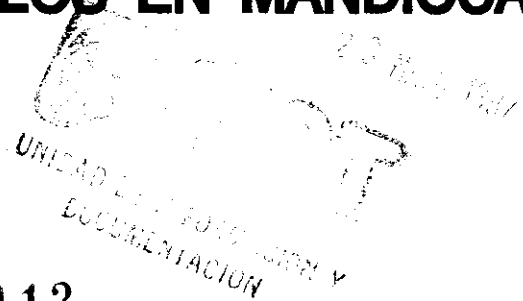


S3
211
-03
45
v.1

UNIDADES DE APRENDIZAJE PARA LA CAPACITACION EN TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE MANDIOCA

1

MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS EN MANDIOCA



030112

06 JUN 1992

**Miguel Ken Moriya
Laercio Duarte Souza
Julio Paniagua
Gerónimo Villa
Antonio Celso Córdoba de Souza**

CIAT - BID
CNPMPF - EMATERS - IAPAR - UNESP
INTA - SEAG - IAN
1992

MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS EN MANDIOCA

Autores:

Miguel Ken Moriya, M. Sc.

Laercio Duarte Souza, M. Sc.

Julio Paniagua, Ing. Agr.

Gerónimo Villa, Ing. Agr.

Antonio Celso Córdoba de Souza, Ing. Agr.

Asesores científicos:

Carlos A. Flor M., M. Sc.

Reinhard Howeler, Ph. D.

Luis Fernando Cadavid, M. Sc.

Coordinación general:

Vicente Zapata S., Ed. D.

Jesús Antonio Reyes, M. Sc.

Producción:

Yolanda Romero, Biól.

Viviana Gonzálfas, Ing. Agr.

Nora Cristina Mesa, M. Sc.

Diagramación:

Juan Carlos Londoño, Biól.



UNIDAD DE INFORMACIÓN Y
DOCUMENTACIÓN

Contenido

	Página
Prefacio	1
Características de la audiencia	3
Instrucciones para el manejo de la Unidad	4
Flujograma para el estudio de esta Unidad	6
Dinámica de grupo	7
Expectativas de aprendizaje	8
Exploración inicial de conocimientos	12
Objetivos: terminal y específicos	18
Introducción	19
 Conceptos básicos de manejo y conservación de suelos y su relación con la mandioca	
• Textura	1-9
• Estructura	1-12
• Humedad del suelo	1-14
• Materia orgánica	1-16
• Coloides, iones y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	1-18
• Requerimiento nutricional	1-20
• Erosión	1-23
Bibliografía	1-27
Práctica 1.1. Apreciación de la textura al tacto	1-29
Ejercicio 1.1. Manejo del triángulo textural	1-32
Práctica 1.2. Observación de algunas propiedades de un suelo con y sin estructura	1-35
Práctica 1.3. Retención de agua en el suelo	1-38

	Página
Ejercicio 1.2. Interpretación del análisis de suelo. Identificación de deficiencias y toxicidades	1-41
Práctica 1.4. Factores que contribuyen a la erosión	1-44
Resumen de la Secuencia 1	1-47

La preparación del suelo para el cultivo de la mandioca

• Selección del terreno	2-9
• Época de preparación	2-9
• Faja de humedad en el suelo para su preparación	2-10
• Implementos y número de operaciones	2-10
• Encalado y fertilización	2-11
Bibliografía	2-16
Ejercicio 2.1. Encalado y fertilización	2-17
Ejercicio 2.2. Selección del terreno, época de preparación del suelo, rango de humedad, implementos y número de operaciones. Estudio de un caso	2-21
Resumen de la Secuencia 2	2-27

Prácticas conservacionistas alternativas

• Prácticas mecánicas de conservación	3-9
• Sistemas de cultivo	3-18
• Rotación de cultivos	3-22
• Manejo de coberturas	3-22
• El control de malezas y su relación con las prácticas conservacionistas	3-23
Bibliografía	3-25
Práctica 3.1. Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel tipo caballete	3-27

	Página
Práctica 3.2 Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel de manguera	3-30
Práctica 3.3 Trazado de curvas de nivel utilizando el nivel tipo caballete	3-35
Práctica 3.4 Trazado de curvas de nivel utilizando el nivel de manguera	3-37
Práctica 3.5 Prácticas mecánicas	3-40
Resumen de la Secuencia 3	3-44
Evaluación de las actividades prácticas	3-45
Evaluación final de conocimientos	3-48
 Anexos	
Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores	A-10
Anexo 4. Especificaciones de los principales abonos orgánicos ..	A-14
Anexo 5. Observación de pérdidas de suelo en diferentes tipos de suelo, de pendiente de prácticas conservacionistas	A-15
Anexo 6. Funciones de los nutrientes, síntomas característicos de sus deficiencias, y tipos de suelo donde es probable una deficiencia	A-17
Anexo 7. Síntomas característicos y tipos de suelo donde es probable la deficiencia de los micronutrientes	A-18
Anexo 8. Síntomas característicos y tipos de suelo donde son probables algunas toxicidades	A-19
Anexo 9. Diapositivas que complementan esta Unidad	A-20
Anexo 10. Transparencias para uso del instructor	A-22

La serie de unidades de aprendizaje sobre tecnologías de producción de mandioca fue elaborada y publicada con el auspicio del **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** Proyecto de Formación de Capacitadores, convenio CIAT-BID: ATN/SF-3840-RE (2).

Otros títulos de la misma serie:

2. Manejo de material de propagación de mandioca
3. Validación de variedades de mandioca con participación de agricultores
4. Manejo integrado de bacteriosis en mandioca
5. Manejo integrado de marandová de la mandioca en el cono sur
6. Uso de raíces y parte aérea de la mandioca en la alimentación animal

Ken Moriya, Miguel. ; Duarte Souza, Laercio. ; Paniagua, Julio ; Villa, Gerónimo ; Córdoba de Souza, Celso Antonio. Manejo y conservación de suelos en mandioca / coordinación general, Vicente Zapata S., Jesús Antonio Reyes ; asesoría científica, Carlos A. Flor, Reinhard Howeler, Luis Fernando Cadavid ; producción, Yolanda Romero, Viviana Gonzálfas y Nora Cristina Mesa ; diagramación, Juan Carlos Londoño. -- Cali, Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1992. __p. Es. -- (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de mandioca ; 1).

Incluye __ diapositivas col. y __ transparencias en bolsillo

ISBN:

Publicado en cooperación con el Banco Interamericano de Desarrollo, BID ; el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA ; el Centro Nacional de Investigación en Mandioca y Fruticultura Tropical, CNPMF ; la Empresa de Investigación Agropecuaria y Difusión de Tecnología de Santa Catarina, EPAGRI S/A ; la Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad Nacional de Asunción, FIA/UNA ; el Instituto Agronómico del Paraná, IAPAR ; la Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural de Rio Grande do Sul, EMATER R.S.; la Dirección de Extensión Agraria Ministerio de Agricultura y Ganadería, DEA/MAG ; y la Dirección de Investigación Agrícola Ministerio de Agricultura y Ganadería, DIA/MAG.

1. Yuca -- Suelos -- Manejo y conservación. 2. Mandioca -- Suelos -- Manejo y conservación. 3. Yuca -- Cultivo -- Preparación del suelo. I. Ken Moriya, Miguel. II Duarte Souza, Laercio. III. Paniagua, Julio. IV. Villa, Gerónimo. V. Córdoba de Souza, Celso Antonio. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. VII. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. VIII. Centro Nacional de Investigación en Mandioca y Fruticultura Tropical. IX. Empresa de Investigación Agropecuaria y Difusión de Tecnología de Santa Catarina X. Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad Nacional de Asunción XI. Instituto Agronómico del Paraná XII. Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural de Rio Grande do Sul XIII. Dirección de Extensión Agraria Ministerio de Agricultura y Ganadería XIV. Dirección de Investigación Agrícola Ministerio de Agricultura y Ganadería XV. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Agradecimientos

Los autores de este material agradecen al doctor Vicente Zapata y a los Ingenieros agrónomos Jesús Antonio Reyes y Carlos Flor, del Programa de Capacitación Científica del CIAT, el apoyo técnico que les brindaron durante todas las etapas de su formación como capacitadores. Las múltiples contribuciones que ellos hicieron para garantizar la publicación de esta serie de materiales son dignas de reconocimiento de todos aquellos que se benefician de la capacitación que se imparte mediante el empleo de las Unidades de Aprendizaje.

Los autores



Prefacio

En las últimas décadas el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, en colaboración con los programas nacionales de investigación agrícola, ha desarrollado tecnología para los cultivos de frijol, mandioca y arroz. Al mismo tiempo, el Centro ha contribuido al fortalecimiento de la investigación en los programas nacionales mediante la capacitación de muchos de sus investigadores. Como consecuencia, ahora existe en América Latina un acervo de tecnologías disponibles para los agricultores y un número importante de profesionales expertos en los cultivos mencionados.

También existe en nuestros países latinoamericanos un gran número de extensionistas dedicados a estos cultivos. Sin embargo, muchos de ellos no han tenido la oportunidad de actualizarse en las nuevas tecnologías y, por lo tanto, el flujo de éstas a los agricultores no ocurre con la rapidez y amplitud requeridas para responder a las necesidades de mayor producción de alimentos y de mejoramiento de los ingresos de los productores. Para superar esta limitación, el CIAT ha fomentado la creación de redes de capacitación que ayuden a los extensionistas a actualizarse en las nuevas tecnologías.

Las nuevas redes están integradas por profesionales expertos en frijol, mandioca o arroz, quienes, bajo la orientación del CIAT, aprendieron métodos de aprendizaje para capacitar a otros profesionales, y están provistos por ello de materiales de apoyo para la capacitación, llamados Unidades de Aprendizaje, una de las cuales es la presente.

Se han desarrollado tres redes de capacitación, cuyos integrantes, en el proceso de su transformación de especialistas agrícolas en “capacitadores” de profesionales agrícolas, elaboraron las Unidades de Aprendizaje. Creemos que ellas son instrumentos dinámicos que esperamos sean adoptados por muchos profesionales quienes, a su vez, harán ajustes a su contenido para adecuarlas a las condiciones locales particulares en que serán usadas.

Hasta ahora las Unidades han pasado exitosamente la prueba de su uso. Pero sólo con el correr del tiempo veremos si realmente han servido para que la tecnología llegue a los agricultores, mejorando su bienestar y el de los consumidores de los productos generados en sus tierras. Con el ferviente deseo de que estos beneficios se hagan realidad, entregamos las Unidades para su uso en las redes y fuera de ellas.

En el desarrollo metodológico de las Unidades y en su producción colaboraron muchas personas e instituciones. A todas ellas nuestro reconocimiento, y especialmente a los nuevos capacitadores, así como a los dirigentes de sus instituciones, y a los científicos del CIAT.

Un particular agradecimiento merece la señora Flora Stella Collazos de Lozada por la eficaz y eficiente transcripción de los originales.

Hacemos también un claro reconocimiento tanto de la labor de dirección de la estrategia de formación de capacitadores, realizada por Vicente Zapata S., Ed. D., como de su acertada dirección de las actividades de capacitación de las cuales surgió la serie de Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en mandioca.

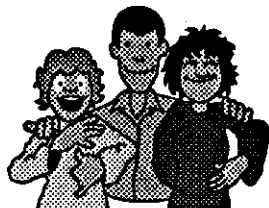
Finalmente, nuestro agradecimiento al Banco Interamericano de Desarrollo, entidad que financió el Proyecto para la Formación de Capacitadores, el cual incluye la producción de estas Unidades.

Gerardo E. Häbich

Director Asociado, Relaciones Institucionales

CIAT

Características de la audiencia



Esta Unidad de Aprendizaje está dirigida a profesionales que trabajan en el área agropecuaria, como Ingenieros Agrónomos, Biólogos, y Técnicos Agropecuarios de nivel medio, quienes hacen extensión rural o prestan asistencia técnica ya sea pública o independiente en el sector privado.

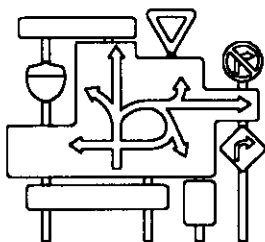
La audiencia, en términos de los conocimientos previos para esta capacitación, deberá ser preferentemente homogénea para facilitar el entendimiento del tema; no obstante, una leve heterogeneidad no será limitante. Personas con menos conocimientos pueden participar como oyentes.

El grupo estará compuesto por 20 participantes que se encuentren trabajando en el cultivo. El sexo, la edad, o la procedencia urbana o rural, no limitan esa participación.

Como necesidades específicas que la audiencia trae a la capacitación podrían citarse:

- Aplicar en la práctica los principios básicos de conservación de suelos en el cultivo de mandioca.
- Utilizar eficazmente las ayudas disponibles para ese fin.
- Reducir los costos de producción de la mandioca.

Instrucciones para el manejo de la Unidad



Esta Unidad de Aprendizaje ha sido preparada para su uso en el área del Cono Sur, por lo cual en ella se hace referencia específica a ese contexto geográfico y a los agroecosistemas comprendidos en dicha región. Las personas interesadas en emplear este material para la capacitación en otras regiones o países deberán realizar los ajustes necesarios, tanto en el contenido teórico como en aquellas partes que se refieren a los resultados de la investigación local.

El contenido de la Unidad se distribuye en tres secuencias instruccionales, con recursos metodológicos y materiales de apoyo, con el fin de facilitarle a la audiencia el aprendizaje. Para optimizar su utilidad sugerimos tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

Antes de usar la Unidad cerciórese de que sus componentes (páginas de contenido, diapositivas y transparencias) se encuentren en buen estado y con la secuencia adecuada; familiarícese con ellos; asegúrese de contar con el equipo necesario para proyectar las diapositivas y transparencias; compruebe su buen funcionamiento; ponga en práctica los recursos metodológicos de la Unidad, midiéndoles el tiempo para que pueda llevar a cabo todos los eventos de instrucción (preguntas, respuestas, ejercicios, presentaciones, etc.); prepare los sitios y materiales que necesite para las prácticas de campo y finalmente asegúrese de tener a mano todos los materiales necesarios para la instrucción.

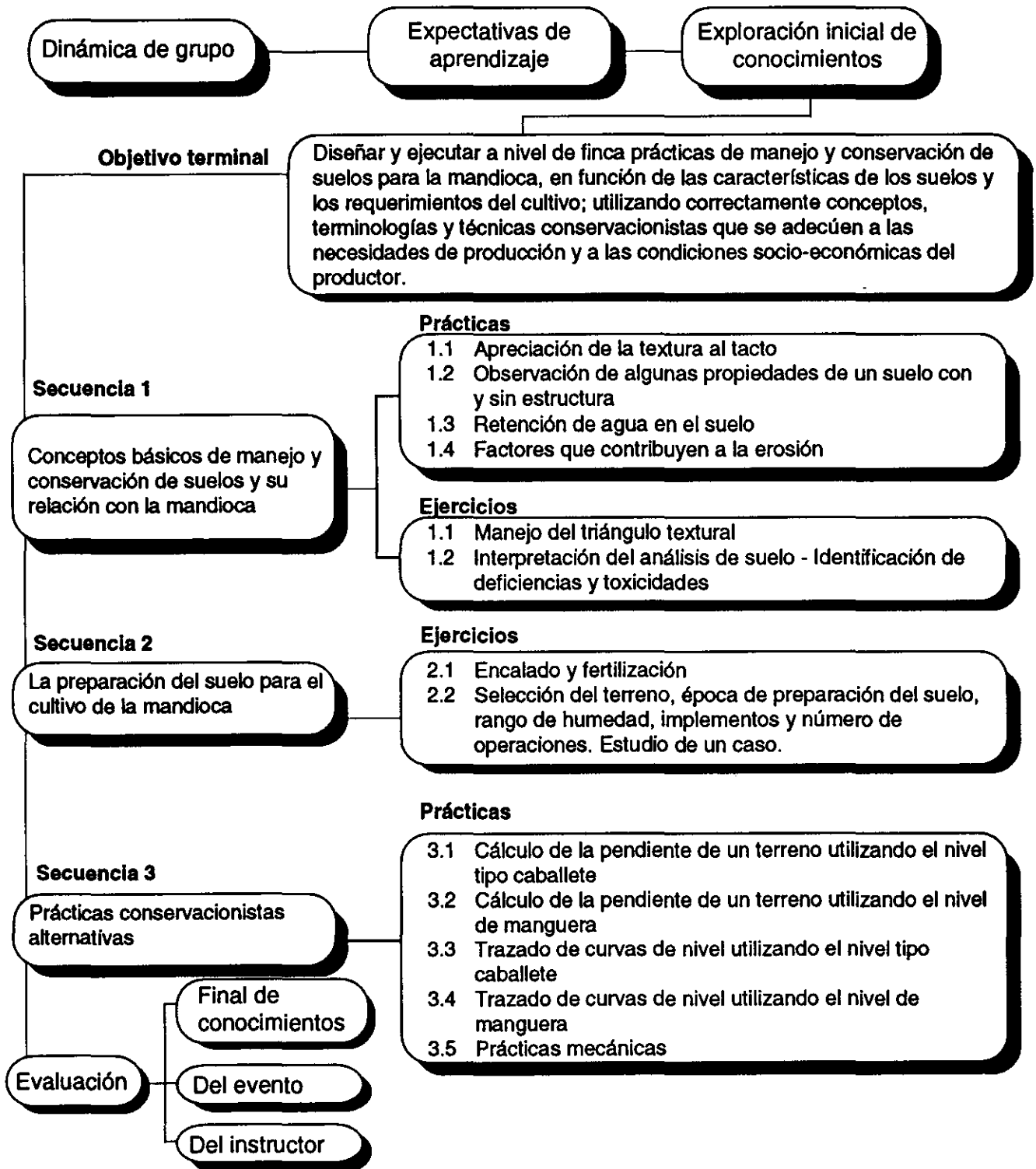
Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de asegurar su cumplimiento; evite las discusiones personales innecesarias para que pueda cumplir con los objetivos de la Unidad; escriba las observaciones que, según su criterio, permiten mejorar el contenido y la metodología de la Unidad; haga énfasis en los objetivos específicos para aumentar la concentración de la audiencia; centre la atención de los participantes en los puntos principales y en la relación que tienen todos los subtemas con el objetivo terminal de la Unidad.

Para desarrollar cada secuencia, el instructor discutirá los objetivos específicos, luego expondrá el contenido técnico e introducirá las prácticas y ejercicios en el aula y en el campo.

A los participantes se les hará una evaluación formativa y al final del taller se realizará la evaluación sumativa.

Después de usar la Unidad cerciórese de que todos sus elementos queden en buen estado y en el orden adecuado; obtenga información de retorno con respecto a su eficacia como instrumento de aprendizaje; responda a las inquietudes de la audiencia y haga las preguntas que considere convenientes. Insista en la consulta de la bibliografía recomendada y en la búsqueda de información más detallada sobre los temas del contenido que hayan despertado mayor interés en la audiencia. Finalmente, después de transcurrido el tiempo necesario, evalúe la forma en que se está realizando el manejo y conservación de suelos en mandioca en la zona de influencia de quienes recibieron la capacitación; sus aplicaciones en los lotes de los productores le indicarán su utilidad y el grado de aprendizaje obtenido.

Flujograma para el estudio de esta Unidad¹



1/ El flujograma muestra la secuencia de pasos que el instructor y la audiencia deben dar para lograr los objetivos.

Dinámica de grupo



Para lograr una mayor integración entre los participantes, el instructor les puede programar una discusión inicial, que puede llevarse a cabo en un período de no más de 30 minutos y en pequeños grupos de cinco personas. Para la discusión se sugiere el tema siguiente:

“¿Qué espero obtener de mi trabajo?”

Instrucciones

1. Cada miembro del grupo recibe una copia de la lista de beneficios y procede a darle un orden de prioridad (de 1 a 10 cuando 1 quiere decir “lo más esperado” y 10 “lo menos esperado”).
2. Al iniciar la discusión nombran un relator y un moderador. Enseguida los participantes se presentan entre sí y comparten datos acerca de su familia, su formación y su experiencia laboral.
3. Luego se estudia la lista y las prioridades que cada uno señaló, haciendo una tabla que muestre cuáles aspectos fueron señalados como prioritarios.
4. Finalmente, cada relator presenta ante el total de participantes la tabla de prioridades que surgió en su grupo. Se hacen comentarios acerca de las similitudes y diferencias que hay entre las tablas presentadas por cada grupo.

“¿Qué espero obtener de mi trabajo?”	Prioridad (1-10)
• Buen salario	
• Estabilidad laboral	
• Promociones/ascensos	
• Ambiente físico adecuado	
• Hacer lo que yo sé	
• Lealtad entre directivos y empleados	
• Disciplina sin presiones indebidas	
• Aprecio por el trabajo que uno hace	
• Ayuda mutua	
• Conocimiento oportuno de las decisiones	

Expectativas de aprendizaje

Orientación para el instructor

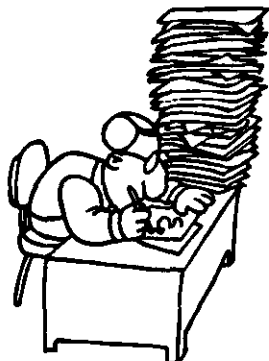
En el cuestionario de Expectativas de Aprendizaje los participantes pueden expresar sus intereses y lo que esperan del contenido técnico de esta Unidad. Los resultados del cuestionario serán correlacionados con los objetivos de la capacitación. Las preguntas deben responderse en forma individual; al terminar, cada participante se reunirá con sus compañeros de grupo para compartir sus respuestas. El grupo escogerá un relator quien tendrá a su cargo la presentación de las expectativas del grupo.

Con base en las presentaciones realizadas por los relatores, el instructor clasificará en un papelógrafo la información presentada. Cuando todos los relatores hayan hecho su presentación, el instructor procederá a indicar cuáles de las expectativas:

- Coinciden plenamente con los objetivos de la Unidad.
- Tienen alguna relación con los objetivos de la Unidad.
- Se refieren a otros aspectos de la capacitación que no han sido considerados en la Unidad.

Expectativas de aprendizaje

Instrucciones para el participante



El cuestionario que se presenta a continuación tiene como objetivo correlacionar sus expectativas con las de sus compañeros y con los objetivos de la Unidad. Cuando haya contestado las preguntas reúnanse con sus compañeros de grupo, comparta con ellos las respuestas y nombren un relator para presentar las conclusiones.

Tiempo: 20 minutos

Nombre: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Nivel académico: _____

Institución o Entidad: _____

Responsabilidad actual en su trabajo

- Investigación
- Extensión
- Docencia
- Administración
- Otros

Junto a cada una de las diez frases abajo citadas, coloque una de las tres letras “a, b, c” según la siguiente indicación:

- a. Cuando la adquisición del conocimiento es muy necesaria para usted.
- b. Cuando es necesaria.
- c. Cuando no es necesaria.

1. Al finalizar el estudio de esta Unidad, usted espera:

- 1.1 Interpretar un análisis químico de suelo para el cultivo de la mandioca. ____
- 1.2 Estar en capacidad de hacer recomendaciones sobre manejo de fertilizantes con base en el análisis químico de suelos y los requerimientos nutricionales de la mandioca. ____
- 1.3 Conocer los requerimientos nutricionales de la mandioca. ____
- 1.4 Identificar suelos recomendables por sus características físicas, químicas y topográficas para el cultivo de la mandioca. ____
- 1.5 Establecer relaciones entre las características y propiedades de los suelos y los requerimientos de la mandioca, utilizando correctamente la terminología y los conceptos relacionados con el manejo y la conservación de los suelos. ____
- 1.6 Aplicar las prácticas conservacionistas más indicadas para el cultivo de la mandioca. ____
- 1.7 Elaborar planes de preparación y conservación de suelos de acuerdo con los requerimientos de la mandioca. ____
- 1.8 Trazar curvas de nivel. ____
- 1.9 Demostrar algunas prácticas conservacionistas que satisfagan las necesidades de manejo de los suelos para la producción de mandioca en el Cono Sur. ____
- 1.10 Orientar al productor sobre prácticas de preparación del suelo para el cultivo de la mandioca. ____

2. ¿Qué otros conocimientos espera obtener al finalizar el estudio de esta Unidad? _____

Exploración inicial de conocimientos

Orientación para el instructor

A continuación se presenta un cuestionario cuyas preguntas tienen relación con el contenido técnico de la Unidad. Al contestar estas preguntas se espera lograr una evaluación inicial de los conocimientos que los participantes tienen sobre los temas principales de la Unidad.

Una vez que los participantes hayan contestado el formulario, el instructor dará las respuestas correctas sin entrar en mayores detalles o explicaciones sobre el por qué de las respuestas.

Al finalizar el estudio de la Unidad se hará la evaluación final de conocimientos para comparar los resultados obtenidos con la exploración inicial. De esta manera se podrá tener una indicación del progreso logrado por los participantes.

Exploración inicial de conocimientos

Instrucciones para el participante



Responder este cuestionario le ayudará a conocer cuánto sabe acerca de los aspectos más importantes de esta Unidad. Cuando lo haya respondido, podrá comparar esas respuestas con las que le presente el instructor, y así estimar los conocimientos con que usted inicia el estudio de este tema.

