalmente por el flujo de agua).

Lombriz: organismo descomponedor del suelo. Pertenece al grupo de los anélidos.

Lixiviación: arrastre de los elementos minerales hacia los estratos inferiores del suelo, en donde las plantas no los pueden aprovechar para su nutrición.

Materia orgánica: está formada por animales y plantas descompuestas. Los insectos, las lombrices, nematodos y otros microorganismos descomponen el estiércol y el material fresco de las plantas, formándose de esta manera la materia orgánica.

Material parental: masa sin consolidar de la cual se desarrolla el perfil del suelo.

Micorriza: hongo en simbiosis con las raíces de las plantas y que las ayuda a capturar elementos que necesitan para su crecimiento. Esta simbiosis, en particular, permite a la planta aprovechar el fósforo del suelo.

Microorganismos: organismos que no podemos ver a simple vista. Hay varios grupos que juegan diferentes roles en el ecosistema del suelo. Grupos de suma importancia son los hongos, bacterias, protozoarios, y nematodos. Entre ellos pueden haber microorganismos benéficos o maléficos.

Minerales: componentes de roca que están compuestos por una mezcla de elementos. Son esenciales para la salud humana y del suelo.

Mineralización: la conversión de un elemento de un estado orgánico a un estado inorgánico, a través de la acción de microorganismos. Es importante para ver si los microorganismos están trabajando y haciendo disponible a las plantas los nutrientes del suelo.

Monocultivos: la siembra continua de un solo cultivo en el mismo lote o parcela.

Mulch: cobertura natural que es utilizada para proteger el suelo.

Nematodo: organismo pequeñísimo, que tiene forma de lombriz y es abundante en varios suelos. Hay nematodos benéficos y maléficos.

Nivel de pH: notación utilizada para designar, relativamente, acideces y alcalinidades que se presentan en sistemas biológicos y en los suelos. Técnicamente se define como el logaritmo común del recíproco de la concentración de iones de hidrógeno en un sistema. Un pH de 7 indica la neutralidad, en tanto que valores más altos indican alcalinidad y los más bajos, acidez.

Nutrientes: alimentos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse.

Patógenos: organismos que causan enfermedades.

Perennes: planta que vive tres o mas años.

Plaguicidas: productos elaborados en laboratorios o fábricas, usados para controlar plagas.

Porosidad: porcentaje del suelo que no está ocupado por sólidos (por ejemplo: granos de arena). En otros términos, la facilidad que tiene el suelo para filtrar el agua.

Respiración anaeróbica: proceso en el cual las bacterias no necesitan de oxígeno para realizar su trabajo.

Retención de agua: capacidad de un suelo para mantenerse húmedo, después de haber recibido agua.

Rhizobium: bacteria fijadora de nitrógeno.

Riego: proporcionar agua a las plantas para que crezcan y se desarrollen bien.

Rotación: sembrar un cultivo por otro en una determinada época y área cultivable. Se usan diferentes clases o familias de plantas.

Suelo alcalino: suelo con pH de más de 7, con alta cantidad de cationes de Sodio

Suelo ácido: un suelo con pH menor de 7, con altas cantidades de cationes de Aluminio e Hidrógeno.

Terrazas: son obras de conservación de suelo en terreno con pendientes.

Terrones: agregados del suelo que se forman en la superficie.

Toxicidad: es la capacidad que tienen las sustancias de perjudicar a un organismo vivo.

- Arévalo, Gloria y Gauggel, Carlos. Manual de Laboratorio de Ciencia de Suelos y Aguas. Zamorano, Honduras. 2008. 76 p. (Disponible en internet)
- Arévalo, Gloria y Gauggel, Carlos. Manual de Prácticas 2009. Curso de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. Zamorano, Honduras. 2009. 79 p.
- Barahona, L., Martínez, M., Sagastume, N. La Vida en las Laderas. Importancia económica, social y ambiental. PASOLAC y ARCA-Associates. Honduras. 2007. (Documental DVD).
- Denisen, Erwin L. Fundamentos de Horticultura, Noriega Limusa. México. 1991. 604 p.
- Erickson, Nancy. Manual de Conferencias. Ciencia de Suelos, Zamorano, 2001. 98 p.
- Hesse-Rodríguez, Monika. Sembradores de Esperanza. Conservar para Cultivar y Vivir. PROCONDEMA, Editorial Guaymuras y COMUNICA. Tegucigalpa, Honduras. 1994. 252 p.
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central, PASOLAC. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua. PASOLAC, San Salvador, El Salvador. 2001. 222 p.
- Proyecto Mejoramiento del Uso y Productividad de la Tierra (LUPE). Manual Práctico de Manejo de Suelos en Laderas. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Proyecto LUPE, USAID. Honduras. 1998.
- Miranda, Luis. Memoria Curso Taller: Conservación de Suelos Agrícolas y Productividad. Cooperación Técnica Suiza (COTESU). Cochabamba, Bolivia. 1992. 54 p.
- Suárez, F. de C. Conservación de Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 1980. 315 p.
- Reilly, J. P., Trutmann, P., Rueda, A. Grupo de Salud de Suelos. Guía de Salud de Suelos, Manual para el Cuidado de la Salud de Suelos. Universidad de Cornell y Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 2002. 162 p.

