

Guía de ejercicios de aprendizaje para la restauración y manejo de suelos

Programa Agua y Suelo para la Agricultura



Guía de Ejercicios de Aprendizaje para la Restauración y Manejo de Suelos Programa Agua y Suelo para la Agricultura (ASA) Catholic Relief Services (CRS)

Desarrollo de contenido:

Felipe Pilarte, Especialista en Métodos de Extensión y Manejo Integrado de Cultivos, CRS
Rodolfo Valdivia Lorente, Especialista en Investigación y Manejo Integrado de Cultivos, CRS
Alfredo Castro, Extensionista de Fundación de Investigación y Desarrollo Rural, FIDER

Revisión:

Jorge Castellón Benavides,
Gerente de Area Agroempresa, Suelo y Agua, CRS Nicaragua
Kristin Rosenow,
Directora técnica de Programa Agua y Suelo para la Agricultura, CRS

Fotografías y dibujos:

Felipe Pilarte Pavón
Rodolfo Valdivia Lorente
Alfredo Castro
Jorge Martínez Rayo

Impresión:

PBS de Nicaragua S.A.
Se permite la reproducción total o parcial de este documento,
siempre y cuando se cite la fuente.
No se permite la reproducción para fines comerciales

Financiado por:

Howard G. Buffett Foundation (HGBF)
Catholic Relief Services
Programa para Nicaragua
Frente al Ministerio de la Familia, Managua, Nicaragua.
<https://www.crsespanol.org/>



Contenido

Prólogo	4
Introducción	5

II. Ejercicios de Aprendizaje Sobre Conceptos Básicos de Manejo

y Restauración de Suelos	6
2.1. Componentes del suelo	6
2.2. Factores que intervienen en la formación de suelo.....	9
2.3. Balance de nutrientes de un sistema de producción.....	12
2.4. Evaluación del contenido de materia orgánica de un suelo.....	16
2.5. Estabilidad de los agregados del suelo en parcelas bajo agricultura de conservación.....	18
2.6. La densidad aparente del suelo	20
2.7. Cómo determinar el pH del suelo.....	22
2.8. La Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo	24

III. Ejercicios de Aprendizajes Sobre Materia Orgánica del Suelo.....

3.1. Materia orgánica aportada a un suelo	26
3.2. Sistema de siembra de maíz para incrementar la producción de biomasa	29
3.3. Aprendizaje sobre los efectos de la cobertura Mulch en la abundancia y diversidad de malezas.....	31
3.4. Efecto de la prácticas de restauración de suelo en la germinación de los cultivos	34
3.5. Las poblaciones de lombriz de tierra aumentan en suelos ricos en materia orgánica	37

IV. Ejercicios de Aprendizaje Sobre Gestión del Agua en los Cultivos	40
4.1. Determinar la ganancia de humedad en el suelo por el uso de Mulch.....	40
4.2. Determinar la cantidad de agua infiltrada y reducción de la erosión por efecto de la Agricultura de Conservación.....	42
4.3. Valoración cualitativa de la humedad del suelo en las etapas críticas de los cultivos	44
4.4. Efecto de las prácticas de restauración de suelos en la infiltración del agua	46
4.5. Comparación de sistema radicular de los cultivos en parcelas con y sin prácticas de restauración de suelos.....	48

V. Ejercicios de Aprendizaje Sobre Manejo Integrado de la Fertilidad del Suelo	50
5.1. Inmovilización del nitrógeno cuando se depositan rastrojos al suelo	50
5.2. Fertilización y nutrición vegetal.....	52
5.3. Ley del mínimo de la fertilidad de suelos.....	54
5.4. Diagnóstico visual de deficiencias de nutrientes en las plantas	58
5.5. Medición de pH del suelo con papel indicador.....	62
5.6. Origen de los nutrientes que requieren las plantas.....	64
5.7. Clasificación de los fertilizantes	67
5.8. Qué significan las fórmulas de los fertilizantes.....	69
5.9. Cómo medir la solubilidad de los Fertilizantes.....	70
5.10. Uso de inoculante (Rhizobium phaseoli) en el cultivo de frijol	73
5.11. Establecimiento de pequeños experimentos con familias productores.....	75
5.12. Metodología para la cosecha de los pequeños experimentos de restauración de suelos y manejo integrado de la fertilidad de suelos en granos básicos y hortalizas	78
5.13. Análisis económico de los pequeños ensayos realizados en restauración de suelos y manejo integrado de la fertilidad de suelos.....	81

Prólogo

El programa Agua y Suelo para la Agricultura (ASA), es financiado por la Fundación Howard G. Buffett (FHGB) y ejecutado por Catholic Relief Services Nicaragua (CRS NI), a través de diversos socios y aliados. Combina actividades de fortalecimiento de instituciones con la evidencia en el terreno que demuestran los beneficios de las prácticas de restauración y manejo de suelos.

Las principales prácticas agronómicas de ASA incluyen: Agricultura de conservación, Sistemas Agroforestales, Gestión integrada de fertilidad del suelo (GIFS) y Nutrición para plantas, y Gestión de los recursos hídricos para la agricultura.

También, ASA promueve la formación continua del talento humano, para todos sus integrantes: estudiantes, profesionales, promotores y productores con enfoque de género. En cada nivel, se han desarrollado diversas plataformas de aprendizaje para el manejo y puesta en práctica del conocimiento (Escuelas de Campo, Mapeo Digital de Suelos, Formación de Formadores, entre otras), las que están permitiendo internalizar y aprender sobre las bondades de las prácticas, herramientas y tecnologías del programa ASA.

Las Escuelas de Campo (ECA), es una metodología que ha tenido gran aceptación de parte de los productores con resultados satisfactorios, a corto plazo, notables a través de mejora en los conocimientos y habilidades, mejora en los sistemas productivos y escalamiento de los conocimientos y la implementación de prácticas ASA en el terreno.

El presente documento, denominado “Guía de ejercicios de aprendizaje de la restauración y manejo de suelos”, es producto de un proceso colectivo de documentación y aprendizaje desarrollado por el personal técnico del programa ASA. Algunos de los ejercicios que el documento contiene han sido desarrollados en el pasado y otros nuevos son propuestos por el personal técnico de CRS, socios y aliados del programa en Nicaragua.

La Guía está dirigida a extensionistas en particular, sin embargo, puede ser de utilidad para planificadores y formuladores de proyectos, utilizándola como una herramienta que permita fortalecer las capacidades de sus equipos técnicos en los procesos de extensión y sobre todo que permita generar iniciativas de gestión de conocimiento local, catalizar los procesos de adopción y escalamiento del enfoque de restauración y manejo de suelos y la gestión del agua para los cultivos.



Introducción

En Nicaragua, desde hace más de 15 años CRS y sus socios desarrollan los procesos de extensión utilizando como base las Escuelas de Campo de Agricultores (ECA). Esta metodología de formación / asistencia técnica ha evolucionado, adaptándose a las particularidades de los programas y proyectos.

Hoy en día, las ECA son pequeñas plataformas de Enseñanza, aprendizaje y gestión de conocimiento a nivel local. Se fundamentan en la educación no formal, donde las familias productoras y equipos técnicos intercambian y desarrollan conocimientos y aprendizajes, tomando como base la experiencia y la experimentación a través de métodos sencillos y prácticos, utilizando el cultivo, el sistema productivo o el suelo (caso de ASA), como la herramienta de enseñanza-aprendizaje. Se utilizan ejercicios prácticos y dinámicas que promueven el trabajo en equipo, desarrollando las habilidades necesarias para tomar decisiones orientadas a resolver problemas.

Las ECA se desarrollan por un período de un año, donde los participantes y el/la o los/las facilitadores/as (extensionistas y promotores) promueven el aprendizaje a través de la observación, el análisis y la toma de decisiones adecuadas sobre el manejo del cultivo o el suelo (caso de ASA), bajo los principios de; aprender haciendo, enseñando y tomando en cuenta los saberes de los/las agricultores/as y los conocimientos técnicos de los/las facilitadores/as.

El propósito de la presente guía es ofrecer a los extensionistas, promotores y productores, una serie de ejercicios de aprendizajes enfocados en la restauración y manejo de suelos, que pueden ser desarrollados desde las ECA. Para cada ejercicio de aprendizaje se incluye; una base conceptual del tema a tratar, objetivos, materiales a utilizar, procedimiento metodológico y preguntas orientadoras y de reflexión para iniciar y desarrollar el debate sobre un tema específico.

II. Ejercicios de Aprendizaje Sobre Conceptos Básicos de Manejo y Restauración de Suelos

2.1. Componentes del suelo

Introducción

El suelo es un agregado de minerales no consolidados depositados en la capa más superficial de la corteza terrestre, ésta proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de residuos de seres vivos que viven sobre la tierra.

La composición de los suelos cambia de un lugar a otro. La composición biológica, química y física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven forman nuevos compuestos, se conoce con el nombre de meteorización. Para que una partícula pueda ser considerada suelo, debe tener un diámetro de 2 mm o menos.