Tiempo: 15 minutos

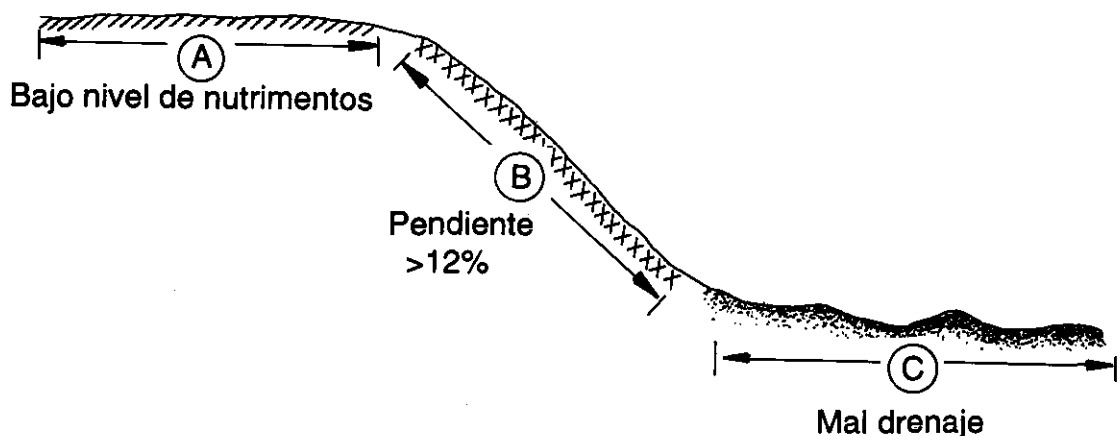
Nombre: _____

Fecha: _____

1. Cuáles son las condiciones ideales del suelo para la producción de mandioca en relación con:

- Textura _____
- Estructura _____
- Topografía _____
- Humedad _____
- Nutrientes _____

2. Dadas las tres siguientes situaciones:



¿En cuál de las tres preferiría sembrar un cultivo de mandioca?
¿Por qué? _____

3. En la fertilidad de los suelos interactúan diversos factores físicos, químicos y biológicos. ¿Cuáles de estos factores son los de más fácil manejo? _____

Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

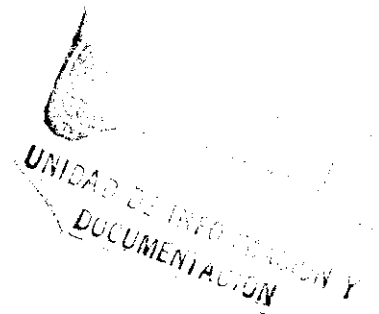
Orientación para el instructor

Una vez que los participantes hayan contestado las preguntas del cuestionario, el instructor procede de la siguiente manera:

1. Presenta las respuestas correctas (papelógrafo, acetato, hoja impresa).
2. Permite que los participantes comparen sus respuestas con las que él ha presentado.
3. Discute brevemente las respuestas sin profundizar demasiado en cada una de ellas.

Para hacer más dinámico este ejercicio, los cuestionarios se pueden intercambiar entre los participantes al revisarlos. El instructor puede hacer un conteo del número de individuos que contestaron acertadamente cada una de las preguntas. De esta manera, el instructor puede conocer si es mayor o menor el número de participantes que posee un conocimiento previo acerca de los diferentes tópicos que se tratarán.

Es también recomendable que el instructor tenga a disposición de los participantes las referencias bibliográficas específicas (texto, capítulo, página) que respaldan las respuestas.



Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno



1. a. Textura: media.

Para un buen desarrollo de las raíces, el suelo no debe tener predominio de poros con capacidad de retener agua sobre los que contienen aire; esta relación es una propiedad de los suelos de textura media.

- b. Estructura: baja cohesión.

Puesto que las raíces de las tuberosas al desarrollarse ejercen presión sobre el suelo, estructuras de baja cohesión facilitan este desarrollo.

- c. Topografía: plana o con declividad máxima de 12%.

Debido a su lento desarrollo inicial y poca cobertura superficial por las hojas, declividades mayores de 12% causan grandes pérdidas de suelo por erosión.

- d. Humedad: suelo no encharcado.

En condiciones anaeróbicas ocurre la pudrición de las raíces en el suelo.

- e. Nutrientes: niveles altos de P, K y de materia orgánica.

A pesar de que el fósforo se encuentra en cuarto lugar, en cuanto a cantidad requerida por la planta, la bibliografía señala al fósforo como el elemento que más estimula la producción de raíces. La materia orgánica, además de constituirse en fuente de algunos nutrientes, mejora las propiedades físicas del suelo en general. Al cosechar las raíces se está exportando del suelo cantidades altas de K.

2. A. Se escoge la opción A porque las variables relacionadas con bajo nivel de nutrientes son relativamente fáciles de controlar. En la opción B se favorecería la erosión. En la opción C la posibilidad de encharcamientos podría causar pudrición de raíces.

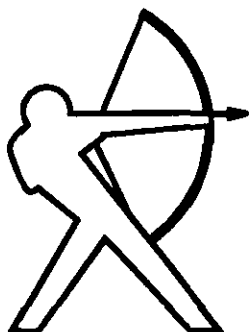
3. Las mayores posibilidades de manejo se encuentran en los factores químicos, pues los factores físicos son difíciles de recuperar después de ser degradados. Estos exigen tratamiento preventivo. Los factores biológicos se manifiestan favorablemente cuando ocurre buena interacción físico-química, y exigen mucho tiempo para su estabilización.
- Manejo químico: es posible adicionar nutrientes al suelo y levantar su nivel.
 - Manejo físico: en la práctica es económicamente imposible convertir un suelo arenoso en arcilloso o viceversa, o aumentar su profundidad efectiva o disminuir su declividad, etc.
 - Manejo biológico: es la respuesta al manejo armónico de las propiedades físico-químicas. Cuando no se presentan estas condiciones satisfactorias las poblaciones de flora y fauna del suelo no se estabilizan.

Objetivos

Terminal

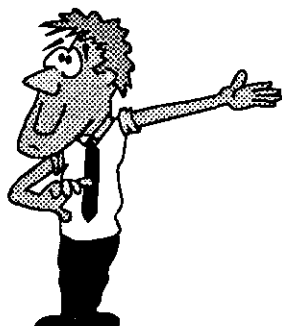
- ✓ Al finalizar el estudio de esta Unidad, los participantes estarán en capacidad de diseñar y ejecutar, a nivel de finca, prácticas de manejo y conservación de suelos para la mandioca, en función de las características de los suelos y de los requerimientos del cultivo; utilizando correctamente conceptos, terminologías y técnicas conservacionistas que se adecúen a las necesidades de producción y a las condiciones socio-económicas del productor.

Específicos



- ✓ Establecer relaciones entre las características y propiedades de los suelos y los requerimientos de la mandioca, utilizando correctamente la terminología y los conceptos relacionados con manejo y conservación de suelos.
- ✓ Diseñar un plan de preparación de suelos en función de las propiedades físicas y de las necesidades específicas de un determinado lugar, para un mejor aprovechamiento del potencial de las variedades de mandioca cultivadas.
- ✓ Demostrar algunas prácticas conservacionistas que contribuyen al buen manejo de los suelos en que se produce la mandioca en el Cono Sur, y que sean adecuadas a las condiciones socio-económicas de los productores en sus fincas.

Introducción



La erosión es uno de los principales problemas que afectan la agricultura y la economía de los países del Cono Sur. Las pérdidas de suelo en la región son muy elevadas. Dentro de cada país, varían en función de la topografía, del tipo de suelo, del cultivo plantado, y del uso de prácticas conservacionistas. En estudios efectuados se obtuvieron datos de pérdidas de suelo que varían de 11 t/ha al año (Margolis *et al.*, 1981), a 221 t/ha al año (Aina *et al.*, 1977).

En un ensayo hecho por Marques *et al.* (1961) se encontró que la mandioca causaba pérdidas de suelo por erosión sólo superadas por la "mamona" (*Ricinus communis*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*). La pérdida causada fue de aproximadamente 33 t/ha de suelo, en un terreno cuya pendiente estaba entre 8% y 12%.

Las pérdidas de suelo se producen principalmente en la siembra, y a veces en la cosecha, y pueden continuar después de ésta si el suelo permanece descubierto. Luego de la siembra, la mandioca demora mucho en formar una buena cobertura que proteja el suelo del impacto de las gotas de lluvia. En el Cono Sur los productores de mandioca, en su gran mayoría, la cultivan en suelos con pendiente, lo cual agrava el problema de la erosión causada por la lluvia. Por otra parte, las condiciones económicas de estos productores no favorecen la adopción de prácticas conservacionistas. El uso de tractores e implementos inadecuados, o empleados en forma inadecuada, ha intensificado el problema de la erosión en la región.

La erosión del suelo está causando reducción en la productividad de la mandioca y en los ingresos de los productores. La pérdida de suelo afecta el patrimonio del productor y aumenta la sedimentación en los ríos.

Uno de los principales objetivos de esta Unidad es actualizar a los extensionistas en los principales conceptos relacionados con el manejo y la conservación de suelos, teniendo como cultivo la mandioca. El entendimiento de estos conceptos y de sus interrelaciones conduce a dos objetivos: tomar acertadamente decisiones en las diferentes actividades que constituyen la preparación de los suelos para el cultivo, y permitir a los extensionistas seleccionar prácticas de manejo y conservación de suelos, en función de diferentes condiciones de topografía, lluvias, disponibilidad de maquinaria.

Se espera que la adopción de estas prácticas conservacionistas por parte de los productores disminuya en forma significativa las pérdidas de suelo y mejore la productividad del cultivo de mandioca en la región.

Las prácticas de manejo y conservación de suelos propuestas son el resultado de extensos y continuos trabajos de investigación adelantados por diferentes instituciones de los países del Cono Sur.

Secuencia 1

**Conceptos básicos
de manejo y
conservación de
suelos y su relación
con la mandioca**

Contenido

	Página
Objetivo	1-7
Información	1-9
• Textura	1-9
• Estructura	1-12
• Humedad del suelo	1-14
• Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)	1-14
• Materia orgánica	1-16
• Definición	1-16
• Composición	1-16
• Importancia	1-18
• Fuentes	1-18
• Coloides, iones y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	1-18
• Requerimiento nutricional	1-20
• Importancia	1-20
• Exportación de nutrimentos	1-21
• Desórdenes nutricionales	1-21
• Análisis del suelo	1-22
• Erosión	1-23
• Definición	1-23
• Factores físicos	1-24
• Formas de erosión hídrica	1-26
• Erosión laminar	1-26
• Erosión en surcos	1-26
• Erosión en cárcavas	1-26

	Página
Bibliografía	1-27
Práctica 1.1. Apreciación de la textura al tacto	1-29
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Ejercicio 1.1. Manejo del triángulo textural	1-32
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Práctica 1.2. Observación de algunas propiedades de un suelo con y sin estructura	1-35
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Práctica 1.3. Retención de agua en el suelo	1-38
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Ejercicio 1.2. Interpretación del análisis de suelo. Identificación de deficiencias y toxicidades	1-41
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Práctica 1.4. Factores que contribuyen a la erosión	1-44
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Resumen de la Secuencia 1	1-47

Flujograma Secuencia 1

Conceptos básicos de manejo y conservación de suelos y su relación con la mandioca

Objetivos

Establecer relaciones entre las características y propiedades de los suelos y los requerimientos de la mandioca, utilizando correctamente la terminología y los conceptos relacionados con manejo y conservación de suelos.

Contenido

- Textura
- Estructura
- Humedad del suelo
- Materia orgánica
- Coloides, iones y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
- Requerimiento nutricional
- Erosión

Bibliografía

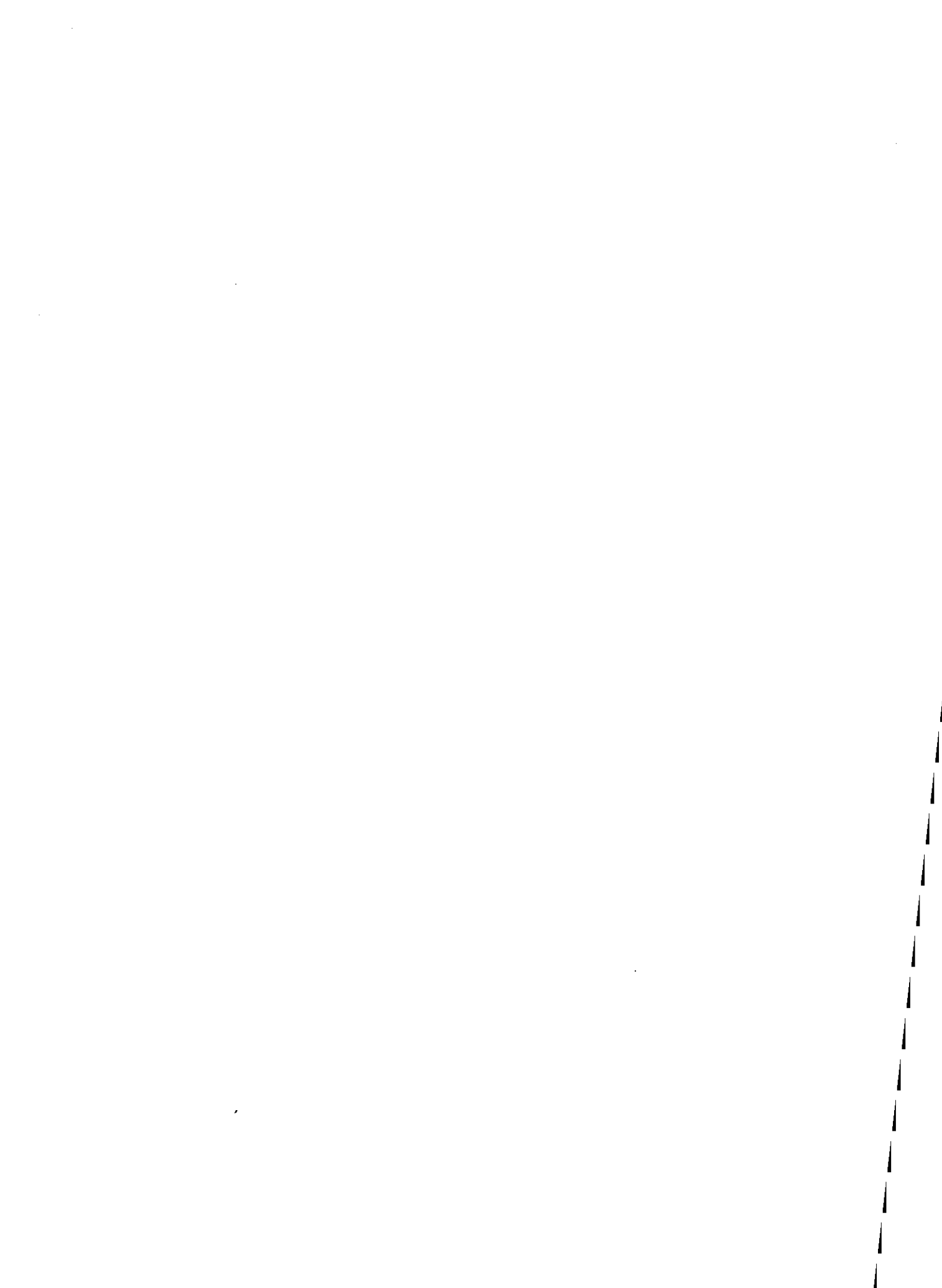
Prácticas

- 1.1 Apreciación de la textura al tacto
- 1.2 Observación de algunas propiedades de un suelo con y sin estructura
- 1.3 Retención de agua en el suelo
- 1.4 Factores que contribuyen a la erosión

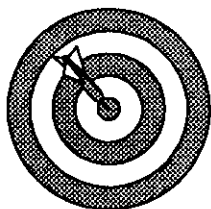
Ejercicios

- 1.1 Manejo del triángulo textural
- 1.2 Interpretación del análisis de suelo. Identificación de deficiencias y toxicidades

Resumen Secuencia 1



Objetivo



- ✓ Al finalizar el estudio de la presente Secuencia el participante estará en capacidad de:
establecer relaciones entre las características y propiedades de los suelos y los requerimientos de la mandioca, utilizando correctamente la terminología y los conceptos relacionados con manejo y conservación de suelos.

Información

Las características del suelo tales como el tamaño, la forma, la naturaleza y el arreglo de las partículas que lo constituyen, son algo intrínseco al suelo. La acción sobre las características del suelo de factores externos como el agua, el aire, las fuerzas de tracción mecánica, propicia la manifestación de las llamadas propiedades del suelo: el drenaje, la porosidad, el color y la densidad.

Textura

Las partículas minerales del suelo cuando están separadas o individualizadas por procesos diversos, presentan diferentes formas y tamaños.

La textura de un suelo se puede definir como la proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas primarias que lo componen.

La clasificación del tamaño de las partículas de un suelo, cuando están separadas, se realiza según varias escalas; en nuestro medio la más utilizada es la del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (U.S.D.A.) (Ver Cuadro 1.1 y Figura 1.1).

Cuadro 1.1. Escala para el tamaño de las partículas de suelo (U.S.D.A.)

Arena					Limo	Arcilla
muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
2.0 mm	1.0	0.5	0.25	0.10	0.05	<0.002 mm

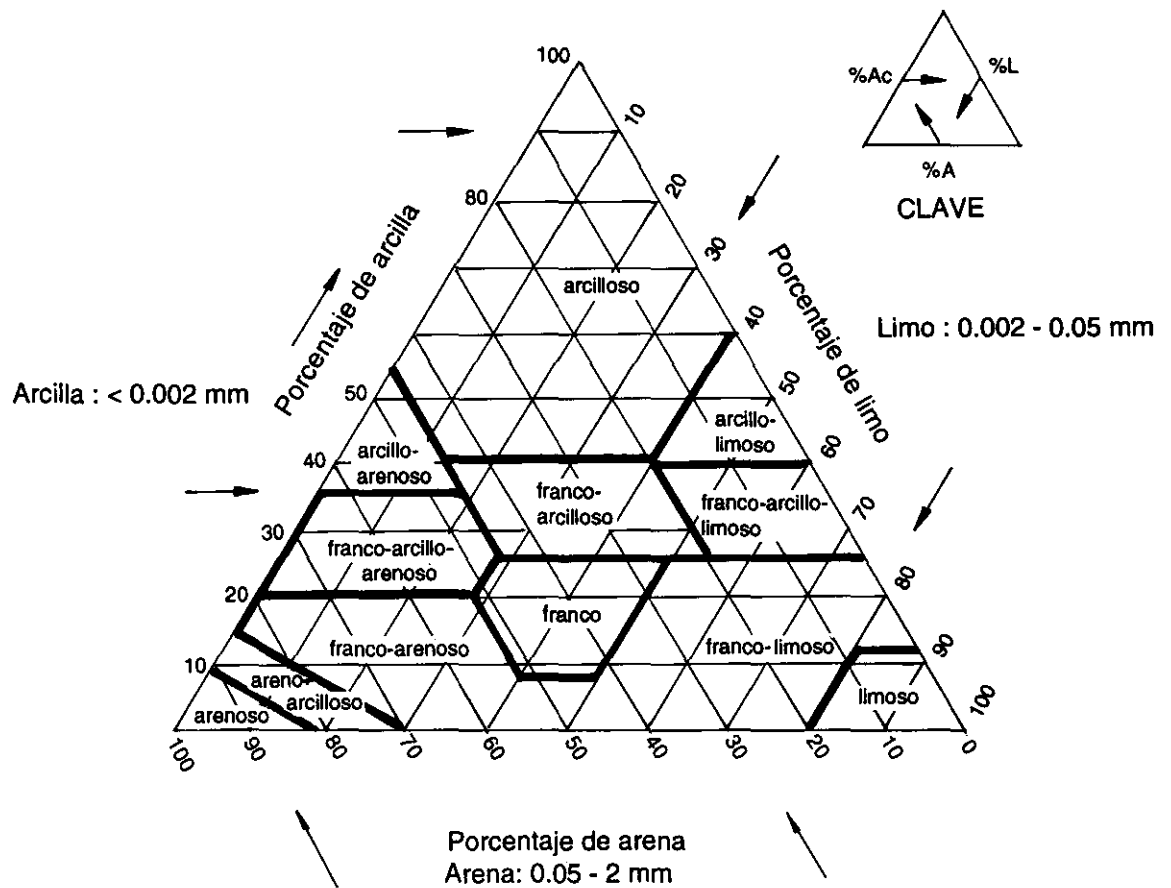


Figura 1.1. Triángulo para la determinación de la textura de un suelo según los porcentajes de arena, limo y arcilla (U.S.D.A.).

Para hacer una comparación objetiva de la enorme disparidad que existe entre los diámetros de las diferentes partículas del suelo, supóngase que una partícula de arcilla, con un diámetro real de 0.002 mm, tenga el tamaño de una cabeza de alfiler, de diámetro igual a 1 mm. Siguiendo esta proporción, las otras partículas estarían representadas por esferas cuyos diámetros y objetos equivalentes indicamos a continuación:

Partícula	Diámetro comparativo supuesto en mm	Objeto equivalente
Arcilla	1*	Cabeza de alfiler
Silte, limo	25	Bolita, canica
Arena muy fina	50	Bola de billar
Arena fina	125	Bola de bocha
Arena media	250	Pelota de fútbol
Arena gruesa	500	Esfera de medio metro de diámetro
Arena muy gruesa	1000	Esfera de un metro de diámetro

* Diámetro real de la arcilla < 0.002 mm

Ocurren también diferencias en las formas de las partículas; predomina la forma de esfera en las arenas y los limos, y formas de lámina en las arcillas. Esto da lugar a grandes diferencias en las superficies específicas de estas partículas (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Algunas características de las partículas del suelo (Foth, 1984)

Separado mecánico	Diámetro (mm)	Número de partículas por gramo	Superficie específica (cm ² /g)
Arena	2.00 - 0.05	90 a 722.000	11 a 227
Limo	0.05 - 0.002	722.000 a 5.776.000	227 a 454
Arcilla	< 0.002	5.776.000 a 90.260.853.000	8.000.000

La importancia de esta propiedad, la superficie específica, está en el hecho de que la gran mayoría de las reacciones del suelo ocurre en la superficie de los minerales; por tanto, cuanto mayor sea la superficie expuesta, mayor será la capacidad de reacción del suelo con otros elementos del medio.

La composición granulométrica de las diversas fracciones que determinan la textura, determina también otras propiedades del suelo, como la infiltración y la circulación del agua, y el tenor de los nutrimentos las cuales influyen en el desarrollo de las plantas.

La mandioca se cultiva en todo el rango textural; las mayores productividades se obtienen en suelos de textura media con buen drenaje, y de fácil preparación para la siembra.

Estructura

Estructura es la forma en que se arreglan los componentes de un todo. En la formación de la estructura de un suelo, el primer arreglo que ocurre es el de las partículas primarias, para formar los llamados agregados o estructuras primarias. Estos son de diversos tipos. Después ocurre un segundo arreglo, entre los agregados, para dar lugar a la llamada estructura secundaria. Existen diferentes estructuras según la forma y el tamaño de los agregados (Figura 1.2), así como diferentes grados de estabilidad de los mismos.

Una propiedad del suelo muy relacionada con la estructura es la porosidad. Los poros dentro de los agregados se denominan microporos. Los poros entre los agregados se denominan macroporos. El agua y el aire ocupan los espacios porosos del suelo.

La estructura es una de las características del suelo que más influye en la penetración de las raíces y en su distribución en el suelo.

Para desarrollar plenamente su sistema de raíces tuberosas, la mandioca requiere suelos con estructura de poca cohesión, de manera que los agregados puedan separarse fácilmente unos de otros sin romperse. De esta forma, los agregados no ofrecen resistencia excesiva sobre las raíces.

DEFINICION DIAGRAMATICA Y UBICACION EN EL SUELO DE VARIOS TIPOS DE ESTRUCTURA DEL SUELO

Tipo de estructura	Descripción de los agregados	Diagrama de los agregados	Horizonte de ubicación más común
Granular	Relativamente sin poros; terrones pequeños y esferoidales; no se unen a otros agregados. Permeabilidad moderada.		Horizonte A
Migajonosa	Relativamente porosa; terrones pequeños y esferoidales; no se unen a otros agregados. Permeabilidad muy rápida.		Horizonte A
En placas	Los agregados tienen forma de placas. Las placas frecuentemente se traslapan disminuyendo la permeabilidad. Permeabilidad muy lenta.		Horizonte A2 en suelos forestales y suelos con "claypan"
En bloques	Terrones en forma de bloques limitados por otros agregados, cuyas caras angulares forman el molde del terrón. Frecuentemente los agregados se rompen en terrones pequeños en forma de bloques. Permeabilidad moderadamente rápida.		Horizonte B
Subangular en bloques	Terrones como bloques limitados por otros agregados cuyas caras subangulares redondeadas forman el molde del terrón. Permeabilidad moderadamente rápida.		Horizonte B
Prismática	Terrones en forma de columnas sin extremos redondeados. Otros agregados prismáticos forman el molde del terrón. Algunos agregados prismáticos se rompen en terrones más pequeños en forma de bloques. Permeabilidad rápida.		Horizonte B
Columnar	Terrones en forma de columnas con los extremos redondeados, limitados lateralmente por unos agregados columnares, los cuales forman el molde para los terrones. Permeabilidad rápida.		Horizonte B en suelos solonetz

Figura 1.2. Clases de estructura de los suelos (Millar *et al.*, 1971).

Humedad del suelo

La humedad se expresa como una relación entre las partículas sólidas del suelo y el agua existente en él en un determinado momento. Se puede medir como peso (gramos de agua por gramos de suelo) o como volumen (centímetros cúbicos de agua por centímetros cúbicos de suelo). O sea:

$$\text{Humedad con base en masa} = \mu = \frac{\text{masa de agua (g)}}{\text{masa de suelo seco a } 105^{\circ}\text{C (g)}}$$

$$\text{Humedad con base en volumen} = \theta = \frac{\text{volumen de agua (cc)}}{\text{volumen de suelo seco a } 150^{\circ}\text{C (cc)}}$$

El agua y el aire ocupan todo el espacio poroso del suelo. La interacción entre el agua y los poros de diverso diámetro, determina la capacidad de retención de agua del suelo. Los poros pequeños retienen agua por más tiempo y se denominan poros de *almacenamiento* (microporos dentro de los agregados); los poros grandes son denominados poros de *transmisión* (macroporos entre agregados) (Urquiaga, 1988).

El agua disponible para las plantas está en su mayoría dentro de los agregados (microporos), pues el mayor porcentaje del agua localizada en los macroporos drena muy rápidamente. A medida que el agua contenida en los macroporos se infiltra en el suelo, se dificulta su absorción por la planta. Existe un punto de humedad para cada suelo en que ya no es posible la absorción de agua por las raíces.

La mandioca requiere una humedad relativamente alta en el suelo en los primeros 30 días después de la siembra, es decir, durante el "brotamiento". A partir de ese momento es relativamente resistente al déficit hídrico, incluso a niveles de humedad que afectan sensiblemente a otros cultivos. La mandioca no soporta encharcamiento en ningún estado de su desarrollo.

Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Las actividades de fotosíntesis y transpiración que ocurren en las hojas están en estrecha relación con la radiación solar y con el agua disponible en el suelo.

La pérdida de agua hacia la atmósfera a través de la superficie del suelo, sin que participe de las actividades biológicas, es indeseable (Reichardt, 1987). El manejo del sistema suelo-planta-atmósfera debe promover la pérdida de agua del suelo, en el mayor porcentaje posible, a través de la superficie de las plantas por la transpiración para la mejor conversión de materia seca. Las plantas transpiran de 500 a 1000 unidades de agua de la solución del suelo para formar una unidad de materia seca.

Se considera que el agua en estado libre, a 25°C de temperatura, sin sales disueltas, y a nivel del mar tiene un estado de energía igual a cero. Cuando se coloca un capilar, de cualquier diámetro, perpendicular a la superficie del agua, se observa la entrada espontánea del agua en este capilar hasta una altura superior a esa superficie; esta altura es mayor a medida que el diámetro del capilar se hace menor.

En la naturaleza los elementos tienden espontáneamente a un estado de menor energía; por ello, al salir de un estado de energía igual a cero y penetrar espontáneamente en los capilares, el agua queda con una energía por debajo de cero, o sea una energía negativa; para que esta condición sea removida, exige que se ceda energía al sistema. Ahora bien, cuanto menor es el diámetro del capilar, mayor energía será necesaria para realizar la remoción.

El sistema de poros del suelo puede ser considerado como un sistema de capilares de diversos diámetros, con agua retenida bajo tensión en diversos niveles de energía.

Cuando ocurre una lluvia, el suelo se satura de agua; después de la saturación se presenta un drenaje causado por la fuerza de gravedad; luego de este drenaje, cierta cantidad de agua permanece retenida en el suelo, y para que ocurra una nueva remoción, observaciones prácticas han demostrado que es necesaria una tensión de un tercio de atmósfera. De ahí en adelante se tiene que aumentar cada vez más la tensión para que ocurran nuevas remociones de agua.

Las plantas consiguen absorber agua que sea retenida por el suelo hasta con tensiones del orden de 15 atmósferas; a partir de esta fuerza de retención, las plantas no pueden absorber agua y empiezan a marchitarse (Punto de Marchitez Permanente).

La cantidad de agua que permanece en el suelo después de la saturación y cuando ha terminado el drenaje se denomina "Capacidad de Campo" del suelo; aquí, el agua es retenida con una tensión de 1/3 de atmósfera.

El agua del suelo disponible para las plantas es la que está entre la capacidad de campo (1/3 atm.) y el Punto de Marchitez Permanente (15 atm.), como se puede observar en la Figura 1.3.

Materia orgánica

Definición

La materia orgánica del suelo consiste en residuos de plantas y animales (inclusive microorganismos) en la fase de descomposición o humificación.

El humus se define como el conjunto de detritus vegetales y animales que sufrieron un proceso de descomposición biológica por influencia de microorganismos, encontrándose en una forma resistente a nuevos e intensos ataques microbianos.

Composición

La materia orgánica contiene, en promedio, 5% del nitrógeno total en forma de compuestos orgánicos; otros elementos minerales, como el fósforo y el azufre, se encuentran en cantidades variables según el origen de esa materia (Jorge, 1975).

Durante su descomposición, la materia orgánica tiende a liberar nutrimentos, aunque el nitrógeno y el azufre pueden ser temporalmente inmovilizados durante el proceso. Los organismos que descomponen la materia orgánica necesitan de nitrógeno para formar proteínas en sus células. Si en la materia orgánica que se está descomponiendo la relación carbono/nitrógeno es alta (lo que significa poco nitrógeno), estos organismos usarán el nitrógeno inorgánico proveniente del suelo y existirá la posibilidad de que haya una deficiencia de nitrógeno en la planta. Por esto, es importante incorporar al suelo materiales con baja relación carbono/nitrógeno. En las leguminosas, por ejemplo, esta relación es baja.

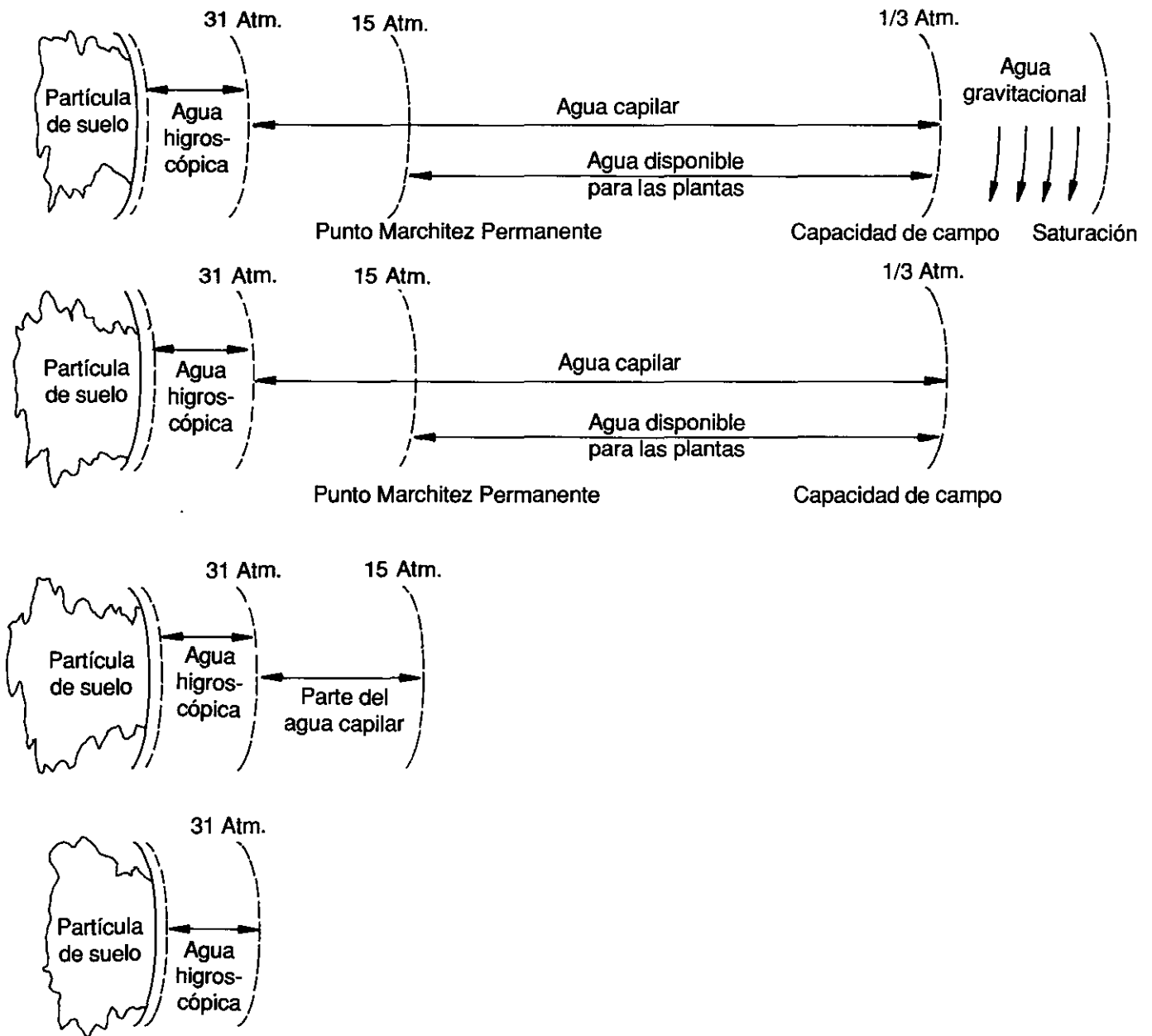


Figura 1.3. Representación esquemática de los estados de energía del agua en el suelo: agua higroscópica, agua capilar y agua gravitacional, con sus respectivas tensiones (Adaptado de Medina, 1975).

Importancia

La materia orgánica es benéfica al suelo en varias formas:

- Es fuente de nutrimentos: en la práctica se puede considerar que la materia orgánica tiene una proporción aproximada de 100:10:1:2 para C:N:S:P.
- Ayuda en la solubilización de los nutrimentos debido a los ácidos orgánicos liberados en el proceso de descomposición.
- Aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). La capacidad de la materia orgánica para la adsorción de Ca, Mg, K y otros nutrimentos evita el lavado de ellos en los suelos pobres en arcilla.
- Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo. El volumen de agua retenido por la materia orgánica puede alcanzar hasta cinco veces el volumen inicial en seco.
- Mejora la estructura, formando agregados; como consecuencia habrá mayor porosidad y friabilidad.
- Aumenta la población microbiana.
- Reduce la toxicidad de algunos productos agroquímicos.

Fuentes

Las fuentes de la materia orgánica son variadas; pueden ser de residuos de animales muertos, plantas en descomposición (residuos de poscosecha), estiércol de ganado bovino y de otros animales domésticos, incorporación y descomposición de la vegetación local, ya sea natural o sembrada (abono verde).

Coloides, iones y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Durante el proceso de formación de los suelos, a través de la descomposición de las rocas y materiales orgánicos, los minerales y la materia orgánica quedan reducidos a partículas extremadamente pequeñas, hasta un punto tal que ellas no pueden ser observadas a simple vista. Estas partículas de menor tamaño se llaman coloides. Los coloides (arcilla y materia orgánica) son responsables de la actividad química de los suelos. Cada coloide presenta una carga negativa (-) durante el proceso de formación del suelo. Esto significa que puede atraer y retener partículas con carga positiva, del mismo modo que polos diferentes de un imán se atraen. Los coloides repelen otras partículas de carga negativa. Un elemento o compuesto con carga eléctrica es llamado "ion". El potasio, el sodio, el hidrógeno, el calcio y el magnesio tienen cargas positivas y son llamados "cationes".

Los iones con cargas negativas, como el nitrato y el sulfato, son llamados "aniones". Los coloides de cargas negativas atraen los cationes de carga positiva (Figura 1.4).

El Cuadro 1.4 muestra algunos iones que juegan un papel importante en la nutrición de las plantas.

Los cationes retenidos en los coloides pueden ser sustituidos por otros cationes. Esto significa que son intercambiables. El número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener (o cantidad total de cargas negativas) es denominado Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Un suelo con alto contenido de arcilla puede retener más cationes intercambiables que un suelo con poca arcilla.

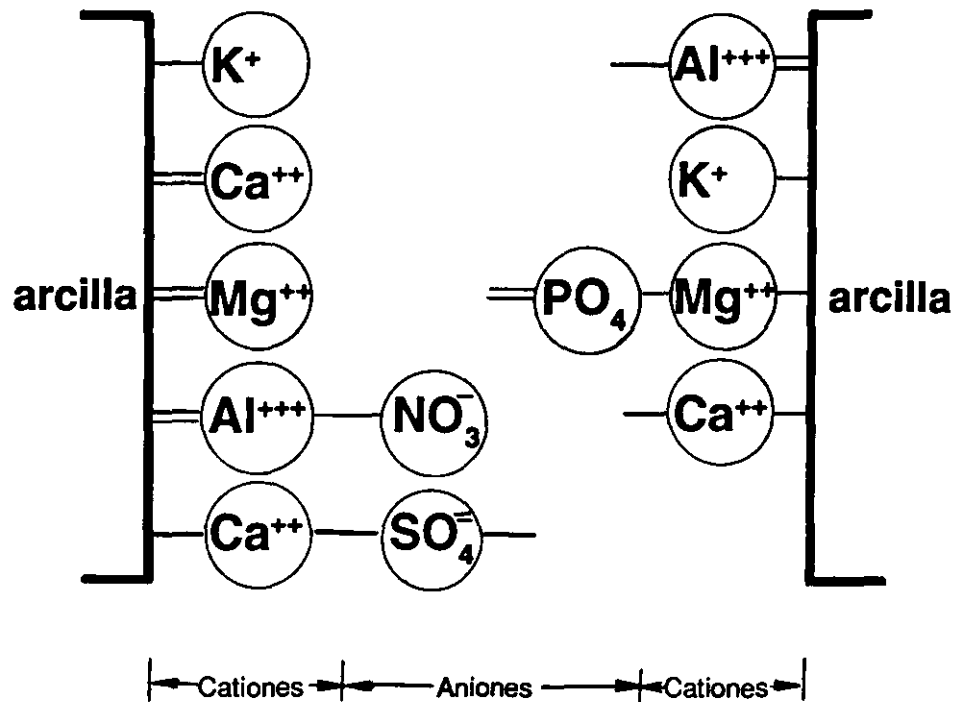


Figura 1.4. Atracción de los cationes (+) por los coloides (-)

Cuadro 1.4. Cationes y aniones más comunes en el suelo

Compuesto		Forma iónica
Cationes:	Potasio	K ⁺
	Sodio	Na ⁺
	Hidrógeno	H ⁺
	Calcio	Ca ⁺²
	Magnesio	Mg ⁺²
Aniones:	Cloruro	Cl ⁻
	Nitrato	NO ₃ ⁻
	Sulfato	SO ₄ ⁻²
	Fosfato	PO ₄ ⁻³

La CIC también sube con el aumento del contenido de la materia orgánica. Las partículas de arena no presentan cargas positivas o negativas, y por lo tanto no retienen iones.

Requerimiento nutricional

Importancia

El concepto de requerimiento nutricional se refiere a las cantidades aproximadas de nutrimentos, por hectárea, que la mandioca extrae del suelo para producir un rendimiento determinado. Para una cosecha promedio de 25 toneladas de raíces por hectárea, la mandioca requiere aproximadamente las cantidades de nutrimentos indicadas en el Cuadro 1.5.

Cuadro 1.5. Requerimientos nutricionales de la mandioca para producir 25 t/ha de raíces frescas (Howeler, 1981).

Nutrimento	Requerimientos (kg/ha) en		
	raíces	parte aérea	total
K	102.8	43.0	145.8
N	58.0	64.8	122.8
Ca	15.3	30.5	45.8
P	13.0	14.0	27.0
Mg	8.5	11.3	19.8

Por lo tanto, si se incorpora toda la parte aérea al suelo después de la cosecha, se extraen del campo solamente las cantidades de nutrientes indicadas en la columna "raíces". De acuerdo con la columna total los tres principales macronutrientes, para la mandioca, son aproximadamente:

K = 146 kg/ha

N = 123 kg/ha

Ca = 46 kg/ha

Debe recordarse que el concepto de macronutriente es cuantitativo. Por lo tanto no entra en conflicto con el concepto de "nutriente esencial", que no es cuantitativo. Desde el punto de vista de lo esencial, K, N, Ca, P, Mg, y los micronutrientes son igualmente esenciales. El fósforo, por ejemplo, es el nutriente esencial más limitativo para la producción de mandioca en muchas zonas productoras del Cono Sur. Se ha hecho, por tanto, y continúa haciéndose, una intensa investigación sobre este nutriente.

Exportación de nutrientes

Este concepto se refiere a la cantidad de nutrientes que, en la cosecha, se retiran o se "exportan" del campo. Una cosecha de 25 toneladas de raíces frescas por hectárea "exporta" del campo aproximadamente:

103 kg/ha de K

58 kg/ha de N

15 kg/ha de Ca

13 kg/ha de P

8 kg/ha de Mg

Las cantidades anteriores equivalen a las que habría necesidad de devolver al suelo para mantener el nivel de nutrientes de éste, si se remueven solamente las raíces del campo, práctica que es la más usual.

Desórdenes nutricionales

La carencia de uno o varios nutrientes, el exceso de elementos como el aluminio o el sodio, o el exceso de sustancias como las sales, dan lugar a los llamados "desórdenes nutricionales".

En el caso de las deficiencias, éstas pueden ser:

- Deficiencias simples, si se trata de la falta de un sólo nutriente.
- Deficiencias dobles, si se trata de la falta de dos nutrientes.
- Deficiencias múltiples, si se trata de la falta de más de dos nutrientes.

También puede presentarse el complejo de “exceso de uno o más elementos y deficiencias de algunos nutrientes”. El exceso de aluminio, unido a las deficiencias de fósforo, nitrógeno y magnesio, es un desorden nutricional complejo que se presenta en algunas zonas productoras de mandioca en Brasil.

Los Anexos 1, 2 y 3 son claves que ayudan en la caracterización de los desórdenes nutricionales para el caso de la mandioca. Estos anexos incluyen también algunos tipos de suelos donde hay probabilidad de una deficiencia. Esta unidad también contiene diapositivas sobre algunos desórdenes nutricionales. Para mayor información se recomienda la revisión de la guía de estudio “Desórdenes nutricionales de la planta de yuca” (Howeler, R., CIAT, 1981).

Análisis del suelo

El análisis del suelo constituye el mejor recurso para diagnosticar el nivel de nutrientes de un suelo. El punto de partida de un buen análisis es tomar una “muestra representativa del suelo o lote en donde se va a sembrar el cultivo”.

En condiciones de uniformidad aparente del suelo, que se deduce del paisaje, del manejo, del aspecto de la vegetación, y del color del suelo, debe tomarse una muestra de suelo por cada lote de 10 ha. En un lote de 15 ha habría necesidad de tomar 2 muestras. Cada muestra, a su vez, debe estar compuesta por 10 a 15 submuestras.

En terrenos no uniformes se requiere hacer el muestreo en lotes más pequeños, muestreando por separado áreas uniformes según las condiciones de relieve, paisaje, color del suelo, manejo, etc.

La correcta interpretación del análisis del suelo permite precisar si hay cantidades bajas, medias, altas o tóxicas de un nutriente esencial, o cantidades altas de elementos como el aluminio, el sodio, o sustancias como las sales. Para interpretar un análisis se necesita aclarar el concepto de “nivel crítico”. Hay dos clases de este nivel: un nivel crítico para las deficiencias y un nivel crítico para las toxicidades.

El nivel crítico para una deficiencia es la cantidad de un nutriente en el suelo por debajo de la cual se reduce en forma significativa la producción del cultivo. El nivel crítico para las toxicidades es la cantidad de un elemento en el suelo por encima de la cual se reduce en forma significativa la producción del cultivo. El Cuadro 1.6 presenta los niveles críticos más aplicables a los suelos donde se cultiva la mandioca en el Cono Sur. En este cuadro no se presenta el nivel crítico para la materia orgánica, pero se considera que en suelos con cantidades inferiores al 1%, la materia orgánica es baja.

Erosión

Definición

Se entiende por erosión del suelo todas las manifestaciones de desgaste del suelo que alteran el equilibrio del paisaje por encima de un límite naturalmente admisible. Algunas de estas manifestaciones son iniciadas por el hombre, quien facilita así la acción del agua, del viento y de la fuerza de la gravedad. La erosión hídrica es causada por el escurrimiento superficial del agua que no se infiltró en el suelo. Por ello toda medida de control de la erosión debe impedir el inicio de la misma, a través del aumento efectivo de la infiltración del agua, manteniéndose así el suelo en su lugar de origen.

Cuadro 1.6. Niveles críticos en análisis de suelos para mandioca (Howeler, 1981)

Elemento o variable	Nivel crítico*	
	Para deficiencia	Para toxicidad
pH 4.0 - 7.8*		
Al - Saturación**		80%
P (Bray II)	6 ppm	
P (Bray I)	7 ppm	
P (Carolina del N.)	9 ppm	
K intercambiable	0.15 meq/100 g	
Ca intercambiable	0.25 meq/100 g	
Conductividad		0.5 mmhos/cm 0.05 dS/m
Na - Saturación		2.5%
Zn	1.0 ppm	
Mn	5.0 ppm	

* En pH menores que 4.0 existe alta toxicidad de Al y Mn. En pH mayores que 7.8 hay deficiencias de zinc y de otros micronutrientes.

** La saturación de Al en porcentaje (Howeler, 1981) es:

$$\% \text{ sat. Al} = \frac{\text{Al}}{\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}} \times 100$$

Factores físicos

Cuando se realiza la preparación del suelo incorporando los restos vegetales, el suelo desnudo queda expuesto a la acción de los impactos de las gotas de lluvia. La energía del impacto fragmenta los agregados del suelo en partículas diminutas, y sellan rápidamente los macroporos no permitiendo el drenaje del agua, poco tiempo después de iniciada una lluvia. Entonces el agua se desplaza por gravedad hacia los lugares más bajos, transportando el suelo y causando daños de diferente magnitud.

Los factores que influyen en la erosión se resumen en una ecuación que permite evaluar la pérdida media anual de suelo en toneladas por hectárea (Bertoni *et al.*, 1975). Esta es la llamada Ecuación Universal de la Erosión, también llamada Ecuación Universal de Pérdida del Suelo por Erosión:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

donde:

A= Cantidad de suelo erosionado.

R= Erosividad de la lluvia, donde se considera la cantidad de precipitación y la energía cinética de las gotas (tamaño de las gotas e intensidad de lluvia).

K= Erodabilidad del suelo, factor que refleja las propiedades físicas. Cuanto más fácil sea la división de los agregados del suelo y la separación de las partículas, y menor sea la permeabilidad, mayor es el factor de erodabilidad.

LS= Pendiente o declividad, que es determinada por la inclinación (S) y la longitud (L) del terreno. Cuanto más inclinada y más larga la pendiente, mayor es la cantidad y la velocidad del agua que se escurre. El cultivo de la mandioca, en lo posible, no debe sembrarse en suelos con pendientes mayores que 12%.

C= Factor del cultivo y su manejo, especialmente la preparación y cobertura del suelo. Cuanto menos cubierto está el suelo por plantas verdes o restos vegetales, menor es la protección contra la lluvia y mayor es el factor "C". La vegetación amortigua la fuerza de las gotas de lluvia evitando la destrucción de los agregados y el sellado de los poros.

P= Factor de prácticas conservacionistas referentes al control de la erosión, como terrazas, cultivos sembrados en curvas de nivel, preparación del suelo en franjas, cultivos en franjas, barreras vivas, camellones o acequias en curvas de nivel, y otras.

En el Cuadro 1.7 se pueden observar las pérdidas de suelo por la erosión relacionada con la cobertura vegetal de algunos cultivos, así como el alto grado de erosión causado por la mandioca.

Cuadro 1.7. Efecto de la cobertura vegetal en las pérdidas de suelo causadas por la erosión (Margolis *et al.*, 1981).

Cobertura	Pérdida anual de suelo	
	t/ha	%
Suelo descubierto	59.9	100
Mandioca	11.0	18
Algodón	8.3	14
Maíz	2.9	5
Mucuna	2.8	5
Pasto colonial	0.4	1

La mandioca tiende a incrementar la erosión especialmente en el período anterior y posterior a la siembra, y también después de la cosecha, cuando el suelo queda descubierto. Además, la mandioca es, con frecuencia, el cultivo que mejor consigue desarrollarse a niveles económicamente satisfactorios en suelos erosionados, lo que acelera aún más el uso de estos suelos, intensificando los procesos erosivos.

Formas de erosión hídrica

La erosión causada por el agua puede tener las siguientes formas: laminar, en surcos y en cárcavas, según el estado progresivo de concentración de caudales en la superficie del suelo.

Como se mencionó antes, el impacto de la lluvia, denominado también salpicamiento, hace que las gotas golpeen la superficie del suelo rompiendo los agregados y los terrones, lo que disminuye la capacidad de infiltración del agua. Las gotas forman pequeños cráteres, compactando el área bajo la gota y esparciendo las partículas del suelo.

Erosión laminar

Consiste en el lavado de la superficie del suelo.

Erosión en surcos

Es el resultado de una concentración de agua que escurre en pequeños surcos en los campos cultivados.

Erosión en cárcavas

Se presenta cuando los surcos están bastante erosionados en profundidad y en anchura.

Otras formas de erosión son: deslizamientos de masas de lodo, erosión en pedestal, y erosión en túnel.

Bibliografía

- AINA, P.O.; LAL, R. and TAYLOR, G.S. 1977. Soil and crop management in relation to soil erosion in the rainforest of western Nigeria. En: Soil erosion prediction and control. Soil Conservation Society of America. Special Publication No. 21. pp. 75-84.
- BERTONI, J.; F. LOMBARDI NETO, Y R. BENATTI Jr. 1975. Equação de perdas de solo. Instituto Agronômico de Campinas, Divisão de Solos. Boletim Técnico No. 21. 25 p.
- FOTH, H.D. 1984. Fundamentals of soil science. 7th ed. New York: Wiley. 435 p.
- HOWELER, R.H. 1980. Práticas culturais relacionadas ao solo na cultura da mandioca. En: Seminario de práticas culturais da mandioca, Anais. Salvador, Bahia, Brasil. pp. 95-112.
- HOWELER, R.H. 1981. Nutrición mineral y fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 55 p.
- HOWELER, R. H. 1985. Para contrarrestar la erosión en los cultivos de yuca en laderas. Yuca, Boletín Informativo. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 9 (1): 6-8.
- JORGE, J.A. 1975. Materia orgánica. En: Elementos de pedología. Antonio C. Moniz. (comp.). Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 460 p.
- KIEHL, E.J. 1979. Manual de edafología. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo. pp. 112-144
- MARGOLIS, E. ; CAMPOS FILHO, O.R. 1981. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo num Podzólico Vermelho Amarelo de Glória do Goitá. En: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3. Anais, Recife, UFRPE. pp. 239-250.
- MARQUES, J.Q. ; BERTONI, A. ; BARRETO, J.G.B. 1961. Perdas por erosão no Estado de São Paulo. Bragantia (Campinas). 20 (47): 1143-1182.

- MEDINA, H. P. 1975. Agua no solo. En: Elementos de pedología. Antonio C. Moniz. (comp.). Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. pp. 45-57.
- MILLAR, C.E.; L.M. TURK Y H.D. FOTH, 1971. Fundamentos de la ciencia del suelo, C.E.C.S.A. México. p. 41-77.
- REICHARDT, K. 1987. Agua en sistemas agrícolas. Editora Manole, São Paulo, 188 p.
- URQUIAGA, S. 1988. A textura do solo. Escuela Latinoamericana de Física del Suelo. UAPDIA - EMBRAPA. São Paulo - SP. Brasil 24 p.
- URQUIAGA, S. 1988. A estrutura do solo. Escuela Latinoamericana de Física de Suelo. UAPDIA EMBRAPA, São Paulo. Brasil 26 p.