El suelo es una mezcla de partículas minerales y orgánicas; agua y aire. El diámetro máximo que una partícula debe medir para que sea considerada suelo es 2 mm.

Componentes del Suelo

Los componentes son las partículas que provienen de la descomposición de las rocas como la arena, el limo y la arcilla; el agua y el aire; y de materiales orgánicos, como los restos de plantas y animales. Uno de los componentes orgánicos de los suelos es el humus, éste se encuentra en las capas superiores de los suelos y constituye el producto final de la descomposición de los restos de plantas y animales, junto con algunos minerales, su color es de amarillento a negro, y confiere un alto grado de fertilidad a los suelos. Los cuatro componentes principales en un suelo son:

- a) Las partículas minerales arena, limo y arcilla provienen de la meteorización de la roca y que representan el 45% del volumen total del suelo.
- b) El agua, representa el 25% del volumen total, cuando el suelo está a capacidad de campo.
- c) El aire, representa el 25% del volumen total, cuando el suelo está a capacidad de campo.
- d) La materia orgánica, representa el 5% del volumen total del suelo: formado por microorganismos y humus provenientes de la descomposición de la cobertura vegetal y por animales muerto.

Los componentes del suelo se ven seriamente afectados por efectos de las prácticas en la agricultura, la proporción de estos componentes le permite al suelo tener la característica de esponja en la cual hay una red de espacios vacíos, que conforman la porosidad del suelo.

A través de esta red de poros se circula el agua que contiene sales disueltas con nutrientes.

La materia orgánica es el componente más importante en el suelo, a pesar de que ocupa la menor proporción de su volumen total. Es el componente que más rápido se pierde cuando hay degradación del suelo, así como, es la que más limita la productividad del suelo.

Objetivo

Que los participantes identifiquen los componentes de un suelo.

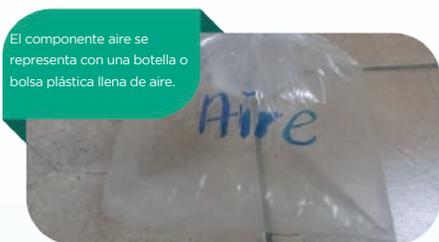
Materiales

- Un litro de agua
- Una botella plástica vacía de agua o refresco
- Hojarasca
- Rocas de diferentes tamaños (desde varios cm hasta 2 mm de diámetro)
- Papelones o papelógrafos
- 4 marcadores de diversos colores

Procedimiento

- 1) Dibujar un círculo en el suelo o en papelón de aproximadamente 1 metro de diámetro.
- 2) Dividir el círculo en dos partes iguales en el cual una parte representa las partículas sólidas orgánicas e inorgánicas y la otra mitad representa las partículas gaseosas (aire) y líquidas (agua).
- 3) Preguntar al grupo, cuál es el tamaño máximo que una partícula debe tener para que sea considerada suelo. Se puede auxiliar de rocas de varios tamaños. Mostrar la roca más grande y preguntar. ¿Esta roca se le puede considerar suelo?, y así sucesivamente va mostrando rocas más pequeñas, hasta llegar a un grano de arena de aproximadamente 2 mm de diámetro.
- 4) El facilitador pregunta a los participantes: ¿Qué es el suelo?, ¿Cuáles son sus componentes?, ¿De dónde provienen las partículas que forman el suelo? Las partículas del suelo provienen de las rocas y de material orgánico (vegetal y animal), que se parten continuamente hasta llegar a tener un diámetro de 2 mm o menos.
- 5) El facilitador toma unos terrones de suelo bien estructurados y pregunta: ¿Este suelo está formado solo por las partículas que provienen de la roca y de material orgánico (vegetal y animal) o tiene otros componentes? El grupo examina los terrones y observa que estos tienen poros llenos de aire; y que al llover el agua ocupa el espacio de los poros, desplazando al aire.
- 6) Después de escuchar las opiniones de los participantes el facilitador organiza la información y resume todo en cuatro componentes: partículas provenientes de las rocas, partículas provenientes de material orgánico (partículas provenientes de la descomposición de material vegetal y animal), agua y aire.

7) Para ayudar al aprendizaje de los participantes representa cada componente con materiales ilustrativos.



8) El facilitador conduce una charla en la cual los participantes opinan sobre la proporción o porcentaje, de cada componente que está en el suelo. El facilitador puede ir dando pistas, por ejemplo, dividir el círculo en las proporciones siguientes: 45% para las partículas provenientes de las rocas, 5% para las partículas provenientes de materia orgánica (vegetal y animal), 25% para el agua y 25% para el aire. Divide el círculo, pero no rotula, sino que pide al grupo que coloquen los materiales ilustrativos (del paso 7) en las diferentes partes del círculo. El grupo puede sacar conclusiones, intentando adivinar que parte corresponde a cada componente.



Grupo de productores aprendiendo sobre los componentes del suelo y su importancia.

9) Una vez que se logran organizar los componentes en las proporciones correctas, el facilitador realiza la reflexión final de la charla.

Preguntas para la reflexión

- ¿Cuál es el componente más importante del suelo?
- ¿Cómo afecta a cada componente las actividades de manejo de los cultivos?
- ¿Cuáles son las cantidades de materia orgánica de los suelos en la zona?
- ¿Qué hacer para mejorar la cantidad de materia orgánica?
- ¿Cuáles son los pros y los cons de aumentar la cantidad de materia orgánica en los suelos?

2.2. Factores que intervienen en la formación de suelo

Introducción

Los científicos de la ciencia del suelo identifican cinco factores de formación del suelo como: clima, organismos vivos, relieve, la roca madre y el tiempo. El clima y los organismos vivos son considerados factores activos, debido a que su influencia sobre el desarrollo del suelo puede observarse directamente. Por otra parte, el tiempo, la topografía y la roca madre son considerados factores pasivos, porque sus influencias no se observan directamente.

Factores de formación activos:

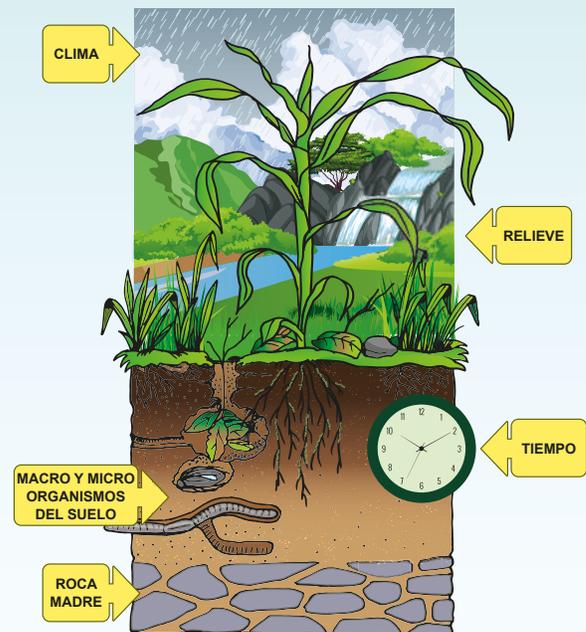
El clima: La temperatura y la precipitación son los elementos más importantes del clima en la formación de suelo. El agua es el solvente y el medio donde ocurren todas las reacciones y procesos que forman el suelo, mientras que la temperatura determina las de reacciones químicas que ocurren en éste y la intensidad de la actividad biológica.

Organismos vivos: Se refiere a todos los organismos vivos animales y/o vegetales que interactúan con la roca madre. Los organismos vivos que integran la fauna del suelo tienen un rol fundamental en la fragmentación, transformación y movimiento de materiales orgánicos del suelo. Las raíces de la vegetación participan activamente para la formación del suelo, ya que son capaces de crecer dentro de las grietas y fisuras de las rocas, acelerando la meteorización. Las plantas contribuyen a la meteorización química debido a que producen ácidos orgánicos y dióxido de carbono, que son compuestos que aceleran el proceso de descomposición de los minerales y la liberación de nutrientes requeridos por las plantas. Los musgos y líquenes que crecen sobre las superficies de rocas contribuyen al proceso de meteorización del material parental.

Factores de formación pasivos:

El relieve: El relieve se refiere a las diferentes formas que conforman la superficie de la tierra. Este influye en la distribución del agua recibida por medio de la precipitación, por lo que afecta directamente el proceso de la erosión hídrica. Como regla general, las superficies elevadas e inclinadas pierden más agua por escorrentía, arrastrando sedimentos, por lo que los suelos son más someros, al estar más expuestos al arrastre. Las superficies más bajas y planas reciben agua extra y sedimentos, por lo que el desarrollo de los suelos es más profundo.

La roca madre: Un aproximado del 45% de los componentes del suelo provienen de las rocas. Estos materiales definen en gran parte el color, la composición, la textura y la estructura de los suelos. Sin embargo, un mismo tipo de roca puede dar lugar a suelos con distintas características, dependiendo las condiciones del medio en el que evolucione.



La roca madre tiene una gran influencia sobre la fertilidad del suelo en muchas maneras. La roca madre determina los minerales que predominan en el suelo y además es la principal fuente de los nutrientes que se liberan en la solución del suelo.

El Tiempo: La formación del suelo es un proceso constante que involucra la interacción entre el material parental, los organismos vivos, el clima, el relieve y el tiempo. El suelo es un recurso no renovable a corto plazo, debido a que para la formación de 1 cm de suelo tienen que pasar cientos o miles de años. La formación de un perfil con un espesor de 1 cm de suelo equivale a 100-120 ton de suelo/ha. En Nicaragua según reportes del CIAT indican que está ocurriendo una tasa de erosión general de 40 ton de suelo/ha.

Objetivo

Que los participantes identifiquen los factores de formación del suelo y sean capaces, en base a la información, de planificar acciones para reducir la degradación.

Materiales

- Varios sitios cercanos en el cual se puedan ver las influencias de los diferentes factores de formación del suelo. Los sitios que seleccionar pueden ser:



Un sitio con afloramiento de rocas grandes en el cual se pueda apreciar líquenes y musgos creciendo; así como el efecto de la temperatura y la lluvia en el rompimiento de las rocas.



Un sitio de cultivos en el cual hay un suelo con abundante mesofauna (lombrices de tierra).



Un sitio en el cual se pueda apreciar el efecto que tienen las raíces de la hojarasca de las plantas en la formación y protección del suelo.



Un sitio de cultivos en pendiente con un suelo evidentemente degradado en el cual se pueda apreciar los efectos negativos de las actividades agrícolas.

- Un kit de herramientas conformado por: Palín de jardinería, cuchillo, 2 botellas de 100 cc de agua oxigenada de 10 volúmenes y bolsas plásticas.

- 5 papelones, marcadores de diferentes colores, lápices de colores.

Procedimiento

- 1) El facilitador realiza una charla introductoria sobre los factores de formación del suelo y como se evidencian sus influencias.
- 2) Organizar el itinerario del recorrido, planificando un tiempo de 30 minutos para cada sitio.
- 3) En cada sitio discutir con el grupo como se evidencian los diferentes factores de formación del suelo en el sitio de observación.
- 4) Al finalizar el recorrido, repasar con el grupo los factores de formación del suelo y las evidencias que se observaron.
- 5) Formar cuatro grupos de trabajo y encomendar la tarea de dibujar las situaciones analizadas y los principales aprendizajes que recuerdan. Cada grupo comparte su dibujo y sus aprendizajes.

Preguntas para la reflexión

¿Cuáles son los factores de formación del suelo?

¿Cómo la lluvia interviene en la formación del suelo?

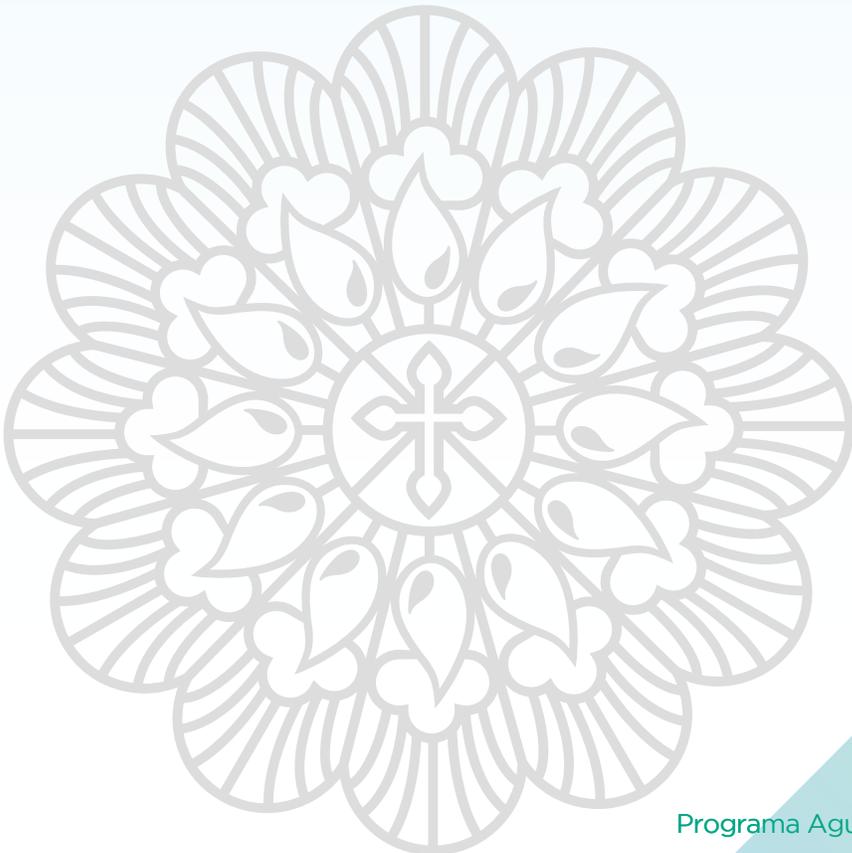
¿Cómo la temperatura interviene en la formación del suelo?

¿Cómo los organismos vivos (mesofauna y plantas) intervienen en la formación del suelo?

¿Cómo afecta la inclinación de un suelo (relieve) su formación?

¿Cuánto tiempo se necesita para formar un perfil de 1 cm de suelo?

¿Qué acciones podemos emprender producto de los aprendizajes del recorrido?



2.3. Balance de nutrientes de un sistema de producción

Introducción

El balance de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. El balance de nutrientes se realiza para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Se estima que en un lote en un ciclo agrícola se generan tres tipos de flujos de los nutrientes:



Egresos: nutrientes que salen del suelo en los granos y forrajes cosechados o consumido por animales; en los residuos de cultivos que son transferidos a otros lotes. Los egresos de nutrientes pueden ser estimados a partir de las concentraciones promedio en granos y forrajes cosechados.



Ingresos: nutrientes entran al suelo y están constituidos por los aportados por fertilizantes, abonos orgánicos (incluyendo residuos de cultivos no generados en el mismo lote) y, en el caso de nitrógeno (N), por la fijación de N del aire. Los ingresos de nutrientes se estiman a partir de las cantidades de fertilizantes o abonos orgánicos aplicados y su concentración en nutrientes.



Reciclaje: nutrientes que quedan en los residuos de cultivos, se considera un reciclaje de nutrientes dentro del mismo sistema suelo y, por lo tanto, no se incluye entre los ingresos.

El concepto de balances de nutrientes se amplía en el tiempo cuando se considera una rotación determinada que incluye más de un cultivo o un ciclo agrícola. Dados los beneficios que resultan de la rotación de cultivos, es de importancia considerar un ciclo de rotación, y no simplemente un cultivo, al definir los balances de nutrientes.

¿Por qué es importante estimar el balance de nutrientes?

La importancia de estimar el balance de nutrientes ya sea a nivel país o región o a nivel de lote, radica en que los balances negativos (aplicar menos nutrientes de los que se extraen con los granos y/o forrajes), disminuyen la fertilidad de los suelos afectando la productividad y rentabilidad del sistema y degradando el recurso suelo (García, 2001 y 2003; Cordone y Martínez, 2004).

Objetivo

Que los participantes reflexionen sobre el balance nutricional de sus sistemas de producción y tomen decisiones sobre acciones a ejecutar para construir sistemas de producción con alto nivel de reciclaje de nutrientes.

Materiales

- 4 Papelones
- 4 Marcadores de diferentes colores
- Lápices de colores o crayolas
- Parcelas de cultivos de granos básicos, hortalizas, sistema agroforestal, pasto, silvopastoril bosque, u otras.

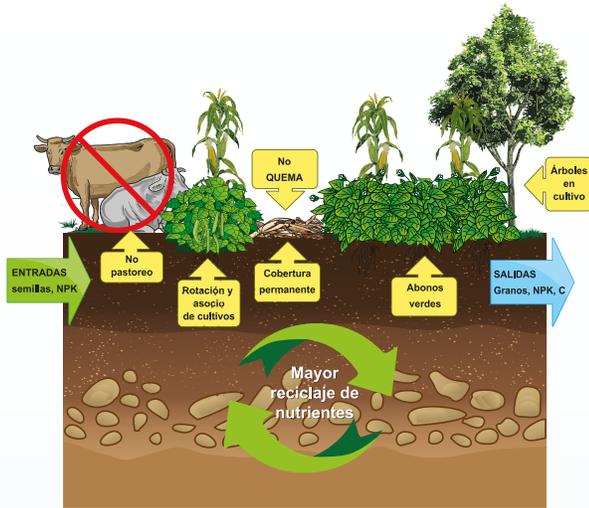
Procedimiento

- 1) Formar grupos de 5-8 participantes acorde al número de parcelas (3-4) que se tengan disponibles para realizar el ejercicio. Entregar a cada grupo un juego de materiales.
- 2) Cada grupo realiza un recorrido en la parcela asignada en la cual se hace una lista de las entradas y salidas de nutrientes que ocurren en el ciclo de cultivo. Este es un ejemplo de un inventario de las entradas y salidas en una parcela de maíz en el ciclo de primera.