Práctica 1.1 **Apreciación de la textura al tacto**

Objetivos

- ✓ Adquirir habilidad en la determinación de la textura al tacto, en muestras de suelo cuya textura se ha determinado previamente en el laboratorio, resultado que es conocido por los participantes.
- ✓ Determinar la textura por medio del tacto en cuatro muestras de suelo; esas texturas, ya determinadas en el laboratorio, sólo son conocidas por el instructor.

Recursos necesarios

Por cada grupo se requiere:

- Tres muestras de suelo cuya textura (granulometría) se ha determinado previamente. Estas muestras están etiquetadas con las respectivas texturas.
- Cuatro muestras de suelo cuyas texturas han sido determinadas previamente y sólo son conocidas por el instructor. Estas muestras están etiquetadas con un código.
- Tres recipientes con agua.

Orientación para el instructor

- Se formarán grupos, cada uno de cinco participantes.
- Se presentan las tres muestras de suelo a cada grupo, en bolsas de polietileno, previamente identificadas y etiquetadas con la textura ya determinada en el laboratorio.
- Se distribuyen estas muestras entre los grupos para que practiquen en la apreciación de la textura al tacto.
- Posteriormente el instructor distribuirá a los grupos las cuatro muestras cuya textura ha sido previamente determinada en el laboratorio y sólo es conocida por él.
- Los participantes practicarán y tratarán de identificar al tacto la textura de estas muestras, y anotarán sus resultados en el cuadro que se presenta en la hoja de trabajo.

**Instrucciones
para el
participante**

- Cada grupo recibe tres (3) muestras de suelo con sus texturas ya identificadas con el objeto de practicar la determinación de la textura al tacto.
- Al finalizar la práctica, se distribuirán entre los grupos cuatro (4) muestras de suelo, para ser identificadas al tacto. Los resultados deberán ser consignados en el cuadro que se presenta a continuación:

Muestra	Textura hallada	Textura real
A		
B		
C		
D		

Tiempo necesario: 20 minutos

- Confrontar los resultados obtenidos en la práctica con los entregados por el instructor en la información de retorno.

Práctica 1.1 - Información de retorno

El instructor presenta la información de retorno correspondiente en el papelógrafo, dejando todas las muestras a disposición de los participantes para que hagan prácticas de refuerzo; al mismo tiempo, les informa sobre las texturas previamente determinadas en el laboratorio.

A continuación se presenta una información de retorno hipotética sobre la práctica:

Muestra	Textura
A	Franco-arcilloso
B	Franco
C	Arcillo-arenoso
D	Arenoso

Ejercicio 1.1 Manejo del triángulo textural

Objetivo

Al finalizar este ejercicio, el participante estará en capacidad de:

- ✓ Identificar la clase de textura mediante el uso del triángulo textural del U.S.D.A.

Recursos necesarios

- Información sobre tres casos de análisis granulométrico
- Triángulo textural (USDA) (Página 1-10)
- Papelógrafo

Orientación para el instructor

- El instructor presenta el siguiente problema a los participantes.
Teniendo los datos de tres casos de análisis granulométrico, identificar la clase textural mediante el triángulo para determinación de texturas del U.S.D.A.; el triángulo se entrega a los participantes.
- El participante resolverá los tres casos en forma individual y presentará los resultados en el cuadro adjunto.
- Entregar la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

- Conociendo los datos de tres casos de análisis granulométrico, identificar la clase textural mediante el triángulo para determinación de texturas del U.S.D.A.

Componente	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Arena (%)	70	36	26
Limo (%)	16	40	43
Arcilla (%)	14	24	31

- Resuelva los tres casos en forma individual y consigne los resultados que obtenga en el cuadro adjunto.

	Textura hallada	Textura real
Caso 1		
Caso 2		
Caso 3		

Tiempo necesario: 5 minutos

Ejercicio 1.1 - Información de retorno

El instructor presenta la información de retorno en el papelógrafo.

Caso 1: Franco-arenoso

Caso 2: Franco-arcillo-arenoso

Caso 3: Arcilloso

Práctica 1.2 Observación de algunas propiedades de un suelo con y sin estructura

Objetivo

- ✓ Demostrar las consecuencias de la pérdida de la estructura de un suelo, tales como disminución del volumen y aumento de la densidad del suelo.

Recursos necesarios

- Muestra de agregados de suelo de 500 g
- Hoja de trabajo
- 1 recipiente graduado para volumen
- 1 mortero
- 1 balanza (opcional)

Orientación para el instructor

Los participantes deben seguir los siguientes pasos para desarrollar la práctica:

- Recolectar agregados que atraviesen un tamiz de 8 mm y sean retenidos en un de 4 mm. Colocarlos en un recipiente hasta alcanzar un volumen de 500 cc, y pesarlos.
- Macerar los 500 cc de agregados en un mortero o recipiente similar.
- Colocar en el recipiente original el material macerado.
- Observar y medir el nuevo volumen ocupado por el suelo.
- Discutir con los participantes la variación de volumen y sus consecuencias. De esta manera se da la información de retorno.
- Calcular la densidad aparente inicial y final de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{\text{Peso (g)}}{\text{Volumen (cc)}}$$

**Instrucciones
para el
participante**

1. Recolectar agregados que atraviesen un tamiz de 8 mm y sean retenidos en otro de 4 mm.
2. Colocarlos en un recipiente hasta alcanzar un volumen de 500 cc, y pesarlos.
3. Macerar los agregados en un mortero.
4. Colocar en el recipiente original el material macerado.
5. Observar y medir el nuevo volumen ocupado por ese suelo.
6. Explicar por qué se presenta la variación de volumen, y sus consecuencias: _____

7. Calcular la densidad inicial y la densidad final de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{\text{Peso (g)}}{\text{Volumen (cc)}}$$

Práctica 1.2 - Información de retorno

- Se presenta una disminución de volumen debido a que al macerar los agregados hay menos espacio libre entre las nuevas partículas resultantes.

Como el volumen disminuye la densidad aparente final será mayor.

Práctica 1.3 Retención de agua en el suelo

Objetivo

- ✓ Observar y medir en tres diferentes clases texturales de suelo, la capacidad de retención de agua.

Recursos necesarios

- Tres cilindros de vidrio con una perforación en el fondo, que contengan volúmenes iguales de un suelo arenoso, de un suelo arcilloso y de un suelo de textura intermedia.
- Un soporte para los tres recipientes.
- Tres recipientes de 100 cc. cada uno.
- Tres jarras de 1 litro, graduadas.

Orientación para el instructor

Los participantes deben desarrollar los siguientes pasos durante la práctica.

- Agregar en cada recipiente una misma cantidad de agua.
- Observar en cuál recipiente ocurre primero el drenaje. Este orden indicará la velocidad de infiltración.
- Después de 10 minutos, medir la cantidad de agua recogida en los recipientes de 100 cc colocados debajo de cada muestra de suelo y observar el color del agua.
- Calcular la cantidad de agua retenida por cada suelo por medio de la siguiente fórmula:

$$VR = Vi - Vr$$

VR = Volumen de agua retenido por cada suelo

Vr = Volumen recogido en el recipiente inferior

Vi = Volumen de agua agregado al suelo.

- Escribir los resultados en el cuadro que aparece en la hoja de trabajo.
- El instructor suministra la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

- Agregar a cada recipiente una misma cantidad de agua.
- Observar el orden en que ocurre en ellos el drenaje. Este orden indicará la velocidad de infiltración.
- Después de 10 minutos, medir la cantidad de agua recogida en los recipientes de 100 cc colocados debajo de cada suelo y observar la coloración.
- Calcular la cantidad de agua retenida por cada suelo por medio de la siguiente fórmula:

$$VR = Vi - Vr$$

VR = Volumen de agua retenido por cada suelo

Vr = Volumen recogido en el recipiente inferior

Vi = Volumen de agua agregado al suelo.

- Escribir los resultados obtenidos en el cuadro adjunto.

Suelo	Volumen retenido (VR)
Arcilloso	...cc
Arenoso	...cc
Intermedio	...cc

Tiempo necesario: 30 minutos

Práctica 1.3 - Información de retorno

El instructor ordenará en el papelógrafo los suelos estudiados en cuanto a su capacidad de retención de agua, y hará las explicaciones necesarias sobre la mayor o menor capacidad de retención de agua de los suelos.

Suelo	Volumen retenido (VR)
Arcilloso	...CC
Arenoso	...CC
Intermedio	...CC

Ejercicio 1.2 Interpretación del análisis de suelo. Identificación de deficiencias y toxicidades

Objetivo

- ✓ Interpretar un análisis químico de suelo utilizando los niveles críticos para deficiencias de nutrimentos y para toxicidades de elementos y sales.

Recursos necesarios

- Tabla de niveles críticos para la interpretación de un análisis químico de suelos
- Un caso con los resultados de un análisis químico de suelos
- Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Utilizando la tabla de niveles críticos, cada participante hará la interpretación del análisis que aparece en la hoja de trabajo, indicando si hay o no deficiencias o toxicidades.
- Suministrar la información de retorno.

Instrucciones para el participante

- Utilizando la tabla de niveles críticos, cada participante hará la interpretación del análisis que aparece en el cuadro de la hoja de trabajo, indicando si hay o no deficiencias o toxicidades.

	pH 4.5	meq/100 g				ppm	
		Al 1.3	Ca 1.8	Mg 1.2	K 0.5	P 1	%MO 0.8
Interpretación del participante							
Interpretación real							

- Al finalizar, confrontar los resultados con la información de retorno presentada por el instructor.

Niveles críticos en análisis de suelos para mandioca (Howeler, 1981)

Elemento o variable	Nivel crítico*	
	Para deficiencia	Para toxicidad
pH 4.0 - 7.8*		
Al - Saturación**		80%
P (Bray II)	6 ppm	
P (Bray I)	7 ppm	
P (Carolina del N.)	9 ppm	
K intercambiable	0.15 meq/100 g	
Ca intercambiable	0.25 meq/100 g	
Conductividad		0.5 mmhos/cm, 0.05 dS/m
Na - Saturación		25%
Zn	1.0 ppm	
Mn	5.0 ppm	

- * En pH menores que 4.0 existe alta toxicidad de Al y Mn. En pH mayor que 7.8 existen deficiencias de zinc y de otros micronutrientes.

- ** La saturación de Al en porcentaje (Howeler, 1981) es: % sat. Al $\frac{\text{Al}}{\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}} \times 100$

Ejercicio 1.2 - Información de retorno

pH4.5	Ligeramente ácido (intervalo óptimo 5.5 - 6.5)
Al	1.3 meq/100 g
(27.08% Sat. Al)	No presenta toxicidad
Ca 1.8 meq 100 g	No presenta deficiencia
K0.05 meq 100 g	Presenta deficiencia
P 1 ppm	Presenta deficiencia
M.O.0.8%	Nivel bajo

Práctica 1.4 Factores que contribuyen a la erosión

Objetivo

- ✓ Evaluar el efecto de la pendiente sobre la erosión.

Recursos necesarios

- Suelos de la región
- Una caja especialmente diseñada para obtener, al menos, dos diferentes grados de pendiente (Anexo 5)
- Regadera de flor fina
- Tres recipientes colectores de agua
- Un balde
- Una jarra graduada
- Una cinta métrica
- Papelógrafo

Orientación para el instructor

- El instructor explicará el diseño de la caja y la forma en que se pueden lograr diferentes grados de pendiente.
- Los participantes discutirán sobre la forma en que se puede medir el grado de pendiente en la caja. El instructor presentará la forma correcta de hacerlo.
- El instructor explicará los diferentes tratamientos relacionados con la pendiente. Fijará una determinada pendiente en la caja. Se discutirá la conveniencia de elegir como variable dependiente: a) volumen de agua recogida, b) velocidad de escurrimiento superficial, c) volumen de suelo recogido.
- Se aplicará un volumen fijo de agua. Pasados 10 minutos se medirá el volumen de agua recogido.
- Se repetirá todo el proceso cambiando el grado de pendiente de la caja. Se requiere también cambiar el suelo.
- Se comparan los resultados. Se desarrolla la discusión y se escriben las principales conclusiones.

**Instrucciones
para el
participante**

- Formar grupos y nombrar un relator.
- Discutir en grupos sobre la forma en que se puede medir el grado de pendiente en la caja.
- Cada relator presentará lo concluido por su grupo, y estos resultados se confrontarán con los del instructor.
- El instructor explicará los diferentes tratamientos relacionados con la pendiente y fijará una determinada pendiente en la caja.

Se discutirá la conveniencia de seleccionar como variable dependiente:

a. Volumen de agua recogido _____

b. Velocidad de escurrimiento superficial _____

c. Volumen de suelo recogido _____

- Aplicar un volumen fijo de agua. Pasados 10 minutos se medirá el volumen de agua recogido
- Repetir todo el proceso cambiando el grado de pendiente de la caja.
- Cada relator resume las conclusiones de su grupo y éstas se confrontan con la información de retorno suministrada por el instructor.

Práctica 1.4 - Información de retorno

Conveniencia de seleccionar:

- a. La medición del volumen de agua recogida es la forma más rápida de evaluar el efecto que tiene el grado de pendiente sobre la erosión.
- b. La medición de la velocidad de escurrimiento superficial, aunque también es fácil, implica medición del tiempo.
- c. El volumen de suelo recogido también puede medirse con el volumen de agua recogido.

Resumen de la Secuencia 1

Se discuten los conceptos de textura, estructura, humedad del suelo, Capacidad de Intercambio Catiónico, materia orgánica, requerimiento nutricional y erosión, en función del cultivo de la mandioca.

En general, la mandioca se cultiva en todo el rango textural. Las mayores productividades se han obtenido en suelos de textura media y con buen drenaje; requiere además este cultivo suelos con estructura de poca cohesión. La mandioca es exigente en humedad en los primeros 30 días después de la siembra, es decir, durante el brotamiento. No soporta encharcamiento en ningún estado de su desarrollo. La presencia de materia orgánica es conveniente como fuente de nutrimentos. Además aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo, y mejora su estructura.

Los principales macronutrimentos para la mandioca son, en ese orden, el potasio, el nitrógeno y el calcio. La correcta interpretación del análisis químico y físico del suelo conduce a decisiones acertadas en el manejo de la fertilización del cultivo.

Debido a los espaciamientos y a la poca cobertura de la superficie del suelo, no se recomienda cultivar mandioca en pendientes mayores del 12% por las grandes pérdidas de suelo causadas por la erosión.

Secuencia 2

**La preparación
del suelo para el
cultivo de la
mandioca**

Contenido

	Página
Objetivo	2-7
Información	2-9
• Selección del terreno	2-9
• Época de preparación	2-9
• Faja de humedad en el suelo para su preparación	2-10
• Implementos y número de operaciones	2-10
• Encalado y fertilización	2-11
Bibliografía	2-16
Ejercicio 2.1. Encalado y fertilización	2-17
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Información de retorno	
Ejercicio 2.2. Selección del terreno, época de preparación del suelo, rango de humedad, implementos y número de operaciones. Estudio de un caso	2-21
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 2	2-27

Flujograma Secuencia 2

La preparación del suelo para el cultivo de la mandioca

Objetivos

Diseñar un plan de preparación de suelos en función de las propiedades físicas y de las necesidades específicas de un determinado lugar, para un mejor aprovechamiento del potencial de las variedades de mandioca cultivadas.

Contenido

- Selección del terreno
- Época de preparación
- Faja de humedad en el suelo para su preparación
- Implementos y número de operaciones
- Encalado y fertilización

Bibliografía

Ejercicio 2.1

Encalado y fertilización

- Objetivo
- Recursos necesarios
- Orientación para el instructor
- Hoja de trabajo
- Información de retorno

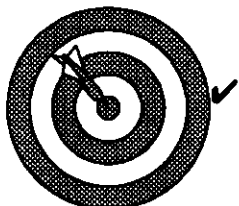
Ejercicio 2.2

Selección del terreno, época de preparación del suelo, rango de humedad, implementos y número de operaciones. Estudio de un caso.

- Objetivo
- Recursos necesarios
- Instrucciones
- Hoja de trabajo
- Información de retorno

Resumen Secuencia 2

Objetivo



Al finalizar el estudio de la presente Secuencia, el participante estará en capacidad de:

Diseñar un plan de preparación de suelos en función de las propiedades físicas y de las necesidades específicas de un determinado lugar, para un mejor aprovechamiento del potencial de las variedades de mandioca cultivadas.

Información

Selección del terreno

Según lo analizado en la secuencia 1, en el cultivo de la mandioca se deben evitar las siguientes situaciones:

- Declividad (pendiente) mayor que 12%
- Regiones bajas excesivamente húmedas
- Suelos de textura pesada (más de 60% de arcilla) o limosos
- Suelos compactados o con cualquier impedimento físico para el desarrollo del sistema de raíces.

Epoca de preparación

La decisión sobre la época de preparación del suelo para la siembra se toma generalmente al inicio de las lluvias. En la preparación se presentan las mayores pérdidas de suelo por erosión, compactación y desagregación, debido a que el suelo queda expuesto al impacto de las gotas de lluvia y a la radiación solar. El suelo queda descubierto después de la arada y la rastreada, situación que continúa hasta tanto el cultivo cubra el suelo. Por lo tanto, se requiere atención y flexibilidad en la toma de decisiones sobre la época de preparación del suelo para la mandioca, debido a la lenta emergencia de la planta y la alta demanda de tiempo para cubrir el suelo.

La preparación primaria debe programarse para las lluvias temporales del período más seco del año. Para evitar altas precipitaciones sobre el suelo arado. La preparación secundaria debe hacerse al inicio del siguiente período de lluvia. La siembra de la mandioca se programa entonces para el inicio del período lluvioso.

El ciclo “preparación primaria - preparación secundaria - siembra” se programa antes del período de lluvias, con estimativos equilibrados de la capacidad operativa y del tiempo requerido para hacer las operaciones. En otras situaciones se busca lo que sería un objetivo ideal: realizar todas las actividades del ciclo en un solo período, es decir, en uno o dos días.

Faja de humedad en el suelo para su preparación

Los suelos secos, cuando son sometidos a la presión de los implementos agrícolas, se rompen en grandes terrones y fragmentos pulverizados, sin que se consiga una buena preparación. Se requiere entonces repetir el pase del implemento, el cual rompe aún más los terrones y genera nuevos fragmentos. El número de pases para conseguir un estado de preparación que se considere satisfactorio es variable. Ahora bien, repetir el pase de la maquinaria puede llevar a un desperdicio de energía del hombre, de las máquinas o de los animales, y puede llegarse a la pulverización excesiva de los agregados del suelo. En estados muy húmedos, los suelos están sujetos a compactación por el tránsito de las máquinas o por el pisoteo de los animales; además las operaciones se dificultan por la adherencia del suelo a los implementos (Mazuchowsky y Derpsch, 1984).

La faja ideal de humedad del suelo para la operación de los implementos es la del estado friable, cuando la presión ejercida hace que ocurra la separación de los agregados en sus unidades fundamentales, sin que éstas se rompan; así se permite la reconstitución de una nueva estructura secundaria (entre agregados) sin romper la primaria (dentro de los agregados). En esta faja de humedad el suelo no se adhiere a los implementos y tampoco se levanta polvo cuando pasan las máquinas.

Implementos y número de operaciones

La preparación del suelo se realiza con la finalidad de proporcionar un lecho o cama de suelos cuyas condiciones físicas favorezcan la germinación. El modo de preparación varía en función del nivel de infestación de malezas, de los residuos vegetales que haya en la superficie, de la existencia de horizontes compactados o adensados, de los riesgos de erosión, y de las máquinas e implementos disponibles.

Se pueden definir tres tipos básicos de preparación del suelo:

- Preparación primaria. Consiste en la inversión de la capa arable y se realiza con arados. Permite enterrar malezas y restos de cultivos, y airear la capa superficial. El uso del subsolador para romper capas compactadas también es considerado una preparación primaria.
- Preparación secundaria. Sirve para desterronar, nivelar y surcar. Las actividades aquí realizadas son las que más pulverizan el suelo; su número es variable.
- Operaciones posteriores a la siembra. Se realizan principalmente para controlar las malezas en el estado inicial del cultivo.

Para el cultivo de la mandioca, la preparación primaria recomendada se hace a una profundidad de 20 cm (Souza *et al*, 1992).

A causa de los aspectos erosivos del cultivo, y cuando hay áreas de suelos con pendiente, se recomienda preparar con arado solamente la faja de plantación, dejando franjas de malezas para su control posterior. También se recomienda realizar sólo una operación con el arado, o hacer operaciones de arada-rastreada un año y sólo rastreada el año siguiente (EMBRAPA/CNPMF, 1984).

El arado de vertedera con tracción animal invierte totalmente la capa arable desde una profundidad de 12 a 14 cm. El momento de hacer la arada del suelo depende de la capacidad de tracción mecánica o animal disponible, y de la humedad del suelo; por ello el productor tendrá que afinar su percepción del momento de menor resistencia del suelo al implemento, momento que coincide generalmente con la faja de humedad recomendada.

La preparación secundaria, en el caso de los pequeños propietarios, consiste en una operación con rastras de disco o de púa. No se debe pulverizar demasiado el suelo, ya que un suelo sobrepreparado es muy susceptible a la erosión. Las características propias de cada suelo constituyen el factor de decisión más importante, respecto al número y calidad de las operaciones. Según el tipo de suelo y la condición de las malezas, se puede sembrar mandioca a veces sin ninguna preparación o con un sólo pase de arado o de rastra. Si el agricultor debe sembrar en pendientes mayores que 12%, se debe arar con tracción animal, o hacer la preparación manual, sólo en los sitios de siembra o en fajas que sigan las curvas de nivel.

Encalado y fertilización

Puesto que la mandioca se cultiva generalmente en suelos de fertilidad bastante baja, y dado que tiene altos requerimientos nutricionales, es claro que la aplicación de fertilizantes es muy importante para obtener altos rendimientos.

Se sabe ya que el cultivo continuo de mandioca, hace una fuerte extracción de K y de N del suelo, y conduce al agotamiento de éstos. Si no se hace una fertilización adecuada, el resultado será el bajo rendimiento del cultivo.

En condiciones de baja fertilidad del suelo, la mandioca es un cultivo que produce rendimientos relativamente aceptables; está comprobado que en tales condiciones la planta reduce el índice de área foliar, aunque mantiene un alto nivel de nutrimentos en las hojas. Por otra parte, la yuca es muy sensible a la sobrefertilización con N, la cual aumenta excesivamente su follaje (Gómez, 1987).

La mandioca es muy tolerante a los suelos ácidos en condiciones en que otros cultivos pueden sufrir la toxicidad del aluminio y del manganeso. Aunque el cultivo tolera un pH bajo, el intervalo óptimo de pH está entre 5.5 y 6.5 (Howeler, 1981). Frecuentemente el cultivo responde a bajas aplicaciones de calcáreo (cal), pero el encalamiento excesivo puede inducir deficiencias de micronutrientes, especialmente de zinc.

La deficiencia de fósforo es el problema nutricional más importante de la mandioca en América Latina. Con frecuencia, la deficiencia de P está asociada con la toxicidad del aluminio y con la deficiencia del calcio. Es muy difícil separar los efectos específicos de una alta concentración de aluminio, de los de otros factores asociados con los suelos ácidos.

El problema de la toxicidad del aluminio se controla generalmente incorporando al suelo calcáreo (cal agrícola, carbonato de calcio) o cal dolomítica. Esta última, además de calcio, suministra magnesio.

Hay diferentes criterios para calcular la cantidad de calcáreo (cal) requerida para la corrección de la acidez:

- En Paraguay no se han hecho investigaciones sobre el encalado de la mandioca, aunque los criterios generales que se usan para el encalado son:

Fórmula 1:

$$t/ha \text{ de cal agrícola} = Al \text{ (meq/100 g)} \times f \times \frac{100}{PRNT}$$

donde el factor "f" depende de la textura así:

texturas pesadas: $f = 2.0$

texturas medias: $f = 1.5$

texturas livianas: $f = 1.2$

y PRNT = Poder Relativo de Neutralización Total del calcáreo (cal). Por ejemplo, el calcáreo de Vallemi, que es muy usado, tiene un PRNT de 60%

Fórmula 2:

$$t/ha \text{ de cal agrícola} = 3.5 - (Ca + Mg, \text{ meq/100 g}) \times \frac{100}{PRNT}$$

- En Brasil también se utilizan diferentes criterios para el encalado. Algunos de ellos son:

Fórmula 1:

$$\text{t/ha de cal agrícola} = 2 - (\text{Ca} + \text{Mg}) (\text{meq}/100 \text{ g}) \times \frac{100}{\text{PRNT}}$$

Fórmula 2:

$$\text{t/ha de cal agrícola} = \text{Al} (\text{meq}/100 \text{ g}) \times \frac{100}{\text{PRNT}}$$

Fórmula 3: (Van Raij, 1991)

$$\text{t/ha de cal agrícola} = \frac{(\text{V}_2 - \text{V}_1) \times \text{CIC}}{100}$$

donde:

V_2 = Porcentaje de saturación de bases deseado para la mandioca, generalmente el criterio es 60%.

V_1 = Porcentaje actual de saturación de bases en el suelo. Este valor V_1 se calcula en la siguiente forma:

$$\text{V}_1 = \frac{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} (\text{meq}/100 \text{ g})}{\text{CIC} (\text{meq}/100 \text{ g})} \times 100$$

siendo CIC = Capacidad de intercambio catiónico.

Entre las fórmulas 1 y 2 se escoge la mayor concentración, pero la aplicación no debe sobrepasar 1 t/ha; este es uno de los criterios más usados en Brasil.

Existen diversos criterios; Cono Sur, Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul tienen criterios propios.

La cal se aplica a voleo antes de la siembra (30 a 60 días antes) y se incorpora por medio del arado (Howeler, 1981).

Las recomendaciones de fertilización deben basarse en la interpretación del análisis químico del suelo y en las respuestas experimentales a los nutrientes obtenidos en situaciones locales.