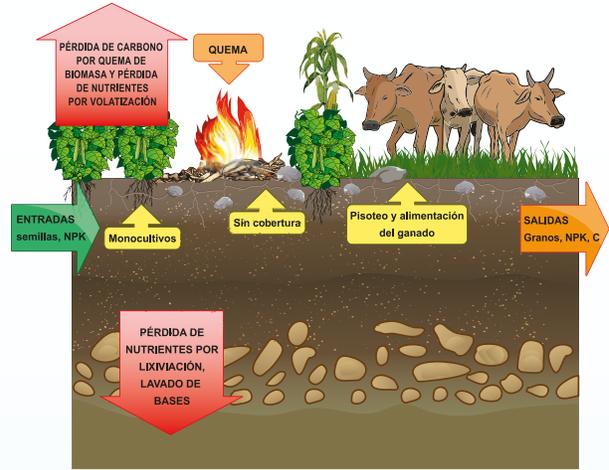
Elementos del balance	Valoración cualitativa		
	Alta	Media	Baja
1. Cobertura Mulch de rastrojos de ciclos anteriores			
2. Fertilizantes convencionales aplicados			
3. Fertilizantes orgánicos aplicados			
4. Producción de biomasa con leguminosas asociadas			
5. Erosión del suelo			

Escala de evaluación:			
Elementos del balance	Valoración cualitativa		
	Alta	Media	Baja
1. Cobertura Mulch de rastrojos de ciclos anteriores	Toda la biomasa producida en la parcela queda como cobertura Mulch	Aproximadamente el 50% de la biomasa producida en la parcela queda como cobertura Mulch	La mayor parte de la biomasa producida en la parcela se utiliza como forraje de quema
2. Fertilizantes convencionales aplicados	Utiliza lo que se recomienda para el cultivo	Utiliza dosis por debajo de lo recomendado para el cultivo	Utiliza muy poco o nada de lo recomendado para el cultivo
3. Fertilizantes orgánicos aplicados	Utiliza con frecuencia enmiendas orgánicas	Utiliza esporádicamente enmiendas orgánicas	No utiliza enmiendas orgánicas
4. Producción de biomasa con leguminosas asociadas	Utiliza continuamente la práctica de leguminosas asociadas	Algunas veces utiliza la práctica de leguminosas asociadas	Nunca utiliza la práctica de leguminosas asociadas
5. Erosión del suelo	No se observan huellas de erosión en la parcela ni degradación del suelo (color muy oscuro) y hay prácticas u obras físicas para reducir la erosión	Se observan algunas huellas de erosión en la parcela y degradación del suelo (color-oscuro - claro), puede o no haber prácticas u obras físicas para reducir la erosión	Se observan muchas huellas de erosión en la parcela y degradación del suelo (color muy claro) y no hay prácticas u obras físicas para reducir la erosión

3) Cada grupo hace un diagrama, indicando las entradas y salidas identificadas.



Sistema con alto nivel de reciclaje de nutrientes



Sistema con bajo nivel de reciclaje de nutrientes

4) Hacer una valoración para cada uno de los 5 elementos del balance. Luego hacer una valoración general de todo el balance.

Elementos del balance	Valoración cualitativa		
	Alta	Media	Baja
1. Cobertura Mulch de rastrojos de ciclos anteriores	X		
2. Fertilizantes convencionales aplicados		X	
3. Fertilizantes orgánicos aplicados			X
4. Producción de biomasa con leguminosas asociadas	X		
5. Erosión del suelo	X		
Valoración general	3	1	1



- 5) Integre la información de los cálculos cuantitativos en el diagrama y haga la comparación final del balance. Haga una valoración del balance de nutrientes, utilizando la siguiente.

Resultado del Balance

Interpretación

Entradas **mayores** que las salidas
= 3 ó más
elementos del balance son valorados **Alto**



Está ocurriendo Restauración de la fertilidad del suelo

Entradas **iguales** que las salidas
= 3 ó más
elementos del balance son valorados **Medio**



Está ocurriendo Conservación de la fertilidad del suelo

Entradas **menores** que las salidas
= 3 ó más
elementos del balance son valorados **Bajo**



Está ocurriendo Degradación de la fertilidad del suelo

- 6) Elaborar un plan de acción para asegurar que en el futuro el sistema produce con enfoque de restauración de la fertilidad del suelo.

Preguntas para la reflexión

- ¿Qué es la degradación del suelo?
- ¿Por qué el suelo produce menos en la medida que se utiliza?
- ¿Cuál es el componente del suelo que más limita la producción?
- ¿Por qué es importante el reciclaje de nutrientes en un sistema de producción?

2.4. Evaluación del contenido de materia orgánica de un suelo

Introducción

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2), es un compuesto químico con características de un líquido altamente polar, fuertemente enlazado con el hidrógeno tal como el agua, por lo general se presenta como un líquido ligeramente más viscoso que éste. Es conocido por ser un poderoso oxidante. También llamado agua oxigenada, es incoloro a temperatura ambiente con sabor amargo. Pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno gaseoso se forman naturalmente en el aire. El peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone rápidamente a oxígeno y agua con liberación de calor. Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica o algunos metales, como el cobre, la plata o el bronce.

El peróxido de hidrógeno se encuentra en bajas concentraciones (3 - 9%) en muchos productos domésticos, para usos medicinales y como blanqueador de vestimentas y el cabello. En la industria, el peróxido de hidrógeno se usa en concentraciones más altas para blanquear telas y pasta de papel, y al 90% como componente de combustibles para cohetes, para fabricar espuma de caucho y sustancias químicas orgánicas. En otras áreas como en la investigación se utiliza para medir la actividad de algunas enzimas como la catalasa.



Objetivo

Que los participantes valoren cualitativamente la presencia de materia orgánica en el suelo mediante el uso de agua oxigenada (Peróxido de Hidrógeno).

Materiales

- 8 Vasos desechables de 12 onza
- 4 Botellas Peróxido de hidrógeno (Agua oxigenada) de 120 ml de 10-20 volúmenes.
- Muestra de suelo de 1 lb provenientes de parcelas con diferentes tipos de manejo. Por ejemplo: Sistema agroforestal, área con agricultura de conservación, pastizal, área muy degradada de granos básicos, entre otras.
- Muestras de abonos orgánicos, como bocashi o lombrihumus.

Procedimiento

- 1) Tomar una muestra de suelo de aproximadamente 1 libra de cada una de las parcelas.
- 2) Rotular los vasos desechables de 12 onzas con el nombre del sistema de donde proviene la muestra. Asegurarse de tener una muestra de suelo de un bosque o un abono orgánico (lombrihumus) que será el comparador.
- 3) Depositar en los vasos una cantidad de suelo de aproximadamente el 75% de la capacidad de cada vaso.
- 4) Verter de 60-80 ml de peróxido de hidrógeno en cada vaso. Se debe tener el cuidado que la cantidad de peróxido de hidrógeno sea la misma para todos los vasos y además verterlo al mismo tiempo en los vasos.



Productores realizando valoración cualitativa de la materia orgánica del suelo en diferentes sistemas de producción.

- 5) Observar la cantidad y duración de la reacción de peróxido de Hidrógeno que sucede en cada vaso.
- 6) Escribir los resultados del ejercicio, ordenando de mayor a menor reacción (en cantidad y tiempo de duración).

Preguntas para la reflexión

- ¿Qué sucedió al verter el peróxido de hidrógeno en las muestras de suelo?
- ¿Cuál muestra reaccionó primero?
- ¿En cuál muestra duró más la reacción?
- ¿A qué se debe esta reacción?
- ¿Qué acciones podemos hacer para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo?

2.5. Estabilidad de los agregados del suelo en parcelas bajo agricultura de conservación

Introducción

La estructura se refiere a la agregación de partículas individuales del suelo para generar unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones y que son el resultado de procesos pedogenéticos.

La estructura del suelo se valora en base a 3 criterios:

- Tipo: granular, angular, sub-angular, migajosa, prismática, columnar, laminar y masiva.
- Grado de desarrollo: sin estructura, débil, moderada y fuerte.
- Clase: muy fina, fina, media, gruesa, muy gruesa.

La estructura afecta a la aireación y al movimiento de agua en el suelo, así como la formación de costras en el suelo, también afecta la germinación de las especies. El paso de raíces entre los agregados y la erosionabilidad del suelo, son otros factores importantes que dependen en gran medida de la estructura de suelo. Suelos bien estructurados presentan menores riesgos para la degradación.



Materiales

- Una coba
- Una pala de jardinería un saco
- Dos botellas plásticas de 1.5-2 l
- Dos trozos de malla de 10 cm por 20 cm tipo para cernir arena

Procedimiento

- 1) Con una pala de jardinería tomar un monolito de suelo de aproximadamente 30 * 30 * 30 cm.
- 2) Romper los terrones dejándolos caer desde una altura de 1 metro.



Diferente grado de rompimiento de los agregados del suelo.

- 3) Tomar uno o dos terrones y poner sobre la malla en una botella con agua.
- 4) Observar la estabilidad del agregado al entrar en contacto con el agua.



Fuente: National Center for Appropriate Technology

Preguntas para la reflexión

- ¿Por qué el terrón de la parcela con prácticas de Agricultura de Conservación resiste más a la desintegración cuando es expuesto al agua?
- ¿Qué efecto tiene esta mayor estabilidad en la protección del suelo?
- ¿Qué beneficio tiene para los cultivos esta mayor estabilidad de la estructura del suelo?

2.6. La densidad aparente del suelo

Introducción

La densidad aparente es una medida que se aplica a materiales porosos como el suelo. Se refiere al peso del suelo por unidad de volumen (g/cm^3). Ese peso incluye los materiales sólidos más el aire contenido dentro de los poros. Esta propiedad del suelo ayuda a entender el grado de compactación de éste. Esta información ayudará al técnico y productor a tomar decisiones sobre la necesidad de implementar prácticas que contribuyan a restauración del suelo.

Tipo de suelo	Densidad Aparente (g/cm^3)
Suelos orgánicos	0.1 - 0.6
Suelos superficiales, texturas finas	1.0 - 1.3
Suelos superficiales, texturas gruesas	1.0 - 1.8
Suelos compactados	1.0 - 2.0
Suelos franco arcillosos	1.0 - 1.4
Suelos franco limosos	1.1 - 1.4
Suelos franco arenosos	1.2 - 1.8
Suelos volcánicos	0.3 - 0.85

Fuente: <https://civilgeeks.com/2011/09/19/caracterizacion-fisica-del-suelo-para-el-riego/>

En este ejercicio se propone una manera sencilla y práctica para medir la densidad del suelo a nivel de campo, la cual consiste en extraer un volumen de suelo de forma cúbica o cilíndrica, cubrir el hueco realizado con un plástico y medir con precisión el volumen de agua que se requiere para volver a llenar el hueco realizado. Posteriormente el suelo extraído se seca al sol o en una estufa y se pesa. La densidad aparente del suelo será:

$$\text{Densidad aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del suelo seco (g)}}{\text{Volumen que ocupa el suelo (cm}^3\text{)}}$$

La densidad aparente es una propiedad que depende en gran medida de la textura del suelo y cambia lentamente a través del tiempo. Por lo tanto, no es un indicador que muestre los cambios en el suelo en el corto plazo. Para interpretar los resultados es importante conocer la textura del suelo, para luego comparar, si los resultados están por encima de lo esperado eso indicaría que está ocurriendo compactación. Al implementarse prácticas de restauración se espera que la densidad aparente vaya disminuyendo, por efecto de una mejor estructuración del suelo. Los cambios comienzan a mostrarse después de al menos 3 años de iniciada la restauración.

Objetivo

Que los participantes conozcan un método sencillo para calcular la densidad aparente del suelo.

Materiales

- Bolsas plásticas sin agujeros
- Pala
- Machete o una coba
- Una pesa de 5 - 10 Kg o de gramos.
- Balde plástico
- 5 litros de agua
- Una probeta o recipiente graduado para medir volumen

Procedimiento

- 1) Se limpia de restos vegetales en la superficie donde se hará la evaluación de la densidad aparente.
- 2) Excavar un hueco de aproximadamente 10 cm * 10 cm * 10 cm de profundidad, poner el suelo en el recipiente plástico.
- 3) Si el suelo está completamente seco pesar el suelo (en gramos) y anotar el resultado, en caso de que el suelo este algo húmedo ponerlo al sol uno o dos días y luego pesar.
- 4) Colocar una bolsa en el hueco (una bolsa plástica que no tenga agujeros) y poner agua hasta llenar el hueco. Luego que está lleno el hueco, pone el agua en el recipiente graduado y anotar el resultado en mililitro. Un mililitro de agua ocupa un volumen de 1 cm³, por tanto, el volumen del suelo extraído será igual al volumen de agua medido.
- 5) Hacer la operación de dividir los gramos de suelo pesados (en gramos) entre el volumen (cm³), el resultado será los gramos de suelo que habrá por cada cm³ de suelo, es decir la densidad aparente de ese suelo.
- 6) Cuando se restaura el suelo, los cambios empiezan en la superficie. Así que se recomienda hacerlo en los primeros 10 cm de profundidad. Pero si los participantes están interesados en conocer los cambios más profundos, entonces el ejercicio de debe repetir a las profundidades deseadas, por ejemplo, a los 20 cm, a los 30 cm, u otra profundidad.



Nota: Si este ejercicio se realiza al final de la época seca, no es necesario secar el suelo.

Preguntas para la reflexión

- ¿Cómo se espera que cambie la densidad aparente en la medida que el suelo se va restaurando?
- ¿Cómo se esperaría que cambie la densidad aparente en la medida que el suelo se va degradando?
- ¿Cuáles son las prácticas que más están contribuyendo a disminuir o aumentar la densidad aparente de los suelos

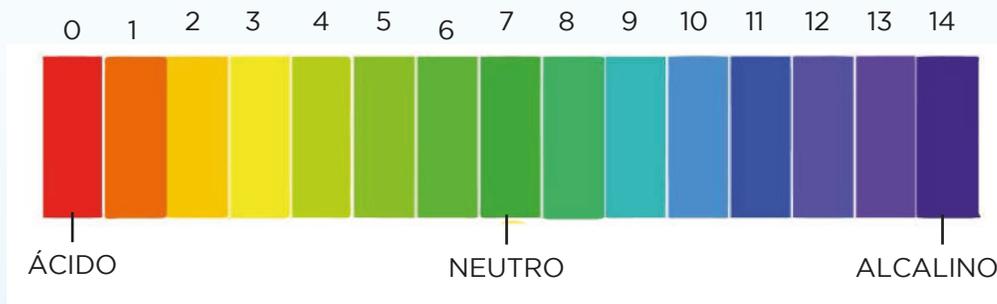
2.7. Cómo determinar el pH del suelo

Introducción

El concepto de pH puede ser explicado de varias formas. Quizás, la más sencilla e intuitiva es la que relaciona la sensación de acidez o alcalinidad de una sustancia con su pH. Para ello utilizamos el sentido del gusto, que radica en las papilas sensoriales que tenemos ubicadas en la lengua; pero es evidente que no podemos emplear el sentido del gusto para conocer el pH de cualquier sustancia (amoníaco y lejía, por ejemplo); de ahí la necesidad de disponer de elementos que nos ayuden para tal fin, como han sido los indicadores de pH (fenoftaleína), las tiras de papel impregnadas de determinados colorantes (tornasol) y los electrodos combinados o sondas de pH.

En la vida cotidiana existen sustancias que son extremadamente ácidas como ácido de batería con pH de 0.5, hasta la soda cáustica con pH de 13.5. En cambio, hay otras sustancias que tienen pH neutro como el agua de tomar, leche y sangre, por ejemplo.

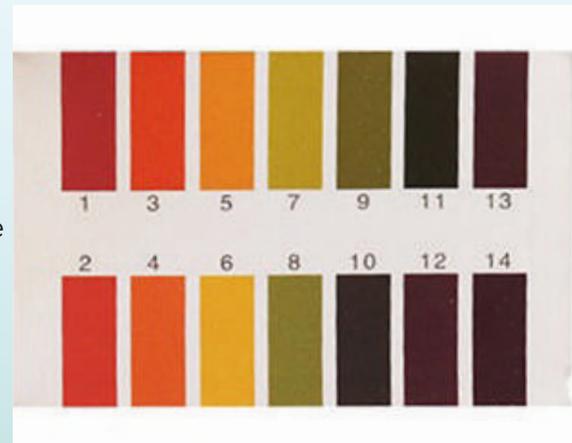
Papel indicador pH: El papel indicador de pH es aquel que está impregnado de algunas sustancias químicas que ayudan a medir ciertas concentraciones de sustancias. Son tiras que se sumergen en disoluciones químicas que le darán tonalidades y colores distintos al papel, dependiendo del nivel de pH o acidez que éstas contengan.



¿Cómo funcionan las tiras de papel indicadoras de pH?

Las tiras de papel indicadoras de pH funcionan de la siguiente manera:

- La tira de papel indicadora se sumerge en alguna disolución química para su examinación.
- Al paso de 10 ó 15 segundos se podrá comparar el color que obtuvo con la de la escala de colores que mide el pH, de esta manera se sabe el nivel de la acidez o alcalinidad de una solución.