Para el fósforo, una recomendación general en función del P (ppm) del suelo es la siguiente:

P en el suelo (ppm)	Fertilización recomendable (kg/ha)	
	P ₂ O ₅	P
0 - 3	60	26
4 - 6	40	17
7 - 10	20	9
> 10	-	-

Para potasio la recomendación más general, en función del K (ppm, meq/100 g) del suelo es:

K en el suelo		Fertilización recomendable (kg/ha)	
ppm	meq/100 g	K ₂ O	K
0 - 20	0 - 0.05	40	31
21 - 40	0.05 - 0.10	30	23
41 - 60	0.10 - 0.15	20	15
> 60	> 0.15	-	-

(Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, BA, 1989)

Las recomendaciones anteriores para fósforo y potasio se presentan en dos formas: a) empleando la notación de óxidos o anhídridos (P₂O₅, K₂O), que se considera antigua; b) empleando la notación elemental (P, K), que se considera moderna. Para hacer las conversiones de una notación a la otra, se usan los siguientes factores:

$$P = \frac{P_2O_5}{2.29}$$

$$K = \frac{K_2O}{1.20}$$

$$Ca = \frac{CaO}{1.4}$$

El fósforo y el potasio deben aplicarse en el fondo del surco o en el fondo del sitio de siembra, evitando el contacto de los fertilizantes con las estacas.

Las recomendaciones de nitrógeno deben basarse en resultados experimentales locales. Estas varían generalmente entre 0 y 100 kg/ha de N.

Gómez (1990) analizó una serie de 35 experimentos realizados en diferentes estados de Brasil; aquéllos tenían como uno de sus objetivos la cuantificación de la respuesta de la mandioca a las dosis de nitrógeno. No se encontró respuesta a dosis crecientes del nitrógeno suministrado por fuentes inorgánicas. Algunas experiencias indican que hay una respuesta positiva a la aplicación de fuentes orgánicas de nitrógeno. Una recomendación general sería aplicar 30 kg/ha de N al suelo antes de la siembra, y en forma de abono orgánico.

El Anexo 5 representa algunas características de los principales abonos orgánicos.

En cuanto a los micronutrientes, no se informa con frecuencia acerca de deficiencias; sin embargo, se han observado síntomas de deficiencia de zinc en casi todos los suelos productores de mandioca. En estos suelos se recomienda tratar las estacas con sulfato de zinc al 1% durante 15 minutos, antes de la siembra. Otra recomendación muy general para los suelos ácidos con deficiencia de zinc es aplicar al suelo 20 kg/ha de sulfato de zinc; este compuesto puede mezclarse con el fertilizante fosfórico (CIAT, 1982).

Bibliografia

- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. 1989. Manual de adubação e calagem para o estado de Bahia. Ceplac, EMATER, EMBRAPA, CPABA, y NITROFERTIL. Salvador, Bahia. Brasil.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). 1983. Relatório técnico anual. Centro Nacional de Pesquisas do Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Ba, Brasil. 160 p.
- GÓMEZ, J. de C. 1987. Considerações sobre adubação e colagem para a cultivar da mandioca. Revista Brasileira de Mandioca (Cruz das Almas, BA.). 6(2): 99-108.
- GÓMEZ, J. de C. 1990. Adubação de mandioca. En: VII curso intensivo nacional de mandioca, agosto 1990. Ministerio de Agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) y Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), Brasil. Cruz das Almas, BA. 70 p.
- HOWELER, R. 1981. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. (*Manihot esculenta* Crantz). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 55 p.
- HOWELER, R. 1981. Desórdenes nutricionales de la planta de yuca. Gufa de estudio. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 32 p.
- MAZUCHOWSKY, J.B. ; R. DERPSCH. 1984. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. Acarpa - Apar, Curitiba, PR, Brasil. 68 p.
- SOUZA, L. da S. ; F.L.C. de CARVALHO, P.L.P. de MATTOS, R.C. CALDAS. 1992. Efeito da profundidade de lavração na cultura da mandioca. VIII Congresso Brasileiro de Mandioca. Recife, PE.
- VAN RAIJ, B. 1991. Fertilidade de solo e adubação. POTAFOS. Editôra Agronomica Ceres, Piracicaba, SP, Brasil. 343p.

Ejercicio 2.1 Encalado y fertilización

Objetivo

Al finalizar el ejercicio, los participantes estarán en capacidad de:

- ✓ Recomendar el encalado y la fertilización con base en un análisis de suelos.

Recursos necesarios

- Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Formar cuatro (4) grupos entre los participantes y nombrar un relator.
- Orientar el ejercicio sobre recomendación del encalado y de la fertilización basándose en tres (3) análisis de suelo de la región.
- Cada grupo debe responder las preguntas que se encuentran en la hoja de trabajo y consignar los resultados en el cuadro adjunto.
- Al finalizar el ejercicio cada relator presentará los resultados de su grupo.
- Partiendo de estas presentaciones, completar el cuadro adjunto y orientar la discusión del grupo explorando lo siguiente:
 - Diferencias en las respuestas de los participantes sobre el área más adecuada para la siembra.
 - Diferencias en las respuestas sobre recomendaciones de encalado y fertilización.
- Suministrar la información de retorno.

Respuestas de los participantes

Preguntas	Respuestas de los grupos			
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1. Area más adecuada para la siembra de mandioca.				
2. Recomendación de encalado: <ul style="list-style-type: none">• Toneladas de cal para aplicar, por hectárea.• Epoca más adecuada de aplicación.• Sistema de aplicación.				
3. Recomendación de fertilización: <ul style="list-style-type: none">• Nutrientes que se deben aplicar.• Cantidades para aplicar.• Epoca de aplicación.• Sistema de aplicación				

Observaciones

Los datos de los análisis deben ser de la región a la que pertenecen los extensionistas.

Los análisis deben ser diferentes: uno debe conducir a una recomendación sobre encalado y fertilización completa; el otro debe indicar la necesidad de encalado solamente; el tercero debe indicar la necesidad de fósforo solamente.

Instrucciones para el participante

- Formar cuatro (4) grupos y nombrar un relator.
- A continuación se presenta un caso, el cual se debe analizar y discutir en grupo.

El agricultor Pedro González desea sembrar 1 ha de mandioca en su finca. Para ayudar en su decisión de aplicar cal y fertilizantes, o de no hacerlo, ha obtenido un análisis de suelo en tres áreas diferentes dentro de su campo. Los resultados de este análisis son:

Area	Textura	Análisis del suelo						
		pH	ppm		meq/100			
			P	K	Ca	Mg	Al	CIC
A	Arenoso	4.6	2	0.03	0.6	0.2	1.2	2.0
B	Arcilloso	6.5	6	0.16	2.5	0.6	0.1	3.3
C	Franco - arcillo-arenoso	5.8	10	0.25	0.8	0.4	1.0	2.4

Con base en estos resultados, indicar:

1. ¿Cuál de las tres áreas es la más adecuada para la siembra de mandioca? _____

2. Una recomendación de encalado

a. Toneladas de cal que aplicaría por hectárea _____

b. Epoca más adecuada de aplicación _____

c. Sistema de aplicación _____

3. Una recomendación de fertilización

a. Nutrientes que se deben aplicar _____

b. Cantidades que aplicarías _____

c. Época de aplicación _____

d. Sistema de aplicación _____

- Cada relator contribuirá con los resultados de su grupo a la discusión general.

Ejercicio 2.2 Selección del terreno, época de preparación del suelo, rango de la humedad, implementos y número de operaciones. Estudio de un caso.

Objetivo

Al finalizar este ejercicio los participantes estarán en capacidad de:

- ✓ Recomendar al agricultor las prácticas necesarias para establecer un cultivo de mandioca.

Recursos necesarios

- ☐ Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Formar grupos con los participantes y nombrar un relator.
- Se presentará un caso, el cual deben analizar y discutir los grupos teniendo en cuenta la información suministrada.
- Los participantes deben responder las preguntas planteadas en la hoja de trabajo.
- Al finalizar el ejercicio, cada relator expondrá los resultados de su grupo, y con esta información se completará el cuadro adjunto. Este se aprovechará para confrontar con la información de retorno.

Soluciones propuestas por los grupos que estudian el caso

Preguntas	Respuestas de los grupos			
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1. Área más adecuada para la siembra de mandioca.				
2. Época más adecuada para la preparación del suelo.				
3. Faja de humedad para la preparación del suelo.				
4. Equipos recomendados para la preparación del suelo.				
5. Número de operaciones recomendadas para preparar el suelo.				

Instrucciones para el participante

- Formar grupos y nombrar un relator.
- A continuación se presenta un caso, el cual se debe analizar y discutir de acuerdo con la información suministrada.

Caso:

El agricultor Pedro González desea plantar una hectárea de mandioca para consumo familiar y para alimentación animal. Dispone de tres áreas en su finca, y está en duda sobre la que debe elegir para plantar. Las áreas disponibles poseen las siguientes características:

Ítems	Area A	Area B	Area C
1. Textura	Arenosa	Franco - arenosa	Arcillo - arenosa
2. Estructura	Granular	Bloques subangulares	Bloques angulares
3. Materia orgánica	0.8	1.5	1.7
4. Longitud de la pendiente	600	600	150
5. Grado de la pendiente	6	14	14
6. Cultivo anterior	Algodón	Maíz	Algodón
7. Condiciones Climáticas (ver Figuras 2.1 y 2.2)			
8. Equipos de preparación más comunes			

La precipitación del lugar está registrada en la Figura 2.1.

La temperatura media del lugar se presenta en la Figura 2.2.

El productor posee los equipos para la preparación del suelo de la región, tanto de tracción animal como de tracción mecanizada.

- De acuerdo con esta información, responder las siguientes preguntas:
 1. Seleccionar una de las tres áreas, e indicarle al productor que esa es la más adecuada para la plantación de la mandioca; indicar además los ítems más importantes que influyeron en la decisión.
 2. Definir la época más recomendable para la preparación del suelo, en función de las características de la región.
 3. Definir la faja de humedad adecuada del suelo para iniciar la preparación de éste.

4. Indicar los equipos recomendados para la preparación del suelo.
5. Indicar el número de operaciones.

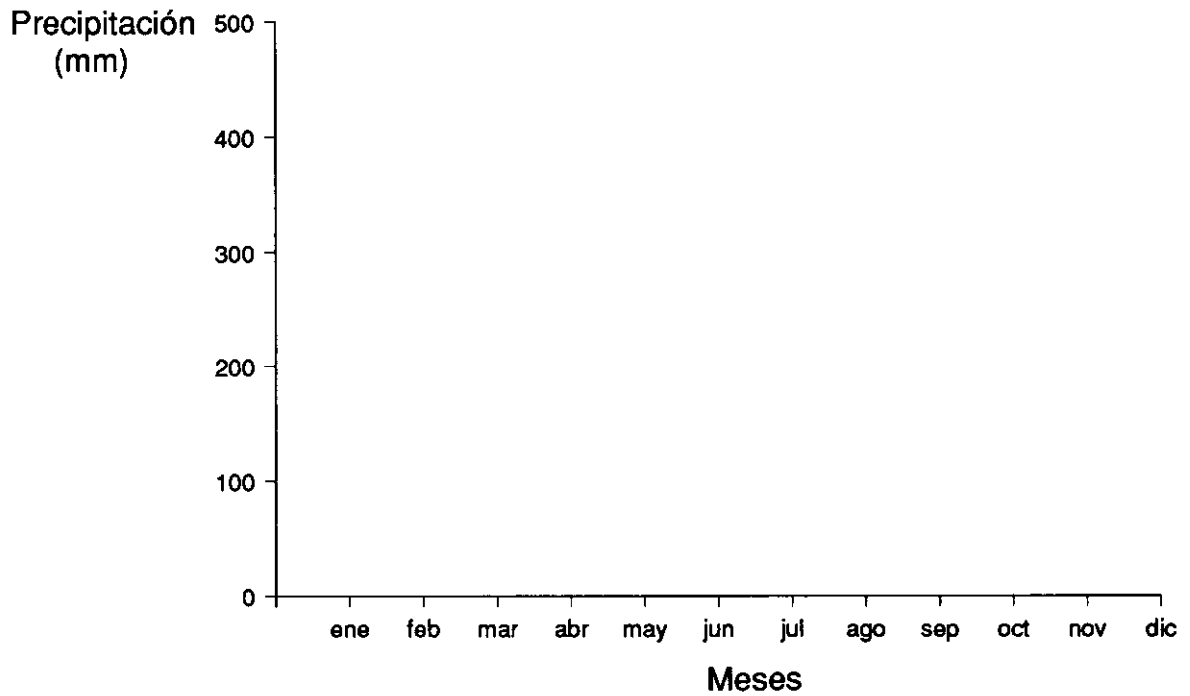


Figura 2.1. Precipitación media, en mm (promedio de cuatro años).

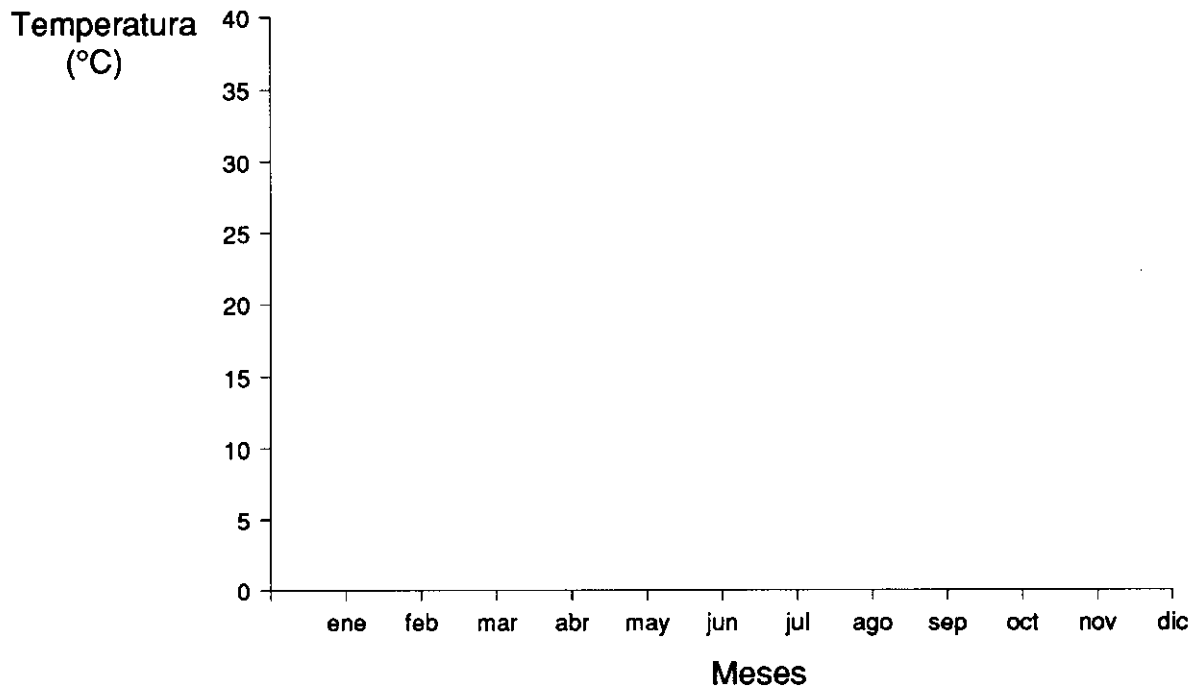


Figura 2.2. Temperatura media del aire (promedio de cuatro años)

Ejercicio 2.1 - Información de retorno

1. El área más adecuada es la C, en razón de la textura y del nivel de fósforo.

2. Recomendación de encalado:

$$\text{a. t/ha de cal agrícola} = \text{Al (meq/100 g)} \times f \times \frac{100}{\text{PRNT}}$$

$$\text{Caso A} = 1.2 \times 1.2 \times \frac{100}{60} = 2.4 \text{ t/ha}$$

Caso B: No encalar.

$$\text{Caso C} = 1.0 \times 1.5 \times \frac{100}{60} = 2.5 \text{ t/ha}$$

b. Época más adecuada: 60 días antes de la plantación.

c. Sistemas de aplicación: a voleo, incorporándola con el arado.

En todos los casos recomendar sólo 1 t/ha. Si se hace una rotación para el año siguiente, hacer de nuevo un análisis de suelo.

3. Recomendación de fertilización:

a. Nutrientes a aplicar

Caso A: Fósforo (P) y Potasio (K)

Caso B: Fósforo (P)

Caso C: Ninguno

b. Cantidad a aplicar

Caso A: P = 26 kg/ha $P_2O_5 = 60$ kg/ha

 K = 31 kg/ha $K_2O = 40$ kg/ha

Caso B: P = 17 kg/ha $P_2O_5 = 40$ kg/ha

c. Epoca de aplicación: en el momento de la plantación.

d. Sistema de aplicación: en el fondo del surco, cuidando que el fertilizante (P y K) no esté en contacto directo con la estaca.

Ejercicio 2.2 - Información de retorno

1. El área B se selecciona por poseer textura media, grado de pendiente menor, y un cultivo anterior con el que la mandioca puede entrar en rotación.
2. La época más recomendable es agosto-septiembre, meses que coinciden con el inicio de las lluvias y con temperaturas más altas en Paraguay y noreste de Argentina.
3. Cuando el suelo se encuentra friable se debe hacer la preparación para evitar la rotura de los agregados.
4. Equipos recomendados: Según condiciones locales
5. Operaciones: Primaria: arada
Secundaria: según condiciones locales

Resumen de la Secuencia 2

No existe un solo esquema o modelo de preparación del suelo para el cultivo de mandioca. Los puntos más importantes de una situación específica son:

- Evitar la elección de terrenos con declividad (pendiente) mayor que 12%, y con más de 60% de arcilla.
- Programar el inicio del ciclo “preparación primaria-preparación secundaria-siembra” antes del período de lluvias.
- Tratar de hacer las operaciones de preparación del suelo cuando la faja de humedad de éste presente el estado friable.
- Ejecutar las labores de preparación primaria a una profundidad de 20 cm.
- Decidir sobre la necesidad de calcáreo y de fertilización con base en un análisis químico del suelo.



Secuencia 3

**Prácticas
conservacionistas
alternativas**



Contenido

	Página
Objetivos	3-7
Información	3-9
• Prácticas mecánicas de conservación	3-9
• Marcación de las curvas de nivel	3-9
• Uso de niveles de lectura directa	3-9
• Uso de niveles de lectura indirecta	3-12
• Cálculo de la pendiente	3-13
• Pasos para la marcación	3-13
• Distancias entre curvas	3-14
• Levantamiento de terrazas	3-15
• Otras prácticas mecánicas	3-17
• Localización de los caminos	3-17
• Sistemas de cultivo	3-18
• Monocultivo	3-18
• Cultivos asociados	3-18
• Cultivos en fajas intercaladas	3-21
• Carpidas o deshierbas alternadas	3-21
• Cordón vegetal en curvas de nivel	3-22
• Rotación de cultivos	3-22
• Manejo de las coberturas	3-22
• Importancia	3-22
• Fuentes	3-23
• El control de malezas y su relación con las prácticas conservacionistas	3-24

	Página
Bibliografía	3-25
Práctica 3.1. Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel tipo caballete	3-27
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Información de retorno 	
Práctica 3.2 Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel de manguera	3-30
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Información de retorno 	
Práctica 3.3 Trazado de curvas de nivel utilizando el nivel tipo caballete	3-35
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Información de retorno 	
Práctica 3.4 Trazado de curvas de nivel usando el nivel de manguera	3-37
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Información de retorno 	
Práctica 3.5 Prácticas mecánicas	3-40
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Orientación para el instructor • Información de retorno 	
Resumen de la Secuencia 3	3-44
Evaluación de las actividades prácticas	3-45
Evaluación final de conocimientos	3-48

Flujograma Secuencia 3

Prácticas conservacionistas alternativas

Objetivos

Demostrar algunas prácticas conservacionistas que contribuyan al buen manejo de los suelos en que se produce la mandioca en el Cono Sur, y que sean adecuadas a las condiciones socio-económicas de los productores en sus fincas

Contenido

- Prácticas mecánicas de conservación
- Sistemas de cultivo
- Rotación de cultivos
- Manejo de las coberturas
- El control de malezas y su relación con las prácticas conservacionistas

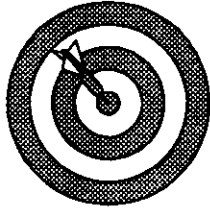
Bibliografía

Prácticas

- 3.1 Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel tipo caballete
- 3.2 Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel de manguera
- 3.3 Trazado de curvas de nivel utilizando el nivel tipo caballete
- 3.4 Trazado de curvas de nivel usando el nivel de manguera
- 3.5 Prácticas mecánicas

Resumen Secuencia 3

Objetivo



- ✓ Al finalizar el estudio de esta Secuencia, el participante estará en capacidad de demostrar algunas prácticas conservacionistas que contribuyan al buen manejo de los suelos en que se produce la mandioca en el Cono Sur, y que sean adecuadas a las condiciones socio-económicas de los productores en sus fincas.

Información

Prácticas mecánicas de conservación

Las prácticas mecánicas de conservación de suelos tienen por objeto controlar las fuerzas que causan el proceso erosivo colocando obstáculos físicos que reduzcan la velocidad de los caudales y propicien la infiltración de la mayor cantidad de agua posible. Como efecto de estas prácticas se debe observar una disminución de la cantidad de sedimentos en los caudales, manantiales y arroyos. Estas prácticas mejoran también la topografía, favoreciendo así las operaciones agrícolas, porque evitan la formación de surcos y de cárcavas. En esta forma se mantiene la productividad del suelo.

Desde esta óptica, en los suelos que presenten pendiente, todas las actividades del proceso de producción de mandioca deben dirigirse a disminuir el movimiento de las aguas en la dirección de la pendiente. Es indispensable, por tanto, trazar curvas de nivel que servirán de punto de referencia para las diferentes operaciones y prácticas conservacionistas dentro de la finca del productor.

Marcación de las curvas de nivel

Esta práctica consiste en establecer una secuencia de puntos que tengan la misma cota (nivel) en un área determinada. Para hacerlo se requieren equipos o instrumentos que pueden ser de fabricación simple o de alta precisión:

- Niveles de lectura directa: 1) caballete, 2) manguera con agua, 3) compás
- Niveles de lectura indirecta: 1) nivel de mano, 2) nivel de precisión.

Uso de niveles de lectura directa

Caballete

El caballete consiste en un listón o vara horizontal sostenido en sus extremos por dos patas de igual altura; el listón lleva en la parte media una caja en la cual se coloca un nivel (Figura 3.1).

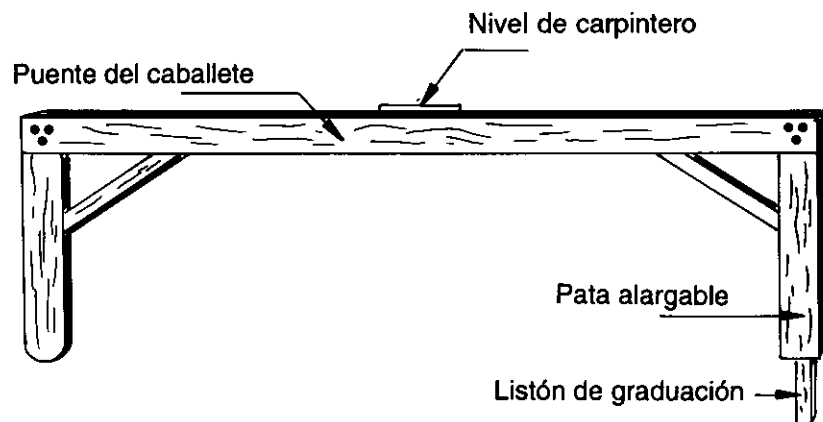


Figura 3.1. Caballete.

Cuando la burbuja del nivel está quieta en el centro, los puntos sobre los cuales se apoyan las dos patas del caballete están a la misma altura. Colocando señales en estos puntos y trasladando el caballete, es posible trazar una línea que tenga todos sus puntos a la misma altura. Para ampliar el uso del caballete se acostumbra construirlo con una de sus patas alargable, de manera que sea posible trazar con él líneas con un desnivel uniforme.

Después de construir este instrumento de nivelación, es necesario probarlo para estar seguro de que su condición básica se cumple: es decir, que al estar la burbuja en el centro, los puntos sobre los cuales se apoyan las patas estén a la misma altura. Para ello se apoya el caballete sobre dos puntos que están a nivel; luego se invierten los dos extremos del instrumento de manera que cada pata quede sobre el punto que ocupaba la otra, si la burbuja de nivel permanece en el centro, el aparato está correctamente ajustado. Si la burbuja se desplaza, se corrige el error colocando un pedazo de cartón debajo del nivel, o lijando (raspando) una de las dos patas. Se repite el procedimiento tantas veces como sea necesario hasta lograr un buen ajuste.

Manguera de agua

Este nivel consiste en una manguera transparente de 0.5 a 1 cm de diámetro y de 10 a 20 m de longitud. Puede hacerse también con un tubo de caucho o vidrio en sus dos extremos (Figura 3.2).

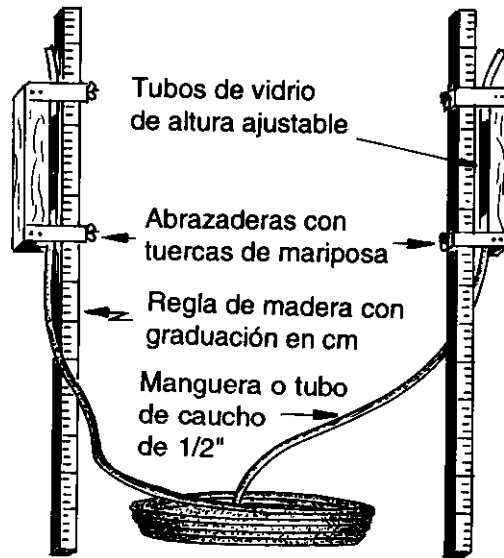


Figura 3.2. Nivel de manguera de agua.

Se llena la manguera con agua limpia hasta que se puedan ver los dos meniscos del agua contenida en el tubo, teniendo cuidado de que no quede aire dentro de la manguera. Para marcar líneas del mismo nivel, se sujetan los extremos de la manguera a dos soportes de igual altura, que pueden ser dos azadones o dos listones; en ambos se hace una marca a 1 m exacto de altura. Dos puntos sobre los que se apoyen los soportes estarán al mismo nivel si los meniscos del agua están coincidiendo con las marcas de los dos soportes.