Objetivo

Que los participantes conozcan la importancia del pH del suelo y el uso de las tiras para medir pH del suelo

Materiales

- Papel indicador de pH
- Ceniza de madera o cal
- Vinagre
- Agua destilada
- Agua de un pozo o de varios de la comunidad
- Vasos descartables de 100 cc
- Muestra de suelo

Procedimiento

- 1) Ordenar el grupo en forma de media luna o en círculo puede ser dentro de una casa, pero lo mejor es debajo de un árbol, ya que los participantes se sienten más tranquilos al estar en contacto con el campo.
- 2) El facilitador realiza una explicación del significado del potencial de Hidrógeno (pH), explicando que para medirlo se ha creado una escala de 1 al 14.
- 3) Dibujar la escala de medición en un papelón utilizando colores como el anaranjado para representar los valores que pertenecen a sustancias acidas, en un color blanco el valor de 7 que representa un pH neutro y azules para los suelos alcalinos de 7 a 14.
- 4) Mostrar el envase de cinta papel indicador de pH, señalando los colores y sus diferentes valores, haga pasar el envase para que todos los participantes puedan conocerlo.
- 5) Mojar una cinta de papel indicador en el agua destilada y esperar 10 a 15 segundos para comparar con la escala de colores del envase del papel indicador de pH, pasar la cinta y el envase a cada agricultor para que compare y fije el conocimiento, y explicar que un pH de 7 es considerado neutro.
- 6) Ahora diluya un poco de ceniza en agua y moje una cinta indicadora de pH en la solución y esperar de 10 a 15 segundos para comparar con la escala de colores del envase, pasar la cinta y el envase a cada agricultor para que compare y fije el conocimiento, explicar que ese es un pH alcalino.
- 7) A continuación, moje una cinta indicadora de pH en vinagre y esperar 10 a 15 segundos para comparar con la escala de colores del envase, pasar la cinta y el envase a cada agricultor para que compare y fije el conocimiento, explicar que ese es un pH ácido.
- 8) Para medir el pH del suelo diluya 100 gramos de suelo de la muestra y se mezcla con 250 cc de agua destilada, se remueve deje reposar la mezcla por 20 minutos, pida a uno de los participantes que realice la medida y que comparta con el grupo.
- 9) El facilitador pide que todos los agricultores repitan el ejercicio hasta que todos los agricultores hayan aprendido a medir el pH de suelos y agua.

Preguntas para la reflexión

- ¿Cuál es la importancia de conocer el pH del suelo?
- ¿Cuándo un pH se considera ácido?
- ¿Cuándo un pH se considera neutro?
- ¿Cuándo un pH se considera alcalino?
- ¿Cuál es el pH más adecuado para la mayoría de los cultivos?



2.8. La Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo

Introducción

Para un mejor entendimiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) que ocurren en los suelos y cómo se relaciona con la fertilidad, se requiere del conocimiento de algunos términos tales como:

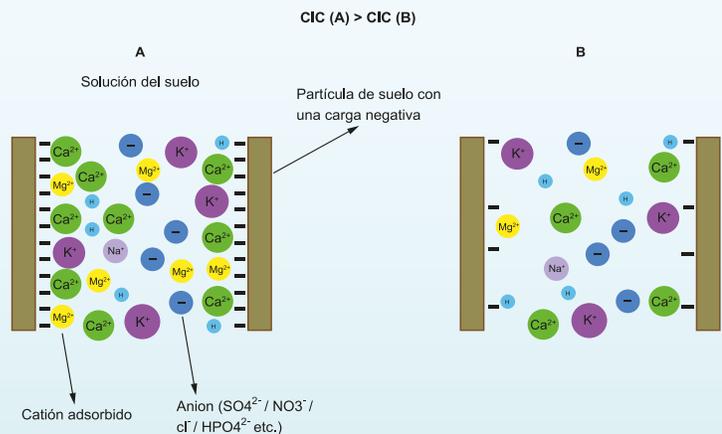
Los Iones son partículas de materia (átomos), que poseen cargas eléctricas negativas o positivas. Los iones con cargas positivas se denomina cationes y los de cargas negativas aniones. Las partículas que poseen cargas opuestas se atraen entre ellas, mientras que partículas con la misma carga se repelen. Debido a la química de las partículas de suelo, especialmente de las arcillas y de la materia orgánica, son sitios donde existen cargas negativas que se desarrollan sobre la superficie.



La capacidad de intercambio cationico se refiere a la habilidad que tiene el suelo de atraer y retener cationes sobre su superficie e intercambiarlos con otros en el medio ambiente circundante. Los cationes retenidos en la superficie se denominan iones adsorbidos. Mientras más grande sea la CIC, mayor será la capacidad de retener cationes.

Los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ son los más frecuentes; en conjunto representan el 99% de los elementos que se encuentran adsorbidos por arcillas y humus; los demás elementos como Fe^{2+} , Cu^+ , Mn^{2+} , Zn^{2+} y otros representan solo el 1% de los cationes existentes en el suelo.

La mayor influencia sobre la CIC viene de las arcillas del suelo y de la materia orgánica. La arcilla tiene una capacidad de 10-150 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$, mientras que la materia orgánica tiene una capacidad de 200-400 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$, es decir la materia orgánica tiene más alta CIC.



Objetivos

Que los participantes comprendan el concepto de la capacidad de intercambio cationico y reflexionen que se puede hacer para mejorarlo, y así tener un suelo con mayor fertilidad.

Materiales

- 4 círculos grandes cartulina de 50 cm de diámetro
- 1 juego de círculos de cartulina con las letras H⁺, K⁺, Ca⁺, Na⁺, y Mg⁺ (10 círculos de cada letra K, Ca, H, Al, Na y Mg).
- Papelones
- Marcadores



Procedimiento

- 1) Formar al grupo de participantes en un círculo poner en el centro la cartulina grande que representa el suelo.
- 2) El facilitador explica al grupo el significado de CIC, y como es afectado por la disminución de la materia orgánica, absorción de nutrientes por las plantas, lixiviación, erosión y otros. Menciona que los nutrientes que participan en la capacidad de intercambio catiónico efectivo son: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, H⁺ y el Al³⁺.
- 3) El facilitador pone alrededor de la cartulina grande que representa al suelo, todas las cartulinas pequeñas marcadas con las letras Ca, K, Mg, Na, H y Al.
- 4) Explica que cuando el suelo es fértil la cantidad de cationes adheridos es mayor, por lo tanto, la cantidad nutrientes Ca, K, Mg y Na disponible para la planta es mayor. Junto con el grupo pone alrededor del círculo grande 10 círculos de nutrientes Ca, K, Mg, Na y H (pueden ser dos de cada uno o en diferentes proporciones). Eso sería la representación de un suelo con alta capacidad de intercambio catiónico.
- 5) Se le pide al grupo que poco a poco vayan retirando un círculo que tenga cualquiera de las letras Ca, Mg, K y Na. Se pregunta al grupo: ¿qué pasa con el suelo si éste va perdiendo Ca, Mg y K? ¿Cómo afecta esto al suelo? Se explica que a medida que el suelo va disminuyendo la capacidad de intercambio catiónico y el suelo va siendo menos fértil.
- 6) Luego hacen lo inverso, que pongan de las letras Ca, Mg, K, Na (no importa la proporción en que se pongan). Se pregunta al grupo: ¿qué pasa con el suelo en la medida que se van incrementando las bases? ¿Cómo afecta esto al suelo?.
- 7) El extensionista cierra la sesión explicando que para mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo hay que incrementar los contenidos de materia orgánica.

Preguntas para la reflexión

¿Qué entiende por Capacidad de Intercambio Catiónico?

¿Qué prácticas de las que realizamos, afectan positivamente o negativamente la capacidad de intercambio catiónico?

¿Es posible hacer algunas acciones para incrementar la capacidad de intercambio catiónico del suelo? ¿Cuáles? Hacer una lista.

¿Cómo influye la materia orgánica en la Capacidad de Intercambio Catiónico?

¿Cuáles son los factores que influyen de manera negativa en la Capacidad de Intercambio Catiónico?

Elaborar un plan de acción para asegurar que en el futuro el sistema produce con enfoque de restauración de la fertilidad del suelo.

III. Ejercicios de Aprendizajes Sobre Materia Orgánica del Suelo

3.1. Materia orgánica aportada a un suelo

Introducción

La cobertura Mulch es la práctica más importante que el programa ASA propone para el aumento de la materia orgánica en el suelo. La formación e incremento de la materia orgánica va a depender de la cantidad de biomasa que se ponga sobre la superficie. Se ha establecido como referencia, que para aumentar el contenido de materia orgánica en 1% se necesitan 60 toneladas de materia seca por hectárea. Esta referencia es importante, ya que permite a los grupos de aprendizaje proponer estrategias (cómo) y metas (cuándo) para restaurar sus suelos.

La producción de biomasa depende de los ciclos de producción de biomasa que se realicen en el año (ciclos de siembra de primera, postrera y la época seca), las densidades y tipos de cultivos que se utilicen para la producción de biomasa (gramíneas, leguminosas, malezas, etc).

Es conveniente para los técnicos que facilitan ECA de Agricultores, debatir con el grupo de aprendizaje cuánta biomasa estamos produciendo con diferentes ciclos de producción y estrategias de rotación y/o asociación.

Objetivo

Que los agricultores determinan la biomasa producida con diferentes estrategias de restauración de suelo en los diferentes ciclos productivos.