Este instrumento permite el trazo rápido de líneas de contorno empleando los puntos marcados a mayor o menor distancia.

Compás

El compás consta de dos listones de madera unidos en dos puntos: en uno de sus extremos (con clavos o cuerda), y en la parte media con otro listón de modo que formen una "A". En la parte superior del compás se ata un hilo con una plomada de pesca en el extremo para obtener un movimiento pendular. En una superficie horizontal conocida que sea plana se calibra el compás. La longitud del hilo en ese punto sirve de referencia para la horizontalidad, es decir, para puntos que tengan esa misma cota. Cada nuevo punto de nivel que se identifique se constituye en el siguiente punto de apoyo para el giro del compás (Figura 3.3).

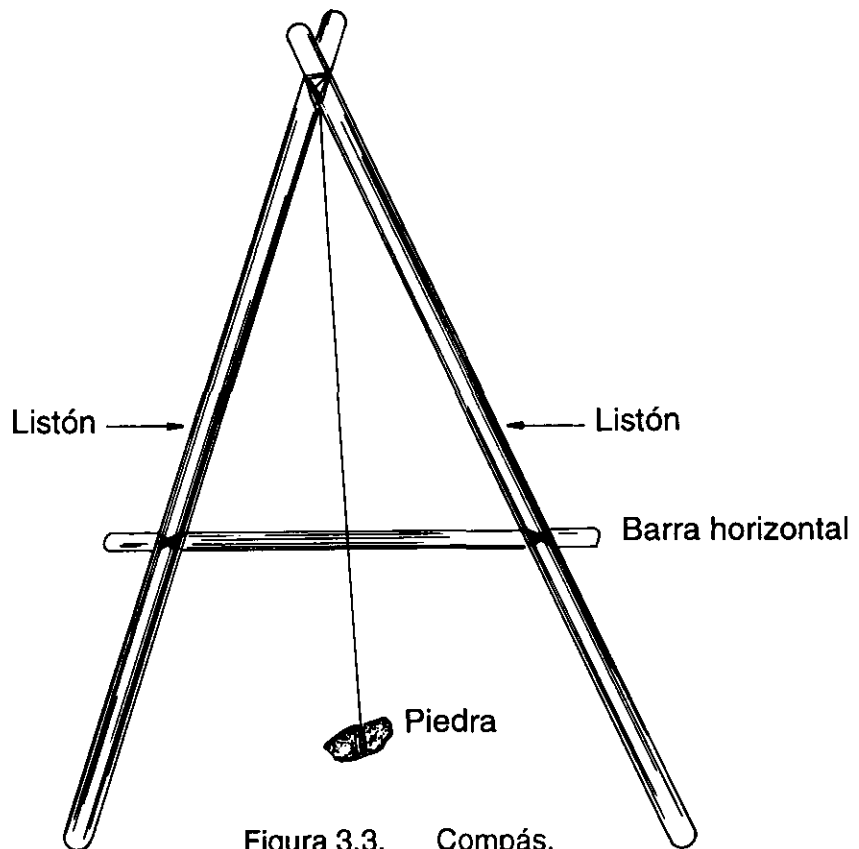


Figura 3.3. Compás.

Uso de los niveles de lectura indirecta

Nivel de mano tipo Abney

En la figura 3.4 se observa un nivel Abney o clinómetro y sus componentes. El nivel Abney es un nivel de precisión. Es un aparato caro que se utiliza para el trazado de líneas de nivel que requiere gran exactitud. Consiste esquemáticamente en un telescopio montado sobre un soporte fijo. Adherido al telescopio, y paralelo a él, va un tubo con burbuja de nivel. El aparato gira sobre el eje vertical. En el tubo del telescopio se encuentra además una retícula de hilos que sirve de guía para las lecturas.

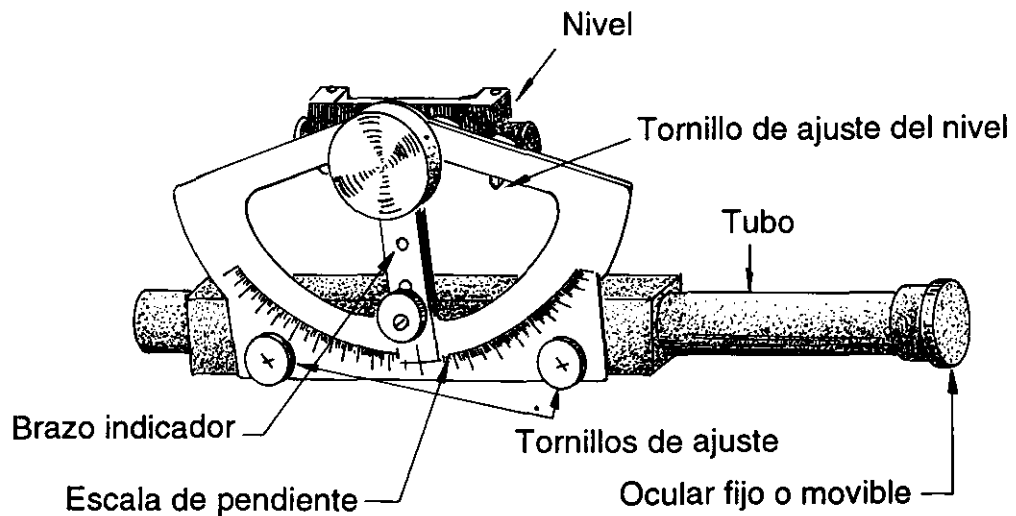


Figura 3.4. Nivel Abney o clinómetro.

Otros niveles de precisión son similares al nivel Abney, pero descansan en trípodes de madera y se nivelan por medio de tornillos especiales.

Cálculo de la pendiente

La determinación de la pendiente puede hacerse por medio de niveles de lectura directa e indirecta. La determinación de la pendiente se basa en la relación de la variación de altura de dos puntos en el terreno y la distancia horizontal de separación de los mismos, expresada en porcentaje (Figura 3.5)

Pasos para la marcación

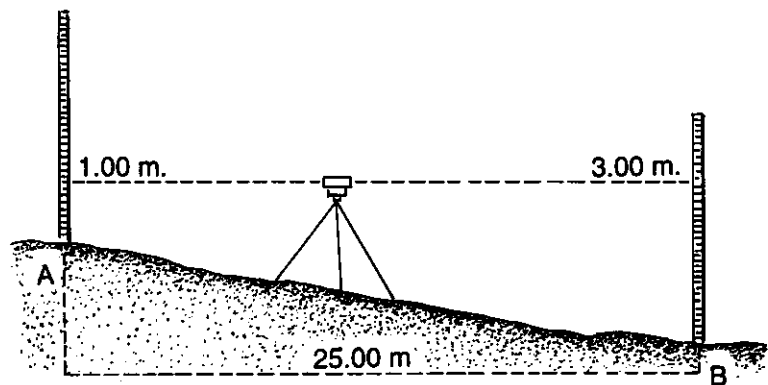
Cuando se usa un nivel de precisión, se coloca el instrumento en el sitio en que se ha clavado la primera estaca y en dirección de la pendiente, se dirige la visual hacia el sentido que se supone puede llevar la línea de contorno, centrando entonces la burbuja del nivel. Un ayudante provisto de una regla larga, en la que se ha marcado una altura igual a los ojos del operador, avanza de 10 a 15 m y apoya sobre el suelo la regla; luego mueve la regla según las indicaciones que reciba hasta que la visual lanzada con el nivel caiga exactamente en la altura marcada en la regla.

Seguidamente se coloca una estaca en este punto, y se traslada el nivel 10 ó 15 m adelante de la regla o mira desplazándolo sobre el terreno hasta que nuevamente caiga la visual sobre la señal marcada en la regla. Se coloca una estaca en este tercer punto, se mueve la regla 10 ó 15 m adelante del nivel, y se repite el procedimiento (Figura 3.5).

Después de que se haya trazado la primera línea guía, se procede a trazar en la misma forma las demás líneas de contorno (Suárez de Castro, 1980).

Distancias entre curvas

Para obtener las distancias entre las curvas, el cálculo de la pendiente es uno de los primeros pasos que se realizan.



$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{(\text{Altura B} - \text{Altura A}) \times 100}{25}$$

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{(3-1) \times 100}{25} = 8\%$$

Figura 3.5. Uso del nivel de precisión en el campo para la determinación de la pendiente.

El alineamiento de las curvas puede hacerse en forma paralela, con distancias constantes en toda su longitud, cuando las pendientes son regulares; en terrenos de relieve irregular se hace en secciones paralelas con diferentes espaciamentos. El Cuadro 3.1 indica los espaciamentos verticales y horizontales según la pendiente.

Cuadro 3.1. Espaciamiento vertical y horizontal de acuerdo con la pendiente (Mondardo *et al.*, 1977).

Declividad pendiente (%)	espaciamiento (m)		espaciamiento (m)	
	vertical	horizontal	vertical	horizontal
1	0.38	37.75	0.75	54.75
2	0.56	28.20	0.82	40.95
3	0.71	23.20	1.04	34.55
4	0.84	21.10	1.22	30.60
5	0.96	19.20	1.39	27.85
6	1.07	17.80	1.55	25.80
7	1.17	16.75	1.69	24.20
8	1.26	15.75	1.83	22.85
9	1.35	15.00	1.96	21.75
10	1.43	14.35	2.08	20.80
11	1.52	13.80	2.20	20.00
12	1.60	13.30	2.32	19.30
13	1.69	13.00	2.42	18.60
14	1.74	12.45	2.53	18.05
15	1.83	12.20	2.63	17.50

Levantamiento de terrazas

Las terrazas en curvas de nivel son camellones u obstáculos racionalmente construidos para reducir el efecto de la longitud de la pendiente, y así disminuir el daño que causa el deslizamiento del agua cuesta abajo. Esto permite aumentar la infiltración del agua a lo largo de las terrazas.

El tipo de terraza más recomendado es el de retención con el canal en nivel, con extremos cerrados de base estrecha, de tal forma que el agua del caudal sea retenida en el canal. En este caso la remoción del suelo se hace en secciones de 2 a 3 m de largo, por lo que no es factible su mecanización. Es recomendable que los camellones o diques tengan vegetación para darles mayor estabilidad.

Las terrazas recomendadas son:

- a. Terraza tipo Nichols (Figura 3.6), donde la inversión de la tierra para la formación del camellón es solamente de abajo hacia arriba. Por eso este tipo de terraza es utilizado en caso de que se disponga de un tractor.

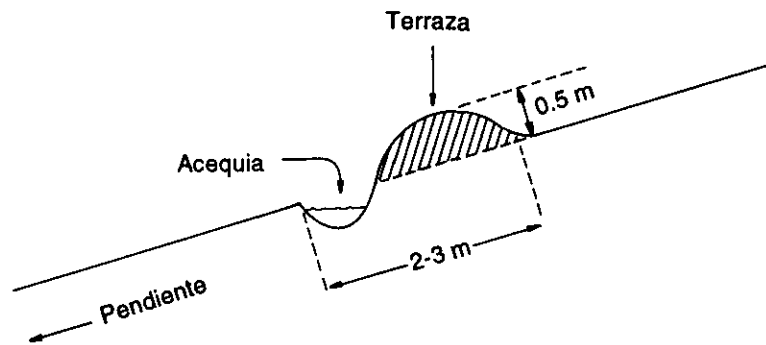


Figura 3.6. Terraza de base estrecha tipo Nichols.

- b. Cuando hay tracción animal, la más recomendada es la terraza tipo Manghum; en ella la tierra que forma el camellón o dique es retirada con el arado de vertedera, tanto de la parte superior como de la inferior de la curva de nivel marcada; después de esta operación, el dique se refuerza con azadas y palas. Figura 3.7.

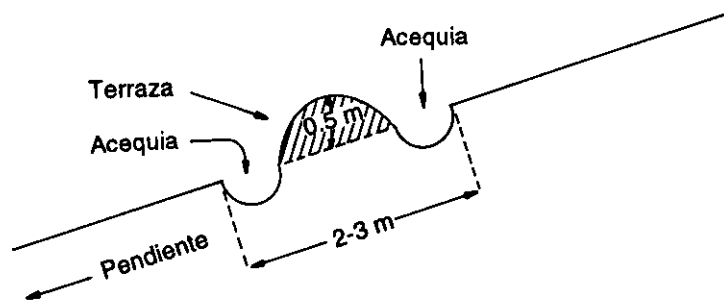


Figura 3.7. Terraza tipo Manghum.

Otras prácticas mecánicas

Localización de los caminos

En el trazado de los caminos deben considerarse algunos aspectos topográficos del terreno. En ciertos casos, el camino puede ir paralelo a la parte inferior de las terrazas con el fin de evitar su encharcamiento. Además, un camino construido a nivel puede servir como terraza y ayuda a controlar la erosión. El aspecto importante aquí es que el espacio entre las terrazas y el camino debe corresponder exactamente a un valor múltiplo de la anchura de los implementos utilizados por el productor, a fin de que no destruyan el camino durante las operaciones de preparación del suelo. El ancho de las terrazas depende de la pendiente.

Sistemas de cultivo

Monocultivo

En términos conservacionistas, el sistema de siembra de mandioca en monocultivo debe optar por variedades de porte ramificado y por altas densidades de población con el propósito de dar mejor cobertura al suelo. Cuando se utilicen variedades de porte no ramificado, es conveniente aumentar la población.

Para facilitar las prácticas culturales en el terreno, por ejemplo el control de las malezas, se debe aumentar al máximo la densidad de población en las hileras o surcos, manteniendo la distancia entre hileras.

Cultivos asociados

El cultivo asociado consiste en la siembra de dos o más cultivos en la misma área y al mismo tiempo. Es de gran importancia en la agricultura tropical. Además de las ventajas que ofrecen a la alimentación humana, los cultivos asociados hacen posible, en unos pocos meses, la producción de varios cultivos comerciales, reducen el crecimiento de las malezas, y disminuyen la difusión de las enfermedades y las plagas. Si se usan leguminosas en la asociación, el suelo se enriquece con nitrógeno.

La mandioca no aprovecha en forma completa la luz, el agua y los nutrimentos durante los primeros tres meses de su ciclo vegetativo por su lento desarrollo inicial; esto permite su asociación con un cultivo precoz. Los cultivos con los cuales más frecuentemente se asocia la mandioca son el frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Mattos, 1985), el caupí (*Vigna unguiculata*) (Mattos *et al.*, 1989) el maní (*Arachis hypogaea*) (Mattos *et al.*, 1986), y el maíz (*Zea mays*) (Mattos *et al.*, 1987).

El sistema de cultivo asociado influye también en la cobertura del suelo. Los cultivos que cubren el terreno rápidamente son más eficaces en la reducción de la erosión que aquellos que necesitan mucho tiempo para cubrirlo.

Cuadro 3.2. Efecto de dos sistemas de cultivo de mandioca en el escurrimiento del agua y en las pérdidas de suelo (Aina *et al.*, 1977).

Declividad o pendiente %	Pérdidas de suelo t/ha.año		Escurrimiento (% de precipitación anual)	
	mandioca	mandioca + maíz	mandioca	mandioca + maíz
1	3	3	18	14
5	87	50	43	33
10	125	86	20	18
15	221	137	30	19

Las coberturas vegetales reducen la erosión porque atenúan la fuerza con que cae el agua de las lluvias sobre el suelo; así se impide que los agregados de la superficie del suelo sean destruidos. También reducen la cantidad y la velocidad de la escorrentía superficial. Su sistema radicular estabiliza el suelo y aumenta la infiltración de agua.

En cuanto a la cobertura del suelo, Aina *et al.* (1977) hallaron que la mandioca necesitaba 63 días para cubrir el 50% del terreno. Un cultivo asociado de mandioca y maíz necesitaba en cambio 51 días. La cantidad de suelo que se perdió por la erosión y por la escorrentía superficial disminuyó en el cultivo asociado. La siembra de dos surcos de frijol entre dos surcos de mandioca redujo la pérdida de suelo de 9.96 a 2.16 t/ha. Esto se debe a la mayor protección que recibe el suelo del frijol durante los primeros meses de cultivo dado que el establecimiento de la mandioca es lento. En el Cuadro 3.2 se observa que la siembra intercalada de mandioca y maíz redujo la erosión de 221 t/ha a 137 t/ha, en relación con la mandioca en monocultivo.

El Cuadro 3.3 muestra que los cultivos perennes o de ciclo largo, como el banano (*Musa paradisiaca*), el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y la leucaena (*Leucaena leucocephala*), que se planta intercalada con la mandioca, también redujeron la escorrentía y la pérdida de suelo por la erosión, comparados con los respectivos monocultivos.

Cuadro 3.3. Efecto de intercalar mandioca y varios cultivos perennes en la cantidad de escorrentía y en la pérdida de suelos por erosión*, en un campo de 8% a 9% de pendiente al sur de India (Kabeerathumma *et al.*, 1985).

Sistema de cultivo	Escorrentía (mm)	Pérdida de suelo (t/ha)
Suelo desnudo	21.6	2.37
Mandioca en monocultivo	12.4	0.85
Banano en monocultivo	11.0	0.75
Eucalipto en monocultivo	11.5	0.73
Leucaena en monocultivo	12.6	0.53
Mandioca bajo banano	8.1	0.33
Mandioca bajo eucalipto	7.8	0.33
Mandioca bajo leucaena	9.2	0.25

* Determinación de escorrentía y pérdida de suelo durante 6 meses a partir de la siembra de la mandioca. Los cultivos perennes se habían sembrado un año antes. La precipitación fue de 252 mm durante el período de medición.

El sistema de siembra en hileras dobles permite hacer variaciones en la densidad de la población, sembrar cultivos asociados, y aun hacer rotaciones. También permite la operación de máquinas (distancias de 2.5 a 3.0 m. entre las hileras) o equipos de tracción animal (distancias de 2.0 m. entre hileras). Así se facilitan el control de las malezas y la aplicación de prácticas conservacionistas como la preparación de áreas reducidas de terreno (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4 Efecto del espaciamento sobre la producción de raíces en dos cultivares de mandioca BGM-116 (erecta) y BGM- 001 (ramificada), durante 1977-78 y 1978-79 (Mattos *et al.*, 1980).

Espaciamentos (m)	Plantas/ha	BGM-116, producción de raíces (t/ha)	BGM-001 producción de raíces (t/ha)	Hileras dobles en 100 metros
2.0 x 0.5 x 0.5	16000	22.1	32.8	40
2.0 x 0.6 x 0.6	12820	34.1	39.7	38
2.0 x 0.7 x 0.7	10582	25.8	32.2	37
2.5 x 0.5 x 0.5	13333	27.6	28.5	33
2.5 x 0.6 x 0.6	10752	23.3	30.3	32
2.5 x 0.7 x 0.7	8928	23.1	29.1	31
3.0 x 0.5 x 0.5	11428	19.1	26.3	29
3.0 x 0.6 x 0.6	9259	20.1	28.0	28
3.0 x 0.7 x 0.7	7722	20.1	28.5	27
Testigo (1 hilera) 1.0 x 0.6	16666	21.8	34.4	100

Cultivos en fajas intercaladas

Es la disposición alternada de diferentes cultivos, plantados en épocas distintas, en fajas de anchura variable y dispuestas siguiendo las curvas de nivel. Se pueden clasificar tres grupos: fajas de explotación continua, cuando los cultivos permanecen de un año para el otro en la misma posición; fajas de rotación, cuando los cultivos cambian de lugar en cada ciclo, promoviéndose así la rotación de cultivos; y fajas de retención cuando se utilizan fajas estrechas de 2 a 5 m de ancho, con gran densidad de plantas, y dispuestas siguiendo las curvas de nivel del terreno a intervalos de 20 a 50 metros, de acuerdo con la pendiente del mismo (Souza, 1990).

Carpidas o deshierbas alternadas

Las malezas, a pesar de que compiten con el cultivo principal por luz, agua y nutrimentos, hacen un eficaz control de la erosión debido a su agresiva capacidad para cubrir el suelo y al gran desarrollo de su sistema de raíces.

Al hacer carpidas se expone la superficie del suelo a la intemperie, y se produce alguna desagregación. Si la carpida se hace en hileras alternadas hasta el final de la plantación, y luego se realiza la operación inversa, habrá siempre una protección contra el escurrimiento del agua.

Cordón vegetal en curvas de nivel

Para esta práctica se utilizan, en general, gramíneas de parte aérea densa y sistema radicular superficial pero bien extendido. No deben tener porte alto, para no producir sombra al cultivo de mandioca; el espaciamiento entre cordones de vegetación debe estar en función de la pendiente del terreno; a mayor pendiente, menor distancia.

Rotación de cultivos

Debido al estrecho rango de la época de plantación (45 a 50 días/año) no son factibles dos cultivos en un mismo año agrícola; las rotaciones de cultivos son entonces anuales.

En el cultivo de la mandioca, la duración de la cosecha es muy variable, lo que da como resultado la presencia de zonas de barbecho también de duración y extensión variables. Este hecho no debe justificar la presencia de nuevas plantaciones de mandioca en estas áreas.

La rotación de cultivos alterna la explotación de los espacios y de los nutrientes del suelo, además de incorporar a éste los residuos de cultivos de diferente constitución. En el caso de la mandioca, además de retirar las raíces también se retira un porcentaje de los tallos, que se usarán como semilla en nuevas plantaciones; o se retiran casi en su totalidad cuando se usan para alimentación animal. Por lo tanto, pueden descender significativamente las reservas de nutrientes del suelo cuando se hacen siembras consecutivas si no se aplican fertilizantes; de ahí la recomendación de hacer rotaciones con gramíneas o leguminosas o con ambos, en las siembras de mandioca (Mattos, 1982).

Manejo de las coberturas

Importancia

La importancia de las coberturas vegetales, vivas o muertas, reside en que éstas mantienen el suelo cubierto durante el período de lluvias, evitando así el impacto directo de las gotas de agua sobre el suelo y reduciendo la erosión. También aumenta la infiltración y se mejoran las condiciones físicas y químicas del terreno cuando se hace incorporación de la materia orgánica. Otro efecto de la cobertura vegetal es mantener la humedad del suelo reduciendo la pérdida de agua por evaporación.

Se debe diferenciar entre las coberturas vivas, que normalmente compiten mucho con la mandioca como hace la mucuna, y las coberturas muertas (mulch) que se producen como abono verde antes de plantar la mandioca y que no compiten con el cultivo.

En suelos arenosos y escasos en nutrimentos, las coberturas vivas contribuyen a reducir la lixiviación de nutrimentos en estado soluble; en otros casos las coberturas ayudan al reciclaje de los nutrimentos que han sido lixiviados como el N y el K. En suelos muy arcillosos y plásticos, la materia orgánica incorporada les da una mejor estructura. Si la cobertura es de leguminosas, se incorpora nitrógeno al suelo.

Fuentes

Después de una cosecha, toneladas de residuos quedan en la chacra. Se debe evitar su quema como una manera de manejo, dado que es mejor usarlos como cobertura muerta, e incorporarlos cuando se haga la preparación primaria del suelo para el siguiente cultivo. El método común de mantener un nivel adecuado de material de cobertura es evitando el monocultivo; en el caso de la mandioca, haciendo rotación de cultivos con especies de mayor cantidad de masa vegetal.

Las especies utilizadas como cobertura en los cultivos anuales son las mismas que se usan como abono verde, como la mucuna (*Stilozobium* sp.), la *Crotalaria* sp. y el guandul (*Cajanus cajan*).

En ciertos casos, según el tipo de maleza y su grado de desarrollo, se realiza una carpida o se usa un implemento agrícola para su control. La incorporación de coberturas antes de la siembra debe ser observada en suelos pobres en N, para evitar que entren a competir con el nitrógeno del suelo. No se recomienda por ello incorporar antes de la siembra la cobertura de residuos de madera, paja de arroz, rastrojo de maíz y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) ya que se caracterizan por un alto valor de la relación C/N (Monegat, 1991).

El control de malezas y su relación con las prácticas conservacionistas¹

Hay un período durante el desarrollo de la mandioca en que las malezas afectan significativamente el cultivo; se llama período crítico de interferencia.

Los trabajos adelantados por el CNPMF/EMBRAPA indican que, en ecosistemas donde la siembra se hace al inicio de la época de lluvias o durante ella, el período crítico de interferencia es aproximadamente de 100 días empezando a los 40 días después de la siembra. Durante este período, por lo tanto, es conveniente que el cultivo esté libre de malezas. Luego de este período, el manejo de las malezas puede permitir que éstas permanezcan junto con la mandioca y ayuden en la conservación del suelo.

La presencia de las malezas evitaría el movimiento superficial del suelo que causa las prácticas de control mecánico, ocasionará menor compactación sub-superficial, menor escurrimiento y mayor infiltración del agua. Todo esto reduce sensiblemente el arrastre del suelo.

La presencia de las malezas después del período crítico de interferencia provee mejor ambiente para algunos de los enemigos naturales de las plagas que atacan la mandioca. También dan mejor ambiente para el desarrollo de las micorrizas.

En suelos arenosos y susceptibles a la erosión, es recomendable, antes de la siembra, controlar las malezas por medio de herbicidas. El objetivo es formar una cobertura muerta (mulch). Esta cobertura reduce la desagregación de las partículas del suelo, causada inicialmente por la lluvia; también reduce la pérdida de agua en un período, el anterior a la siembra, en que se requiere agua para la formación de las raíces. La cobertura también ayuda a regular la temperatura del suelo, y esto influye en la población microbiológica del suelo.

1/ Carvalho, J. CNPMF/EMBRAPA. Comunicación personal. Octubre, 1992

Bibliografía

- AINA, P.O. ; LAL, R. ; TAYLOR, G.S. 1977. Soil and crop management in relation to soil erosion in the rainforest of western Nigeria. In: Soil erosion prediction and control. Soil Conservation Society of America. Special publication No. 21, pp. 75-84.
- KABEERATHUMMA, S. ; GHOSH, S.P. ; LAKSHMI, K.R. 1985. Erosión del suelo y escorrentía superficial: una comparación entre sistemas de cultivo múltiple. Yuca Boletín Informativo. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 9(2): 5.
- MATTOS, P.L.P.; SOUZA, L.S. ; CALDAS, R.C. 1980. Sistemas do plantis da mandioca em fileiras duplas no Brasil. En: Práticas culturais da mandioca. Anais, EMBRAPA, Salvador, Bahia, Brasil.
- MATTOS, P.L.P. ; SOUZA, A. da S. 1985. Mandioca plantada em fileiras duplas consorciadas com feijão. Revista Brasileira de Mandioca, (Cruz das Almas), 4(2): 69-74.
- MATTOS, P.L.P. ; SOUZA, A. da S. ; CALDAS, R.C. 1986. Consorciação de mandioca com amendoim. Revista Brasileira de Mandioca, (Cruz das Almas) 5(1): 71-76.
- MATTOS, P.L.P. ; SOUZA, A. da S. 1987. Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) consorciada com milho (*Zea mays* L.) no sistema de fileira dupla. Revista Brasileira de Mandioca y (Cruz das Almas). 6(1): 49-53.
- MATTOS, P.L.P. ; SOUZA, A. da S. ; Caldas, R.C. 1989. Adaptação de espaçamentos na consorciação de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) plantada em fileiras duplas com caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp. Revista Brasileira de Mandioca (Cruz das Almas) 8(1): 77-81.
- MATTOS, P.L.P. ; SOUZA, A. da S. ; Dantas, J.L.L. ; Caldas, R.C. 1981. Influência da rotação de culturas sobre a produtividade do mandioca. En: Congresso Brasileiro de Mandioca, Vitoria, ES, Brasil 1991; Anais. Sociedad Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, BA, Brasil.

MONDARDO, A. ; HENKLAIN, J.C. ; FARIAS, G.S. de ; RUFINO, R.L. ; JUCKSCH, I. ; VIEIRA, M.J. 1977. Controle da erosão no estado do Paraná, IAPAR, Londrina. Circular 3. 70p.

MONEGAT, C. 1991. Plantas de cobertura do solo, características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, S,C, Brasil. 337 p.

SOUZA, L. da S. ; SOUZA, L.D. 1990. Manejo e conservação do solo na cultura da mandioca. VII Curso Intensivo Nacional de Mandioca. EMBRAPA-CNPMPF, Cruz das Almas, BA, Brasil.

SUAREZ de CASTRO, F. 1980. Conservación de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias. San José, Costa Rica. 315p.

Práctica 3.1 Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel tipo caballete

Objetivo

- ✓ Al finalizar la práctica los participantes estarán en capacidad de estimar la pendiente (en porcentaje) de un terreno utilizando el nivel tipo caballete.

Recursos necesarios

- Caballetes por grupos de participantes
- Cinta métrica o regla
- Hoja de trabajo
- Lote de terreno para la práctica.

Orientación para el instructor

Organizar a los participantes en grupos. Los participantes deben seguir los siguientes pasos:

- Medir el largo (longitud) del caballete (distancia horizontal = DH).
- Iniciar la nivelación en el sentido de la pendiente. El extremo rígido debe colocarse en la parte más alta del declive, y el apoyo móvil en la parte baja de éste.
- Nivelar el caballete destornillando la mariposa en el apoyo móvil.
- Asegurar la mariposa.
- Medir la distancia vertical (DV) en el apoyo móvil del caballete.
- Consignar los datos en el cuadro de la hoja de trabajo.
- Repetir 5 veces la operación anterior (pasos 2 a 6).
- Calcular la pendiente según la fórmula:

$$P (\%) \times \frac{DV}{DH} = 100$$

- Entregar la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

Cada grupo debe desarrollar los siguientes pasos:

- Medir el largo (longitud) del caballete (distancia horizontal = DH)
- Iniciar la nivelación en el sentido de la pendiente. El apoyo rígido se debe colocar en la parte más alta de la pendiente, y el apoyo móvil en la parte baja de ésta.
- Nivelar el caballete destornillando la mariposa del apoyo móvil.
- Asegurar la mariposa.
- Medir la distancia vertical (DV) en el apoyo móvil del caballete.
- Consignar los datos en el cuadro adjunto.
- Repetir 5 veces la operación anterior (pasos 2o. a 7o.).
- Calcular la pendiente según la siguiente fórmula:

$$P (\%) \times \frac{DV}{DH} = 100$$

Posiciones	Distancia vertical	Distancia horizontal
1		
2		
3		
4		
5		
Total		

Práctica 3.1 - Información de retorno

La información que aparece a continuación sirve de guía al instructor para desarrollar la información de retorno correspondiente a la práctica.

Distancia horizontal	Distancia vertical
2 m	0.10 m
2 m	0.20 m
2 m	0.15 m
2 m	0.20 m
2 m	0.15 m
Suma: 10 m	0.80 m

Explicación:

En 10 m varió 0.8 m

En 100 m variará X m

$$X = \frac{0.8 \text{ m} \times 100}{10} = 8 \%$$

- Fórmula: Pendiente (%) = $\frac{DV}{DH} \times 100$

- Sustitución: Pendiente (%) = $\frac{0.8}{10} \times 100 = 8\%$

Práctica 3.2 Cálculo de la pendiente de un terreno utilizando el nivel de manguera

Objetivo	<input checked="" type="checkbox"/> Al finalizar la práctica, los participantes estarán en capacidad de estimar la pendiente (en porcentaje) de un terreno utilizando un nivel de lectura directa: el nivel de manguera.
Recursos necesarios	<input type="checkbox"/> Nivel de manguera (según el número de grupos de participantes) <input type="checkbox"/> Cinta métrica <input type="checkbox"/> Listones de 1.5 m <input type="checkbox"/> Estacas de tacuará <input type="checkbox"/> Jarras con agua <input type="checkbox"/> Lote de terreno donde se realizará la práctica
Orientación para el instructor	<ul style="list-style-type: none">• Organizar los participantes en grupos. Cada grupo desarrollará los siguientes pasos:• Marcar los listones con tres rayas horizontales, a alturas iguales, separadas 5 cm una de otra.• Fijar firmemente los extremos de la manguera en ambos listones mediante abrazaderas, dejando que 10 cm de ella o del tubo (transparente) sobresalgan más allá de la punta de cada listón.• Colocar los listones juntos y en posición vertical; llenar con agua la manguera hasta alcanzar la altura de la raya media de referencia. Cuidar que el rollo de manguera se halle por debajo del nivel de los listones. Proceder entonces a llenar los extremos transparentes (o los tubos de vidrio) evitando la formación de burbujas que si aparecen, deben ser eliminadas.• Tapar con los dedos los extremos de la manguera (o de los tubos) para evitar que se derrame el agua; desplazar los listones para nivelar y eliminar burbujas de agua. Dos puntos del terreno estarán a un mismo nivel cuando el agua alcance la misma altura en los dos extremos destapados de la manguera.

- Desplazar uno de los listones en sentido de la pendiente a una distancia prudente a fin de que el agua no se desborde en uno de los extremos de la manguera.
- Medir en cada listón (el ubicado en la parte superior y el ubicado en la parte inferior) la distancia de la raya media, hacia arriba o hacia abajo, hasta el menisco de agua que se forma en los extremos (o en los tubos).
- Consignar los datos en el cuadro de la hoja de trabajo.
- Repetir tres veces la operación arriba mencionada.
- Calcular la pendiente aplicando la fórmula:

$$P (\%) = \frac{DV}{DH} \times 100$$

DV = distancia vertical

DH = distancia horizontal

- Entregar la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

Cada grupo desarrollará los siguientes pasos:

- Marcar los listones con tres rayas horizontales, a alturas iguales, separadas 5 cm una de otra.
- Fijar firmemente los extremos de la manguera en ambos listones mediante abrazaderas, dejando que unos 10 cm de ella (o del tubo transparente) sobresalgan más allá de la punta de cada listón.
- Colocar los listones juntos y en posición vertical; llenar con agua la manguera hasta alcanzar la altura de la marca media de referencia. Cuidar que el rollo de manguera se halle por debajo del nivel de los listones. Proceder entonces a llenar los extremos transparentes (o los tubos de vidrio) evitando la formación de burbujas que, si aparecen, deben ser eliminadas.
- Tapar con los dedos los extremos de la manguera para evitar que se derrame el agua; desplazar los listones para nivelar y eliminar las burbujas de agua. Dos puntos del terreno estarán a un mismo nivel cuando el agua alcanza una misma altura en ambos lados de la manguera destapada
- Desplazar uno de los listones en sentido de la pendiente a una distancia prudente a fin de que el agua no se desborde en uno de los extremos de la manguera.
- Medir las distancias de la raya media abajo y arriba del listón de la parte superior e inferior respectivamente.
- Consignar los datos en el cuadro adjunto.
- Repetir tres veces la operación arriba mencionada.
- Calcular la pendiente aplicando la fórmula:

$$P (\%) = \frac{DV}{DH} \times 100$$

	Distancia vertical	Distancia horizontal
1		
2		
3		
4		
5		
Total		

Práctica 3.2 - Información de retorno

La siguiente información es una guía para el instructor para desarrollar la información de retorno correspondiente a la práctica.

Distancia Horizontal	Distancia Vertical
15 m	0.75
15 m	1.50
15 m	1.13
15 m	1.50
15 m	1.12
Suma 75 m	6.00 m

Explicación:

en 75 m varió 6.0 m

en 100 m variará m

$$X = \frac{6 \text{ m} \times 100 \text{ m}}{75 \text{ m}} = 8$$

Pendiente (%) = 8 %

Fórmula: Pendiente (%) = $\frac{DV}{DH} \times 100$

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{6}{75} \times 100 = 8\%$$

Práctica 3.3 Trazado de curvas de nivel utilizando el nivel tipo caballete

Objetivo	<input checked="" type="checkbox"/> Al finalizar la práctica, los participantes estarán en capacidad de trazar curvas de nivel utilizando el caballete.
Recursos necesarios	<input type="checkbox"/> Caballetes (según el número de grupos de participantes) <input type="checkbox"/> Cinta métrica <input type="checkbox"/> Estacas de tacuará <input type="checkbox"/> Lote donde se realizará la práctica
Orientación para el instructor	<ul style="list-style-type: none">• Organizar a los participantes en grupos. Cada grupo debe desarrollar los siguientes pasos:• La marcación y el trazado de las curvas debe iniciarse en la parte más alta del terreno.• Estimar el porcentaje de pendiente• Medir, desde la parte más alta del terreno, la distancia que previamente ha sido recomendada para el grado de pendiente y el cultivo de la mandioca.• Se clava la primera estaca, que servirá de punto de partida de la curva; en ese sitio se coloca el extremo rígido del caballete. El operador, ajustando el extremo móvil del caballete, encontrará un punto donde el nivel de agua indique la misma altura del extremo fijo. Posteriormente, este punto de nivel servirá de base para el movimiento de rotación del caballete hasta encontrar el nuevo punto de equilibrio.• Se repetirá la operación sucesivamente, y se clavará una estaca cada 10 ó 15 m.• Por último, se corregirá la curva.• Reunir el grupo para discutir los resultados de la práctica.

**Instrucciones
para los
participantes**

Cada grupo desarrollará los siguientes pasos:

- Estimar el porcentaje de pendiente.
- Medir, desde la parte más alta del terreno, la distancia recomendada de las curvas.
- Se clava la primera estaca, que servirá de punto de partida de la curva; en ese sitio se coloca el extremo rígido del caballete. El operador, ajustando el extremo móvil del caballete, encontrará un punto donde el nivel de agua indique la misma altura del extremo fijo. Posteriormente, este punto de nivel servirá de base para el movimiento de rotación del caballete hasta encontrar el nuevo punto de equilibrio.
- Se repetirá la operación sucesivamente, y se clavará una estaca cada 10 ó 15 m.
- Por último, se corregirá la curva.
- Reunirse en grupos para discutir los resultados de la práctica.

Práctica 3.4 Trazado de curvas de nivel usando el nivel de manguera

Objetivo

- ✓ Al finalizar la práctica, los participantes estarán en capacidad de trazar curvas de nivel utilizando el nivel de manguera.

Recursos necesarios

- Manguera plástica transparente y elástica de 1/4 a 3/8 de pulgada de grosor
- Listones de madera con abrazaderas, de altura variable
- Estacas de tacuará
- Cinta métrica
- Una jarra con agua

Orientación para el instructor

- Organizar a los participantes en grupos. Cada grupo desarrollará los siguientes pasos:
- Si no están graduados los listones, marcar tres rayas horizontales a iguales alturas en cada listón, y separadas 5 cm una de otra.
- Fijar firmemente los extremos de la manguera a ambos listones mediante abrazaderas, dejando que cada extremo (o el tubo de vidrio) sobresalga unos 10 cm más allá de la punta del listón.
- Colocar los listones juntos y en posición vertical; llenar con agua la manguera hasta alcanzar la altura de la marca intermedia de referencia. Cuidar que el rollo de manguera esté debajo del nivel de los listones, y proceder a llenar el extremo de la manguera (o el tubo) evitando la formación de burbujas que, si se forman, deben ser eliminadas.
- Tapar con los dedos los extremos de la manguera (o de los tubos) para evitar que se derrame el agua; desplazar los listones para nivelar. Dos puntos del terreno estarán a un mismo nivel cuando el agua alcance una misma altura en los dos extremos destapados de la manguera.
- Se repite el mismo procedimiento en otros puntos clavando estacas cada 10 ó 15 metros.
- Reunir a los participantes y discutir los resultados de la práctica.

**Instrucciones
para los
participantes**

Desarrollar los siguientes pasos:

- Si no están graduados los listones, marcar tres rayas horizontales a iguales alturas en cada listón y separadas 5 cm una de otra.
- Fijar firmemente los extremos de la manguera a ambos listones mediante abrazaderas, dejando que cada extremo (o el tubo de vidrio) sobresalga unos 10 cm más allá de la punta del listón.
- Colocar los listones juntos y en posición vertical; llenar con agua la manguera hasta alcanzar la altura de la marca intermedia de referencia. Cuidar que el rollo de manguera esté por debajo del nivel de los listones y proceder a llenar el extremo de la manguera (o el tubo) evitando la formación de burbujas, que en ese caso deben ser eliminadas.
- Tapar con los dedos los extremos de la manguera (o de los tubos) para evitar que se derrame el agua; desplazar los listones para nivelar. Dos puntos del terreno estarán a un mismo nivel cuando el agua alcance una misma altura en los dos extremos destapados de la manguera.
- La marcación y construcción de las terrazas curvas, aplicable también para las terrazas, deben iniciarse por la parte más alta del terreno.
- Se estima el porcentaje de pendiente.
- Se coloca una estaca y se mide desde la parte más alta la distancia que previamente se ha recomendado para las curvas.
- La primera estaca servirá de punto de partida de la curva; se coloca en este punto uno de los extremos del “nivel de manguera”. Un operador hará que el otro extremo se desplace hasta que el agua llegue a la raya media de referencia.
- Un segundo operador desplaza el otro extremo, extendiendo totalmente la manguera, hasta que el agua se nivele con la raya de referencia.
- Se nivela con la marca de arriba si se quiere dar pendiente en el sentido de la marcha. Esta operación se repite para cada nueva estaca.

- Se clava la segunda estaca en el punto nivelado. El operador que clava esta segunda estaca buscará ubicación de la tercera estaca, cuidando de mantener el nivel o el gradiente de la curva. El primer operador también se desplaza a la segunda estaca.
- Terminada la marcación de la primera curva se procede a marcar la segunda curva. La distancia entre la primera y la segunda curvas, y las curvas sucesivas está dada en tablas y varía según los cultivos y grados de pendiente.
- Debe cuidarse que el desagüe de las curvas se efectúe hacia un mismo borde del terreno.
- Reunirse en grupos para discutir resultados.

Observaciones importantes

- Los operadores al desplazarse deben tapar siempre los extremos de la manguera con los dedos; hay que destaparlos para hacer las lecturas respectivas.
- Si al destapar uno de los extremos el agua asciende, con la posibilidad de derramarse, hay que taparlo nuevamente y buscar un lugar más alto hasta nivelar.
- Extender la manguera cuidando de no hacerla pasar sobre obstáculos más altos que los listones, como unos troncos altos.

Práctica 3.5 Prácticas mecánicas

Objetivo

- ✓ Al finalizar la práctica, los participantes estarán en capacidad de evaluar, en parcelas de campo especialmente diseñadas, el efecto de diferentes prácticas conservacionistas sobre el control de la erosión.

Recursos necesarios

- Seis (6) parcelas de campo establecidas, con una anticipación de seis meses, en una unidad demostrativa.

Orientación para el instructor

- Preparar una unidad demostrativa con un mínimo de seis meses de anticipación a la práctica, con las siguientes características:
 1. Debe estar localizada en una área representativa de la región en cuanto a:
 - a. Suelo
 - b. Topografía
 - c. Otras características
 2. Debe estar en un lugar de fácil acceso.
 3. El productor participante debe tener una actitud favorable para adoptar las tecnologías propuestas.

La unidad demostrativa debe estar constituida por seis parcelas, con un mínimo de 15 m de ancho y 30 m de largo por parcela, y estarán una al lado de la otra.

Las parcelas pueden tener los siguientes tratamientos:

Parcela No.	Tratamiento
1	Cultivo en nivel
2	Cultivo en nivel + Asociación de cultivos
3	Cultivo en nivel + Fajas intercaladas
4	Cultivo sin nivel
5	Cultivo en nivel + Carpida alternada
6	Cultivo en nivel + Manejo de cobertura disponible en la región.

En todas las parcelas, la plantación debe hacerse con las variedades y densidades recomendadas.

Se pueden incluir parcelas con fertilización y sin ella, ya que la fertilización adecuada es una de las prácticas de conservación de suelos más importantes. También se puede incluir labranza mínima o la labranza cero.

- Organizar a los participantes en parejas.
- Cada pareja debe contestar las siguientes preguntas:
 - a. ¿Qué prácticas conservacionistas existen en cada parcela?
 - b. ¿Qué resultados, en términos de conservación de suelos, son esperados y/u observados en cada parcela?
 - c. ¿Qué distancias hay entre plantas, y entre líneas o surcos?
 - d. ¿Qué cultivos fueron asociados con la mandioca?
 - e. ¿Qué cobertura vegetal se usa?
 - f. ¿Qué cultivos fueron intercalados?
- Entregar la información de retorno.

Tiempo necesario: 80 minutos así: a) discutir resultados y recomendaciones para la región (40 minutos); b) plenaria para análisis de los reportes (40 minutos).

**Instrucciones
para el
participante**

- Cada pareja de participantes debe observar y evaluar los siguientes aspectos:
 - Prácticas conservacionistas en las parcelas
 - Distancias entre plantas, líneas o surcos
 - Cultivos asociados o intercalados
 - Cobertura
- Responder las siguientes preguntas:
 - a. ¿Qué prácticas conservacionistas existen en cada parcela?
 - b. ¿Qué resultados, en términos de conservación de suelos, son esperados y/u observados en cada parcela?
 - c. ¿Qué distancias hay entre plantas y entre líneas o surcos?
 - d. ¿Qué cultivos fueron asociados con la mandioca?
 - e. ¿Qué cobertura vegetal es usada?
 - f. ¿Qué cultivos fueron intercalados?

Práctica 3.5 - Información de retorno

- a. Los tratamientos 1, 2, 3, 5 y 6 son conservacionistas; el No. 4 no lo es.
- b. En cualquiera de los tratamientos en que se hacen prácticas conservacionistas se observa la protección del suelo. Sin embargo, los tratamientos sobresalientes pueden variar según situaciones específicas.
- c. Son variables según la pendiente; van desde 50 cm hasta 1.5 m.
- d. Frijol, maíz, maní, soya.
- e. Coberturas con malezas de la zona y con rastrojos de maíz.
- f. Frijol, maíz, maní y soya pueden asociarse o intercalarse.

Resumen de la Secuencia 3

Las prácticas conservacionistas tienen como objetivo principal reducir el proceso erosivo, principalmente mediante la disminución del movimiento de las aguas en la dirección de la pendiente. Estas prácticas son de diferente naturaleza: siembra de cultivos en curvas de nivel, construcción de terrazas, establecimiento de cultivos asociados, uso de coberturas, cultivos en fajas intercaladas, carpidas alternadas, manejo de malezas.

Para el diseño e implementación de estas prácticas es necesario determinar la pendiente del terreno. Esta determinación se hace con niveles de lectura directa como el nivel tipo caballete, el nivel de manguera y el nivel tipo compás.

La decisión sobre las prácticas conservacionistas que deben recomendarse se toma en función de las condiciones específicas del lugar, de la gravedad del problema y de sus causas, y de las condiciones socio-económicas de los productores.

Evaluación de las actividades prácticas

Nombre: _____

Profesión: _____

Fecha: _____

1. **Objetivo:** Establecer relaciones entre las características y propiedades de los suelos con los requerimientos de la mandioca, utilizando correctamente las terminologías y los conceptos relacionados con el manejo y la conservación de los suelos .

Actividad: estimación de los conceptos pendiente, erosión, propiedades físicas del suelo, y manejo de suelos en el campo.

Actitud del participante	Escala	
	SI	NO
1. ¿Utilizó correctamente el equipo de precisión para el cálculo de la pendiente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Identificó sin problemas la existencia y el tipo de erosión en el terreno?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Identificó la textura, la estructura y la humedad del suelo con facilidad ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Identificó las prácticas conservacionistas y comprendió las ventajas de las mismas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Demostró cuidado en el uso del equipo de precisión?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Mostró seguridad en la identificación de los problemas de la finca?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Mostró seguridad en las propuestas de prácticas conservacionistas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. **Objetivo:** Diseñar un plan de preparación de suelos en función de las propiedades físicas y de las necesidades específicas de un determinado lugar, para un mejor aprovechamiento del potencial de las variedades de mandioca cultivadas.

Actividad: visita a dos fincas para la observación y análisis de las diferentes condiciones físicas del suelo y de la topografía local.

Actitud del participante	Escala	
	SI	NO
1. Identificó las diferencias existentes entre los dos casos particulares en relación con:		
• Correlación entre pendiente y longitud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Textura por estructura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Pendiente por degradación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Sistema de cultivo por degradación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Densidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Cultivo asociado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Control de malezas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Cosecha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Humedad por inicio de uso de implementos agrícolas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Número de operaciones por control de malezas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mostró seguridad en la identificación de los problemas de la finca.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Se preocupó por hacer la sugerencia más económica para la preparación del suelo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. **Objetivo:** Demostrar las prácticas conservacionistas que más satisfagan las necesidades de manejo del suelo del Cono Sur para la producción de mandioca, adecuadas a las características socio-económicas de los productores dentro de sus fincas.

Actividades: Trazado de curvas de nivel en finca; observación y dimensionamiento de otras prácticas conservacionistas previamente establecidas.

Actitud del participante	Escala	
	SI	NO
1. ¿Consiguió marcar correctamente la curva de nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Percibió y dimensionó las ventajas y desventajas de las prácticas conservacionistas establecidas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Mostró interés haciendo mediciones o anotaciones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones: _____

 Firma evaluador

 Firma evaluado

Evaluación final de conocimientos

Nombre: _____

Sede del evento: _____

Fecha: _____

Instrucciones

Este material fue elaborado para determinar cuánto ha progresado usted en el conocimiento de la conservación de los suelos en el cultivo de la mandioca.

1. Marque con una X la respuesta correcta:

¿Cuál de las siguientes combinaciones de características físico-químicas es la más apropiada para la producción de mandioca?

Explique su respuesta

	P (ppm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
<input type="checkbox"/> a.	10	10	10	80
<input type="checkbox"/> b.	5	20	10	70
<input type="checkbox"/> c.	3	50	10	40
<input type="checkbox"/> d.	1	80	5	15

2. Dada una finca con las características e implementos que se indican, elabore un plan de preparación de suelos:

Declividad:	10%
Textura:	media
pH:	bajo
P:	bajo
K:	bajo
Al:	alto
Ca + Mg:	medio
Arado de vertedera:	1
Rastra de discos:	1

3. Combine la práctica conservacionista con el efecto más significativo que recibe el suelo

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1. Plantación con mayor densidad. | a. Mayor cobertura del suelo |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2. Cultivos asociados. | b. Alternancia de explotación del espacio y de los nutrimentos del suelo por las raíces. |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 3. Rotación de cultivos. | c. Disminución de la velocidad del agua de lluvia en la superficie del suelo. |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 4. Plantación en nivel. | d. Disminución de la erosión y de la concentración de la mano de obra en una sola época. |
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 5. Cultivo en faja. | e. Disminución de la retención de agua por el suelo. |
| | f. Aumento de la infiltración de agua y alternancia de las prácticas culturales. |

Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

1. c. Los suelos a y b son de textura muy arcillosa; el d es de textura muy arenosa, quedando como ideal la opción c, donde el criterio de la textura debe prevalecer sobre el tenor de fósforo (P), debido a la dificultad de cambiar la textura y a la facilidad de adicionar fósforo al suelo.
2. Plan de preparación de suelos:
 - a. Carpida (opcional, según el grado de enmalezamiento). Para poder entrar en el área a la marcación de la curva de nivel.
 - b. Trazado de curvas de nivel. Para disminuir la velocidad del escurrimiento cuesta abajo.
 - c. Encalado. Para incorporar la cal agrícola al suelo.
 - d. Arada (en nivel).
 - e. Rastreada (en nivel). Para el control parcial de malezas y desterronamiento de la superficie del suelo para la plantación.
 - f. Demarcar lugares para franjas de vegetación (caña de azúcar, pasto elefante, etc.). Plantas con sistema radicular agresivo y parte aérea densa que permiten el paso del agua pero retienen el suelo.
 - g. Surcado o preparación de hoyos (en función del espaciamiento y de la asociación de cultivos). Para controlar los espacios de suelo donde serán colocadas las “semillas” (estacas).
 - h. Fertilización/plantación. Las operaciones a, b, c, d deben ser realizadas 60 días antes de la plantación (lluvias). La fertilización fosfatada y la materia orgánica dan resultados positivos en la mayoría de los cultivos.

Realizar la siembra del cultivo asociado 30 días después de la plantación de la mandioca.