Materiales

- Cuatro tubos de pvc de un metro de largo y diámetro de 3/4 de pulgadas
- Cuatro codos de pvc de 3/4 de pulgadas
- Bolsas plásticas o sacos nylon
- Machete o tijera de podar
- Papel y lapiceros con tinta indeleble
- Horno
- Etiquetas



Producción de biomasa en ciclo de primera



Producción de biomasa en ciclo de postrera



Producción de biomasa en época seca

Procedimiento

- 1) Fabricar un marco de un m² desmontable con tubos y codos de PVC de 1 pulgada de diámetro (para facilitar el transporte).
- 2) Seleccionar las parcelas que tienen diferentes estrategias para producir biomasa: Por ejemplo, parcela en la que se deja el 100% de los residuos de cosecha; parcela en la que integra un cultivo de cobertura asociado o en rotación; parcela en la que se reduce el pastoreo; parcela en la que se eliminan todos los residuos a través de la quema o limpieza; parcela que se somete a pastoreo intensivo; etc.



- 3) Seleccionar 3 puntos de muestreo en cada parcela en tres estratos (parte alta, media y baja) y hacer la medición en cada punto seleccionado.
- 4) Cortar, recoger y pesar toda la biomasa dentro del metro cuadrado en cada punto muestreado.

- 5) Tomar una submuestra de aproximadamente 0.2 kg, poner en una bolsa de papel, rotular con el nombre del productor, el estrato en que fue tomada el tipo de parcela.
- 6) Llevar las muestras al laboratorio, secar al horno a 75 °C durante 24 horas y pesar la biomasa seca.
- 7) Hacer las correcciones para calcular la materia seca por metro cuadrado.

$$\text{Materia seca por metro cuadrado (Kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{Peso de Materia verde /m}^2 * \text{Peso de Materia seca de la submuestra (Kg)}}{\text{Peso de Materia verde de la submuestra (Kg)}}$$

Determinar la cantidad de materia seca en Tonelada por hectáreas (Ton/Ha).

$$\text{Materia seca por hectárea (Ton/ha)} = \text{Peso de materia seca por metro cuadrado} * 10$$

Nota: El mejor momento para realizar este ejercicio es a finales del mes de abril o inicios del mes de Mayo, cuando la parcela esta lista para la siembra y no se removerá o se añadirá más biomasa en el sistema.

Preguntas para la reflexión

- ¿Hay diferencias en la producción de biomasa con las diferentes estrategias y/o ciclos de producción?
- ¿Cómo estas estrategias se relacionan con el resultado esperado?, ¿aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo?
- ¿Qué efecto tiene en los cultivos estas diferencias de producción de biomasa?, ¿beneficia o afecta a los cultivos?
- ¿Cuáles serían los aprendizajes del experimento que necesitamos retomar para el futuro?

3.2. Sistema de siembra de maíz para incrementar la producción de biomasa

Introducción

La siembra de maíz a doble surco reduce el efecto de la competencia natural por el espacio, el agua y los nutrientes. En la medida que podamos cumplir con estos requisitos será la respuesta productiva del cultivo de maíz. Además, cuando tenemos una mejor cobertura del área foliar en la superficie del cultivo, se reducen también los problemas de maleza, asimismo esta cobertura capta una mayor cantidad de luz que resulta en una mayor fotosíntesis que corresponde en una mayor producción por unidad de superficie.

De tal forma se ha determinado que densidades de siembras de 125 mil semillas por hectárea es la más adecuada, lo que debemos demostrar ahora es con que separación entre hileras podremos obtener el mayor rendimiento.

En pruebas realizadas con variedades mejoradas e híbridos sembrados en doble hilera han superado el rendimiento que cada uno ha tenido en el método de hilera sencilla, pero es necesario hacer notar que no todos los cultivares de maíz responden en igual medida a este sistema de producción, ya que esto depende de la genética y la fenología de cada material.

Debido a que en el programa de Agua y Suelo para la Agricultura (ASA) se han venido restaurando los suelos, es necesario mejorar las distancias de siembra en el cultivo de maíz para incrementar los rendimientos y producción de biomasa.



Objetivo

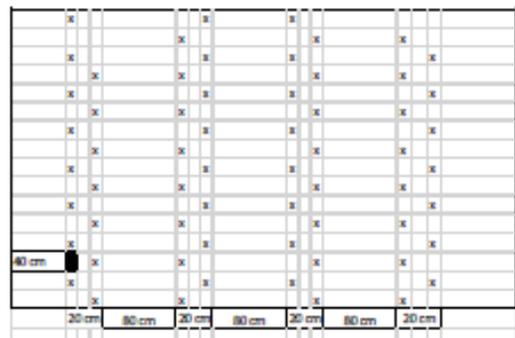
Que los productores se familiaricen con la metodología de siembra a doble surco para incrementar la producción de biomasa en maíz.

Materiales

- Parcela
- Urea 46 %
- 18-46-0
- Semilla Maíz
- Lápiz
- Papelones
- Cinta métrica
- Balanza
- Lienza de cabuya
- Espeque

Procedimiento

- 1) El extensionista se reúne con los productores cerca del área donde se realizará la siembra y explica los objetivos de la práctica.
- 2) Da a conocer aspectos sobre la importancia del sistema de siembra de maíz a doble surco para incrementar la producción de biomasa en la parcela, explicando que en el sistema de doble surco, se siembran casi el doble de plantas del sistema tradicional, necesita mayores cantidades de nutrientes para que pueda expresar el rendimiento.
- 3) Para iniciar la práctica de siembra, el extensionista con ayuda de los productores pasa dos lienzas de cinco metros a 20 centímetros entre ella, que representará el doble surco.
- 4) Una vez puesta la lienza hace una demostración de la siembra, sembrando dos semillas por golpes cada 40 centímetros en cada surco, procurando quedar en tres bolillos.
- 5) Luego divide al grupo de productores en cuatro subgrupos, cada uno repite la práctica de siembra.
- 6) El sistema de doble surco de maíz es utilizado por Selp Help International en el departamento de Rio San Juan, Nicaragua. La separación entre surcos dobles es de 20 centímetros, la distancia entre golpes es de 40 centímetros y a 2 semillas por golpe de siembra, raleando a los 10 días después de la siembra. El ancho de los surcos o calles es de 80 centímetros. Así en una manzana se construyen 83 surcos de 100 varas (100 surcos por hectárea).
- 7) Se da a conocer el plan de fertilización es 2 qq/mz de 12-30-10 + un quintal de muriato de potasio depositado al momento de la siembra. Se aplican 4 qq/mz de sulfúrea 40% aplicado de manera fraccionada, el 50% en la etapa V6 (sexta hoja desplegada) y el otro 50% en la etapa V12 (doceava hoja desplegada) y un quintal de sulfato de amonio en la etapa V9 (novena hoja desplegada).
- 8) Se les pide a los productores participantes que establezcan en su área un pequeño experimento sembrando cinco doble surcos de diez metros de largo para que hagan comparaciones con el método tradicional.



Preguntas para la reflexión

- ¿Cuál es importancia de sembrar a doble surco?
- ¿Cuál es arreglo de siembra del sistema doble surco?
- ¿Cuántas plantas por manzana alcanzan en el sistema de doble surco?
- ¿Por qué en este sistema requiere mayor cantidad de fertilizantes que el sistema tradicional?

3.3. Aprendizaje sobre los efectos de la cobertura Mulch en la abundancia y diversidad de malezas

Introducción

La cobertura Mulch en el suelo brinda protección a la humedad del suelo, reduciendo la evaporación como un efecto directo de amortiguación térmica, al reducir la exposición directa del suelo a la radiación solar. Otro efecto inmediato de la cobertura Mulch es el efecto en el banco de semillas de malezas. El banco de semillas de malezas responde a las diferencias de temperaturas, si las diferencias de temperaturas entre el día y la noche son contrastantes, entonces inicia el proceso de germinación, por el contrario si las diferencias de temperaturas entre el día y la noche son casi iguales, el proceso de germinación se detiene.

Los participantes en una Escuela de campo de restauración de suelos tienen la oportunidad de aprender a evaluar las diferencias de germinación de malezas en las parcelas con y sin cobertura Mulch. Así como reflexionar sobre las implicaciones en mano de obra y costos de insumos en las prácticas de control de malezas, ya sea manual o con herbicidas. En un estudio se encontró que en áreas con cobertura Mulch la producción de biomasa de malezas se redujo a la mitad.



Germinación de las malezas en parcelas con (izquierda) y sin cobertura Mulch (derecha) en un sistema de producción de granos básicos en el corredor seco de Nicaragua.

Objetivo

Que los participantes analicen los efectos positivos o negativos que ejerce la práctica de cobertura Mulch sobre las malezas en sistemas de producción de granos básicos.

Materiales

- Un marco de tubos pvc de 3/4 de pulgadas, o de madera de 1m * 1 m
- Pesa de 5 Kg
- Machete
- Saco de nylon o bolsa plástica

Procedimiento

- 1) El facilitador selecciona junto con el grupo de productores parcelas con diferentes niveles y tipos de cobertura: por ejemplo, cobertura de gramíneas; cobertura de gramíneas + abono verde; o 100% de residuos dejados sobre la parcela; parcela con pastoreo controlado; parcela con pastoreo intensivo con aproximadamente 80% de la biomasa removida.