3. 1 a 4 c
- 2 d 5 f
- 3 b

Anexos

Anexos

	Página
Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores	A-10
Anexo 4. Especificaciones de los principales abonos orgánicos	A-14
Anexo 5. Observación de pérdidas de suelo en diferentes tipos de suelo, de pendiente y de práctica conservacionista	A-15
Anexo 6. Funciones de los nutrimentos, síntomas característicos de sus deficiencias, y tipos de suelo donde es probable una deficiencia.	A-17
Anexo 7. Síntomas característicos y tipos de suelo donde es probable la deficiencia de los micronutrimentos	A-18
Anexo 8. Síntomas característicos y tipos de suelo donde son probables algunas toxicidades	A-19
Anexo 9. Diapositivas que complementan la Unidad	A-20
Anexo 10. Transparencias para uso del instructor	A-22

Anexo 1 Evaluación del evento de capacitación

Nombre del evento: _____ Evento N° _____

Sede del evento: _____ Fecha: _____

Instrucciones

Deseamos conocer sus opiniones sobre diversos aspectos del evento que acabamos de realizar, con el fin de mejorarlo en el futuro.

No necesita firmar este formulario; de la sinceridad en sus respuestas depende en gran parte el mejoramiento de esta actividad.

La evaluación incluye dos aspectos:

a) La escala 0, 1, 2, 3 sirve para que usted asigne un valor a cada una de las preguntas .

- 0= Malo, inadecuado.
- 1= Regular, deficiente.
- 2= Bueno, aceptable
- 3= Muy bien, altamente satisfactorio.

b) Debajo de cada pregunta hay un espacio para comentarios de acuerdo con el puntaje asignado. Refiérase a los aspectos POSITIVOS y NEGATIVOS y deje en blanco los aspectos que no aplican en el caso de este evento.

1.0 Evalúe los objetivos del evento:

1.1 Según hayan correspondido a las necesidades (Institucionales y personales) que usted traía 0 1 2 3

Comentario: _____

1.2 De acuerdo con su logro en el evento 0 1 2 3

Comentario: _____

2.0 Evalúe los contenidos del curso según ellos hayan llenado los vacíos de conocimiento que usted traía al evento.

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

3.0 Evalúe las estrategias metodológicas empleadas:

3.1 Exposiciones de los instructores

0	1	2	3
---	---	---	---

3.2 Trabajos en grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

3.3 Cantidad y calidad de los materiales de enseñanza

0	1	2	3
---	---	---	---

3.4 Sistema de evaluación

0	1	2	3
---	---	---	---

3.5 Prácticas en el aula

0	1	2	3
---	---	---	---

3.6 Prácticas de campo/laboratorio

0	1	2	3
---	---	---	---

3.7 Ayudas didácticas (papelógrafo, proyector, videos etc)

0	1	2	3
---	---	---	---

3.8 Giras/visitas de estudio

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

4.0 Evalúe la aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido en su trabajo actual o futuro

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

5.0 Evalúe la coordinación local del evento

5.1 Información a participantes

0	1	2	3
---	---	---	---

5.2 Cumplimiento de horarios

0	1	2	3
---	---	---	---

5.3 Cumplimiento de programa

0	1	2	3
---	---	---	---

5.4 Conducción del grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

5.5 Conducción de actividades

0	1	2	3
---	---	---	---

5.6 Apoyo logístico (equipos, materiales papelería)

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

6.0 Evalúe la duración del evento en relación con los objetivos propuestos y el contenido del mismo

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

7.0 Evalúe otras actividades y/o situaciones no académicas que influyeron positiva o negativamente en el nivel de satisfacción que usted tuvo durante el evento

7.1 Alojamiento

7.2 Alimentación

7.3 Sede del evento y sus condiciones logísticas

7.4 Transporte

0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3

Comentario: _____

8.0 Exprese sugerencias precisas para mejorar este evento.

8.1 Académicas (conferencias, materiales, prácticas)

a. _____

b. _____

c. _____

8.2 No académicas (transporte, alimentación, etc)

a. _____

b. _____

c. _____

ACTIVIDADES FUTURAS

9.0 ¿Durante el desarrollo de este curso los participantes planificaron la aplicación o la transferencia de lo aprendido al regresar a sus puestos de trabajo?

¿En qué forma? _____

10.0 ¿Qué actividades realizará usted a corto plazo en su institución para transferir o aplicar lo aprendido en el evento? _____

11.0 ¿De qué apoyo (recursos) necesitará para poder ejecutar las actividades de transferencia o de aplicación de lo aprendido? _____

Anexo 2 Evaluación del desempeño de los instructores¹

Fecha _____

Nombre del instructor _____

Tema(s) desarrollado(s) _____

Instrucciones:

A continuación aparece una serie de descripciones de comportamientos que se consideran deseables en un buen instructor. Por favor, señale sus opiniones sobre el instructor mencionado en este formulario, marcando una "X" frente a cada una de las frases que lo describan.

Marque una **X** en la columna **SI** cuando usted esté seguro de que ese comportamiento estuvo presente en la conducta del instructor.

Marque una **X** en la columna **NO** cuando usted esté seguro de que no se observó ese comportamiento.

Este formulario es anónimo para facilitar su sinceridad al emitir sus opiniones:

1. Organización y claridad

El instructor...	SI	NO
1.1 Presentó los objetivos de la actividad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Explicó la metodología para realizar la(s) actividad(es)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Respetó el tiempo previsto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Entregó material escrito sobre su presentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Siguió una secuencia clara en su exposición	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6 Resumió los aspectos fundamentales de su presentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Habló con claridad y tono de voz adecuados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8 Las ayudas didácticas que utilizó facilitaron la comprensión del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9 La cantidad de contenido presentado facilitó el aprendizaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Dominio del tema

2.10 Se mostró seguro de conocer la información presentada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.11 Respondió las preguntas de la audiencia con propiedad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¹ Para la tabulación y elaboración del informe acerca de la evaluación del desempeño de los instructores referirse al Anexo 3 en donde se encuentran las instrucciones

	SI	NO
2.12 Dio referencias bibliográficas actualizadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13 Relacionó los aspectos básicos del tema con los aspectos prácticos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14 Proporcionó ejemplos para ilustrar el tema expuesto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.15 Centró la atención de la audiencia en los contenidos más importantes del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 3. Habilidades de interacción		
3.16 Estableció comunicación con los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.17 El lenguaje empleado estuvo a la altura de los conocimientos de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18 Inspiró confianza para preguntarle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.19 Demostró interés en el aprendizaje de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20 Estableció contacto visual con la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.21 Formuló preguntas a los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.22 Invitó a los participantes para que formularan preguntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.23 Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.24 Se mostró interesado en el tema que exponía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.25 Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 4. Dirección de la práctica² (Campo/Laboratorio/Taller/Aula) La persona encargada de dirigir la práctica...		
4.26 Preciso los objetivos de la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.27 Seleccionó/acondicionó el sitio adecuado para la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.28 Organizó a la audiencia de manera que todos pudieran participar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.29 Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.30 Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.31 Entregó a los participantes los materiales y/o equipos necesarios para practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.32 Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.33 Supervisó atentamente la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.34 Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

² Se evalúa a la persona a cargo de la dirección de la práctica. Se asume la dirección general de la misma por parte del instructor encargado del tema en referencia.

Anexo 3 Evaluación de los instructores

Instrucciones

La evaluación del instructor --en general, dirigida por él mismo-- representa una información de retorno valiosa que le indica cómo ha sido percibido por la audiencia. El formulario que aparece en el Anexo 2 (Evaluación del desempeño de los instructores) contiene un total de 34 ítems que se refieren a cuatro áreas sobre las cuales se basa una buena dirección del aprendizaje. Todo instructor interesado en perfeccionar su desempeño debería aplicar a los capacitandos un formulario como éste. En los cursos que cuentan con muchos instructores, y donde cada uno de ellos tiene una participación limitada, de dos horas o menos, será necesario aplicar -esta vez por parte del coordinador del curso- un formulario más breve. En todos los casos la información recolectada por este medio beneficiará directamente al instructor.

Tabulación de datos y perfil de desempeño

En la página A-13 se presenta una reproducción de la hoja en que el instructor o el coordinador del curso escribe los datos que se obtienen del formulario de evaluación de instructores mencionado anteriormente (Anexo 2). Para esta explicación vamos a asumir que el formulario se ha aplicado a un total de 10 participantes.

Para tabular los datos se procede de la siguiente manera:

1. Por cada respuesta afirmativa se asigna un punto en la respectiva casilla. Sabiendo que fueron 10 los que contestaron el formulario, esto quiere decir que cada vez que se observen casillas con seis puntos o menos, el instructor podría mejorar en ese aspecto. Siguiendo el ejemplo, si el total de puntos para la primera fila de "Organización y Claridad" es 90 (100%) y un instructor es evaluado con un puntaje de 63 puntos (70%) indicaría que ésta es un área donde puede mejorar.
2. Con base en los datos de la tabulación se tramita el casillero central de la hoja, para establecer el porcentaje obtenido por el instructor en cada área evaluada.

En las casillas de 100% anote el puntaje que se obtendría si todos los participantes respondieran SI en todos los ítems. Para el caso de N = 10 tendríamos:

100%

90
60
100
90

En las casillas Número de Puntos se anota el puntaje "real" obtenido por el instructor en cada área, por ejemplo:

100%	No. puntos
90	45
60	40
100	80
90	60

Finalmente, se establece el porcentaje que el número de puntos representa frente al "puntaje ideal" (100%) y se escribe en las casillas de %.

Cuando n=10

100%	No. puntos	%
90	45	50
60	40	67
100	80	80
90	60	67

3. En la rejilla del lado derecho se puede graficar la información que acabamos de obtener para un instructor determinado. También se puede indicar, con una línea punteada, el promedio de los puntajes de los otros instructores en el mismo evento de capacitación:

Este perfil le indicaría al instructor un mejor desempeño en “habilidades de interacción” y su mayor debilidad en la “organización y claridad”. También le indicaría que en las cuatro áreas evaluadas su puntaje es menor que el promedio del resto de los instructores del mismo evento.

4. El coordinador del curso puede escribir sus comentarios y enviar el informe, con carácter confidencial, a cada instructor. Así, cada uno podrá conocer sus aciertos y las áreas en las cuales necesita realizar un esfuerzo adicional si desea mejorar su desempeño como instructor.

Una buena muestra para evaluar está constituida por 10 participantes. En un grupo grande ($N = 30$) no todos los participantes deben evaluar a cada uno de los instructores. El grupo total puede así evaluar tres de ellos.

Evaluación de los Instructores*

Informe

Nombre del instructor: _____ Tema(s): _____

Fecha: _____ Desarrollado (s): _____

	Nº									%			%					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	100%	Puntos	%	1	2	3	4	100	
Organización y Claridad																	90	
Conocimiento del Tema	10	11	12	13	14	15											80	
Habilidades de Interacción	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25								70
Dirección de la Práctica	26	27	28	29	30	31	32	33	34								60	
																	50	
																	40	

Comentarios del Coordinador _____

*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

Firma Coordinador Curso

Anexo 4. Especificaciones de los principales abonos orgánicos

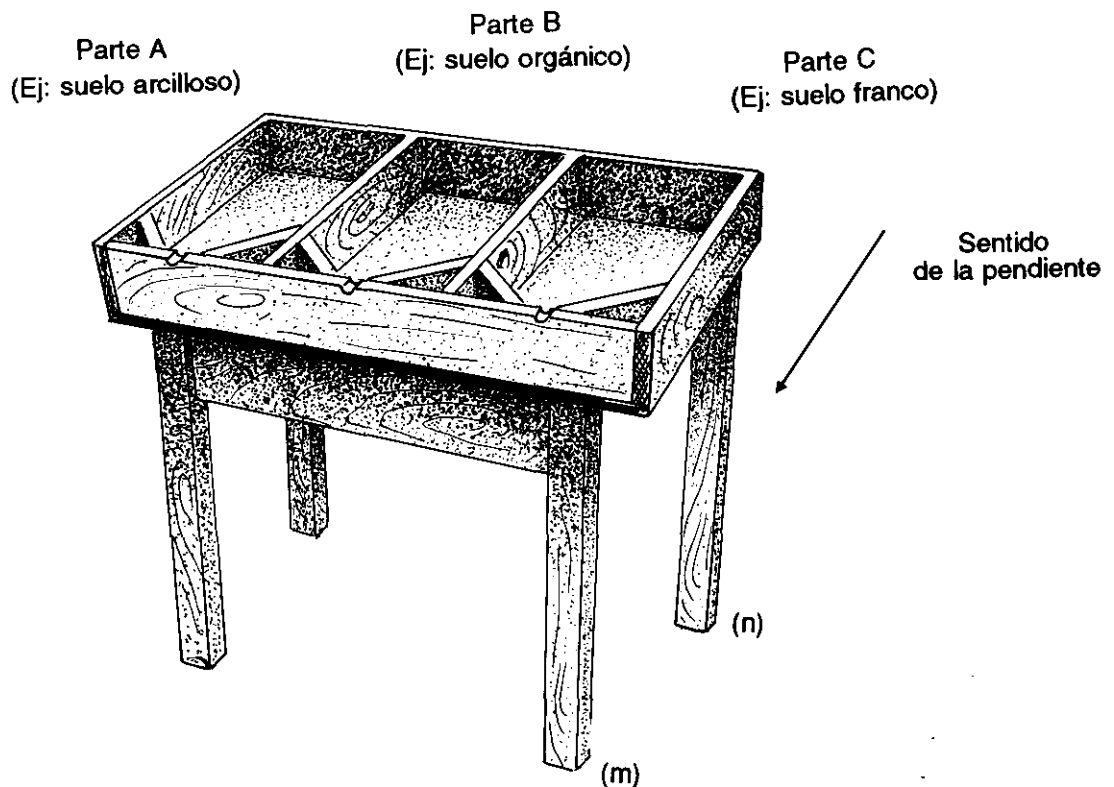
Abono	Humedad máxima (%)	Mat. orgánica mínima (%)	pH mínimo	C/N máximo	N mínimo (%)	P2O5 mínimo (%)
Compost	40	40	6	18	1.0	-
Estiércol bovino, bagazo de caña y paja de arroz	25	30	6	20	1.0	-
Estiércol de gallina	25	50	6	20	1.5	
Torta de algodón, maní y soya	15	70	-	-	5.0	-
Harina de huesos	15	6	-	-	1.5	20 (total)*
Harina de pescado	15	50	-	-	4	6 (total)
Harina de sangre	10	70	-	-	10	-

* De este total, 80% son solubles en ácido cítrico.

Anexo 5. Observación de pérdidas de suelo en diferentes tipos de suelo, de pendiente y de práctica conservacionista

1. Construcción de las cajas

Construir anticipadamente una caja de madera de 1.20 m de largo por 1.0 m de ancho y por 0.15 m de profundidad, soportada por cuatro patas.



Las patas de la parte más baja deben tener 1.0 m de altura, y las de la parte más alta 1.10 m de altura. Como la parte más alta puede elevarse, para aumentar la pendiente, el ángulo de montaje de las patas del lado más bajo (m) debe tener menos de 90° , el ángulo de las patas del lado más alto (n) debe ser mayor que 90° , para mantener el equilibrio.

La caja deberá quedar dividida en tres espacios diferentes como indica el dibujo. En la parte de cada espacio donde la pendiente es más baja debe haber un tubo de PVC de 2 pulgadas, cortado en media luna, junto a la superficie de la caja, para coleccionar el agua que escurre y llevarla a un recipiente colocado para recibir.

Preparación de los suelos en la caja

La caja deberá llenarse en los tres espacios con suelo arcilloso.

- En el espacio 1: el suelo queda descubierto
- En el espacio 2: el suelo recibe un tratamiento de cordón en contorno.
- En el espacio 3: el suelo recibe cobertura vegetal, con material disponible en la región.

Verter una misma cantidad de agua en cada espacio de la caja y observar la cantidad de suelo erosionado.

Se puede repetir la experiencia aumentando la pendiente o la inclinación de la caja mediante objetos colocados debajo de las patas posteriores de la caja.

Anexo 6. Funciones de los nutrientes, síntomas característicos de sus deficiencias, y tipos de suelo donde es probable una deficiencia*

Nutriente	Función en la planta	Síntomas característicos de la deficiencia	Tipos de suelos donde se espera deficiencia
N	Componente básico de proteínas, clorofila, enzimas, hormonas, vitaminas, glicósidos cianogénicos (linamarina, lotaustalina)	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento reducido de la planta - Clorosis uniforme en la planta, la cual comienza en las hojas inferiores, extendiéndose a toda la planta - La hoja entera se vuelve clorótica y las nervaduras conservan poco de su color verde 	Arenosos y ácidos (Oxisoles, Ultisoles y de cenizas volcánicas)
P	Componente básico de nucleoproteínas, ácidos nucleicos, fosfolípidos y algunas enzimas. Elemento esencial en fosforilación, fotosíntesis, respiración, y en metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento reducido de la planta; hojas pequeñas y tallos delgados - En condiciones severas: clorosis uniforme de hojas inferiores, incluyendo las nervaduras; las hojas superiores tienden a retener su color normal. - En algunos cultivares, las hojas afectadas toman una coloración púrpura y no amarilla - Las hojas afectadas se toman flácidas y cuelgan de los pecíolos; con el tiempo, se secan y caen 	Ácidos (Oxisoles, Ultisoles, Inceptisoles)
K	Metabolismo de proteínas, carbohidratos y lípidos	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento reducido de la planta; hojas pequeñas, ramificación excesiva - En condiciones severas: manchas púrpuras en hojas viejas amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes de las hojas inferiores, grietas finas en los tallos superiores y lignificación prematura de los mismos 	Arenosos y ácidos (Oxisoles y Ultisoles)
S	Componente de algunos aminoácidos. Síntesis de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> - Clorosis uniforme de las hojas, tanto en las inferiores como en las superiores - La clorosis es similar a la causada por la deficiencia de nitrógeno 	Oxisoles y Ultisoles, y en suelos distantes de áreas industriales
Ca	Interviene en la regulación del agua de la planta	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento reducido del sistema radical, necrosis y descomposición de las raíces - Quemazón, enroscamiento de los ápices y deformación de las hojas más jóvenes 	Arenosos y ácidos (Oxisoles y Ultisoles)
Mg	Componente de la clorofila, elemento esencial del proceso de fotosíntesis	<ul style="list-style-type: none"> - Cierta reducción en la altura de la planta - Clorosis intervenal de las hojas inferiores - En condiciones severas: las áreas cloróticas se necrosan 	Arenosos y ácidos (Oxisoles y Ultisoles, y suelos de cenizas volcánicas)

* Howeler, R. 1981. Desórdenes nutricionales de la planta de yuca. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 32 p.

Anexo 7. Síntomas característicos y tipos de suelos donde es probable la deficiencia de los micronutrientos*

Nutrimento	Síntomas característicos de la deficiencia	Tipos de suelos (o condiciones) en que se espera deficiencia o hay respuesta al elemento
B	Altura reducida de la planta, entrenudos y pecíolos cortos, hojas jóvenes pequeñas y deformes; manchas purpúreas o de café a gris en las hojas completamente extendidas; exudación pegajosa en el tallo y los pecíolos; reducción del desarrollo lateral de las raíces	Suelos del sur de la India
Cu	Deformación y clorosis uniforme de las hojas superiores, enrollamiento hacia arriba de los ápices y los márgenes de los folíolos, necrosis de los ápices; pecíolos largos y crecimiento reducido de las raíces; muerte descendente de la planta	Suelos de turba
Fe	Clorosis de las hojas superiores y de los pecíolos; tanto hojas como pecíolos se vuelven blancos en condiciones severas; crecimiento reducido de la planta; hojas jóvenes pequeñas pero no deformes	Suelos calcáreos (Península de Yucatán en México) Suelos alcalinos (Distrito del Salem en la India) Suelos arenosos, orgánicos y de cenizas volcánicas
Mn	Clorosis intervenal de las hojas superiores o intermedias que da la apariencia de un "esqueleto de pescado"; clorosis uniforme en condiciones severas; crecimiento reducido de la planta; hojas jóvenes pequeñas pero no deformes	Suelos calcáreos (Península de Yucatán, México) Suelos arenosos con pH alto (Colombia) Suelos ácidos arenosos (Nordeste del Brasil) Suelos orgánicos
Zn	Pequeñas manchas intervenales amarillas o blancas en las hojas jóvenes, las cuales, en condiciones severas, se estrechan en los lóbulos, desarrollan clorosis pálida y uniforme, y los ápices se necrosan. En algunos cultivares las hojas inferiores desarrollan manchas necróticas Crecimiento reducido de la planta	Tanto en suelos ácidos como alcalinos

* Howeler, R. 1981. Desórdenes nutricionales de la planta de yuca. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 32 p.

Anexo 8. Síntomas característicos y tipos de suelo donde son probables algunas toxicidades

Problema nutricional	Síntomas característicos	Tipos de suelos o condiciones donde se espera el problema nutricional
Toxicidad de Al	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la altura y vigor de la planta y del crecimiento de las raíces; en condiciones severas, clorosis de hojas viejas. 	Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles ácidos con pH 5.0
Toxicidad de B	<ul style="list-style-type: none"> - Raquitismo y clorosis en hojas inferiores. - Manchas necróticas en las hojas inferiores. 	Suelos alcalinos con altos contenidos de B Dosis excesivas de fertilizantes con B
Toxicidad de Mn	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeñas manchas de color café a púrpura a lo largo de las nervaduras de las hojas inferiores; las hojas afectadas se amarillean, se tornan flácidas y se caen. - Las hojas superiores pueden mostrar síntomas de deficiencia de Fe ya que el Mn inhibe la absorción del Fe. 	Suelos ácidos con mal drenaje
Salinidad y alcalinidad	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones moderadas: clorosis generalizada de la planta y disminución del crecimiento. - Condiciones severas: necrosis apical y marginal de hojas jóvenes y defoliación. Muerte descendente de la planta. 	Suelos con pH > 7.8 C.E. > 0.05 mmhos/cm Sat. de Na > 2.5% · Areas costeras · Valles con baja precipitación y alta evaporación

* Howeler, R. 1981. Desórdenes nutricionales de la planta de yuca. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 32 p.

Secuencia 1

- 1.1 Siembra de yuca en terrenos erosionados
- 1.2 Siembra de yuca en terrenos con pendientes muy fuertes
- 1.3 Daños severos por erosión
- 1.4 Deficiencia de nitrógeno
- 1.5 Deficiencia de fósforo
- 1.6 Deficiencias de nitrógeno y fósforo
- 1.7 Deficiencia de magnesio
- 1.8 Deficiencia de zinc
- 1.9 Deficiencia de calcio
- 1.10 Medición de pérdidas de suelo por erosión
- 1.11 Medición de pérdidas de suelo por erosión

Secuencia 2

- 2.1 Preparación del suelo: uso del arado de vertedera
- 2.2 Preparación del suelo: uso del arado de discos
- 2.3 Preparación del suelo: uso del subsolador
- 2.4 Preparación del suelo: uso de la rastra pesada
- 2.5 Comparación entre preparación y no preparación del suelo
- 2.6 Preparación del suelo en franjas
- 2.7 Siembra con el sistema de hileras dobles
- 2.8 Comparación entre siembra sin fertilizante (al frente) y con fertilizante (al fondo). Santa Catarina, Brasil.

- 2.9 Comparación entre parcela con crotalaria incorporada, antes de la siembra de mandioca (izquierda) y parcelas sin incorporación de crotalaria

Secuencia 3

- 3.1 Cobertura del suelo con leguminosas
- 3.2 Cobertura del suelo con malezas
- 3.3 Cultivo de mandioca con fajas intercaladas de limoncillo
- 3.4 Cultivo de mandioca con frijol común intercalado
- 3.5 Cultivo de mandioca con cárpidas intercaladas
- 3.6 Cultivo de mandioca con fajas intercaladas de Brachiaria
- 3.7 Cultivo de mandioca con frijol común intercalado
- 3.8 Cultivo de mandioca con maíz intercalado
- 3.9 Cultivo de mandioca con fajas intercaladas de malezas
- 3.10 Nivel de manguera
- 3.11 Caja para estudio de la erosión
- 3.12 Caja para estudio de la erosión

Anexo 10 Transparencias para uso del instructor

1. Flujograma para el estudio de esta unidad
2. Objetivo terminal
3. Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

Secuencia

- 1.1 Flujograma Secuencia 1
- 1.2 Escala para el tamaño de las partículas del suelo (U.S.D.A)
- 1.3 Triángulo para la determinación de la textura de un suelo según los porcentajes de arena, limo y arcilla (U.S.D.A)
- 1.4
 - Diámetro comparativo de las partículas del suelo (Kiehl, 1979)
 - Algunas características de las partículas del suelo (Foth, 1978)
- 1.5 Especificaciones de los principales abonos orgánicos
- 1.6
 - Atracción de los cationes (+) por los coloides (-)
 - Cationes y aniones más comunes en el suelo
- 1.7 Niveles críticos en análisis de suelos para mandioca (Howeler, 1981)
- 1.8 Requerimientos nutricionales de la mandioca para producir 25 t/ha de raíces frescas (Howeler, 1981)
- 1.9 Efecto de la cobertura vegetal en las pérdidas de suelo causadas por la erosión (Margolis *et al*, 1981)
- 1.10 Determinación de la humedad del suelo con base en peso y en volumen

SECUENCIA 2

- 2.1 Flujograma Secuencia 2
- 2.2 Fórmulas para determinar cantidad de cal en Paraguay
- 2.3 Fórmulas para determinar cantidad de cal en Brasil
- 2.4 Recomendaciones para fertilización fosfórica y potásica en función del análisis del suelo

SECUENCIA 3

- 3.1 Flujograma Secuencia 3
- 3.2 Espaciamiento vertical y horizontal de acuerdo con la pendiente (Mondardo *et al.*, 1977)
- 3.3 Terraza de estrecha tipo Nichols
- 3.4 Terraza tipo Manghum
- 3.5 Efecto de intercalar mandioca y varios cultivos perennes en la cantidad de escurrentía y en la pérdida de suelos de erosión, en un campo de 8% a 9% de pendiente al sur de India (Kabeerathumma *et al.*, 1985)
- 3.6 Efecto del espaciamiento sobre la producción de raíces en dos cultivares de mandioca BGM-116 (erecta) y BGM-001 (ramificada), durante 1977-1978 y 1978-79 (Mattos *et al.*, 1980)
- 3.7 Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