Nombre del productor	Fecha de realización	Tipo de cobertura	Nivel de cobertura

- 2) El facilitador explica el método de observación a utilizar para la valoración del efecto de la cobertura Mulch en la abundancia y diversidad de malezas. El método de observación a utilizar es el siguiente:
- Se realizarán 3 sitios de observación escogidos al azar en la parte alta, media y baja; de un metro cuadrado; en cada sistema con y sin cobertura Mulch. El productor se sitúa en un punto y tira una piedra en dirección del sitio donde realizaran la observación. El lugar que marca la piedra será el centro del cuadrado donde se realizarán las evaluaciones de abundancia y diversidad.
 - En cada sitio de observación se contará las especies de malezas que están creciendo dentro del marco de 1 m², registrando el nombre común de cada maleza (como la conocen los productores). La lista se hará de mayor a menor abundancia, la estimación de abundancia será cualitativa, basado en la opinión del productor.

Nombre del productor	Fecha de realización	Parcela con cobertura Mulch		Parcela con cobertura Mulch	
		Malezas de tipo hoja ancha	Malezas de tipo zacates	Malezas de tipo hoja ancha	Malezas de tipo zacates

- 3) Después de realizada la observación de diversidad, se cortará a ras del suelo toda la maleza que crece dentro del área del cuadrado (1 m²), se recogerá en el saco y se pesará en verde, recordando restar luego el peso del saco.
- 4) Se toma una muestra de 100 g del material cortado, se secará al sol durante 1 semana y luego se pesará nuevamente para conocer el peso seco. Para conocer el peso seco del material de todo el m² se hará a través de una regla de tres: si 100 g de biomasa húmeda (la submuestra) pesaron "X" g; ¿entonces cuanto hubiese pesado el total del material cosechado en el m² después de secado?

Veamos este ejemplo: Supongamos que el material húmedo de un m² pesa 600 g en húmedo; se toma la sub-muestra de 100 g, y una vez secada pesa 20 g, entonces la muestra total de 600 g hubiese pesado: (600*20)/100= 120 g.

5) Hacer los cálculos de los promedios de biomasa en cada uno de los sistemas; el promedio será:

$$\text{Biomasa de las parcelas (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Biomasa parte alta (g/m}^2\text{)} + \text{biomasa parte media (g/m}^2\text{)} + \text{biomasa parte baja (g/m}^2\text{)}}{3}$$

6) El facilitador organiza la información de abundancia (peso promedio de las malezas en g/m²) y diversidad de los dos sistemas, facilita la discusión de los resultados, enlista los aprendizajes y toma de decisiones.

Nombre del productor	Fecha de realización	Peso de biomasa en Parcela con cobertura Mulch (g/m ²)	Peso de biomasa en Parcela sin cobertura Mulch (g/m ²)
Promedio General			

7) Hacer una lista de los aprendizajes que obtuvo el grupo sobre los efectos positivos y negativos de la cobertura Mulch en las malezas en el sistema de producción de granos básicos.

Efectos positivos	Efectos negativos

Preguntas para la reflexión

¿Cómo afecta la cobertura Mulch el crecimiento de malezas en el sistema de producción de granos básicos? Efectos positivos o negativos.

¿Estos efectos modifican otras prácticas de manejo de los cultivos relacionadas a las malezas?

¿Cómo las modifican?

¿Hay cambios importantes sobre el manejo de malezas que los agricultores deben realizar cuando se utiliza la práctica de cobertura Mulch en el sistema de granos básicos?

3.4.Efecto de la prácticas de restauración de suelo en la germinación de los cultivos

Introducción

El proceso de descomposición de la materia orgánica produce sustancias solubles como azúcares, amino-azúcares, fenoles, aminoácidos, entre otros. Estas sustancias juegan un papel de enzimas facilitadoras de la germinación de las semillas sembradas o que conforman el banco de semilla natural de un suelo. Se han realizado muchos estudios en los que se evalúan los efectos que tienen sobre la germinación de una gran variedad de semillas agrícolas. Estos efectos incluyen tanto un mayor porcentaje de germinación como una germinación más rápida y homogénea, así como un incremento en la longitud de las raíces durante sus estados iniciales de desarrollo.

A este efecto beneficioso se le atribuye a la capacidad de ciertas sustancias húmicas de acelerar la absorción de agua, incrementar la actividad enzimática de las semillas, estimular su respiración, además de influir en diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos.

En una estrategia de restauración de suelo basada en el aumento de materia orgánica debería ser muy visible el efecto en la germinación de las semillas e incremento en la longitud de las raíces durante sus estados iniciales de desarrollo.



Objetivo

Que los participantes aprendan a través de un experimento sencillo los efectos de las prácticas de restauración de suelos en la germinación de las semillas de los cultivos.

Materiales

- 2- 3 Kg de suelo provenientes de sistemas de producción donde se implementan prácticas de restauración de suelos para aumentar la materia orgánica
- 4-5 sacos de nylon
- 4-5 Bandejas de germinación, panas plásticas o maceteras

Procedimiento

- 1) Formar 4-5 grupos de trabajo.
- 2) Seleccionar 3-4 sistemas de producción en los que se han implementado prácticas de restauración de suelos con el propósito de aumentar la materia orgánica. Seleccionar 1- 2 sistemas de producción con un estado de degradación avanzado.
- 3) Tomar una muestra de los primeros 10 cm de profundidad del suelo, compuesta de al menos 10 submuestras de 0.2 - 0.3 Kg cada una; en cada sistema seleccionado. Las submuestras deben ser tomadas en 10 puntos elegidos al azar, asegurando que son representativas de toda la parcela.
- 4) Mezclar todo el suelo hasta conseguir la homogeneidad del material.
- 5) Poner el material en las bandejas, asegurando una buena distribución hasta formar un sustrato que sea óptimo para la germinación de las semillas (5-10 cm de profundidad). Asegurarse que las bandejas tienen agujeros para el drenaje y evitar la sobresaturación del sustrato.
- 6) Sembrar las semillas en los diferentes sustratos, regar y poner las bandejas en un lugar seguro, en el cual no vaya a ser dañado por animales. Tener el cuidado de poner la misma cantidad de semilla en cada bandeja o macetera.
- 7) Mantener la humedad del sustrato a un nivel óptimo durante el periodo de germinación, se debe hacer una revisión diaria y mantener riego liviano en caso de ser necesario.
- 8) A los 3-4 días realizar una evaluación de la germinación de las semillas, contando las plantitas germinadas. Luego dividir la cantidad de semillas germinadas entre el total de semillas puestas, multiplicar por 100, para calcular el porcentaje de germinación.
- 9) Hacer una valoración cualitativa sobre la prontitud en que ocurrió la germinación, así como el vigor de las plantitas.



Con prácticas de restauración de suelos

Sin prácticas de restauración de suelos

- 10) El facilitador hace un resumen de los datos recopilados y promueve el debate sobre los aprendizajes del experimento.

Descripción del sistema de producción	Tipo de semilla	Porcentaje de germinación	Observaciones

11) El experimento se deja otros 3-4 días, asegurando que la humedad es óptima para que las plantitas se sigan desarrollando. Luego se realiza la evaluación del desarrollo radicular de las plantitas.



12) El facilitador hace un resumen de los datos recopilados y promueve el debate sobre los aprendizajes del experimento.

Descripción del sistema de producción	Tipo de semilla	Valoración cualitativa del desarrollo radicular de las plantitas

13) El facilitado hace un resumen participativo de los aprendizajes del experimento y puntos importantes sobre como este experimento ayuda a los productores en la toma de decisión.

Preguntas para la reflexión

- ¿Un suelo que está siendo restaurado tiene un efecto positivo o negativo sobre la germinación de las semillas de los cultivos?
- ¿Un suelo que está siendo degradado tiene un efecto positivo o negativo sobre la germinación de las semillas de los cultivos?
- ¿Cuáles sería los pros y los contras relacionados a la germinación de las semillas que nos enseña este experimento?
- ¿Un suelo que está siendo restaurado tiene un efecto positivo o negativo sobre el desarrollo radicular inicial de los cultivos?
- ¿Un suelo que está siendo degradado tiene un efecto positivo o negativo sobre el desarrollo radicular inicial de los cultivos?
- ¿Cuáles sería los pros y los contras relacionados al efecto sobre el desarrollo radicular inicial de los cultivos que nos enseña este experimento?

3.5. Las poblaciones de lombriz de tierra aumentan en suelos ricos en materia orgánica

Introducción

La presencia de lombrices de tierra en el perfil del suelo es uno de los indicadores más utilizados para medir la actividad biológica del suelo. Las lombrices de tierra se alimentan de materia orgánica en proceso de descomposición. Mientras se alimentan va excavando galerías que facilitan la circulación del agua y el aire del suelo. La lombriz de tierra acelera el proceso de mineralización de la materia orgánica y la formación del humus. El humus es una diversidad de ácidos orgánicos que ayudan en los procesos de nutrición de las plantas.

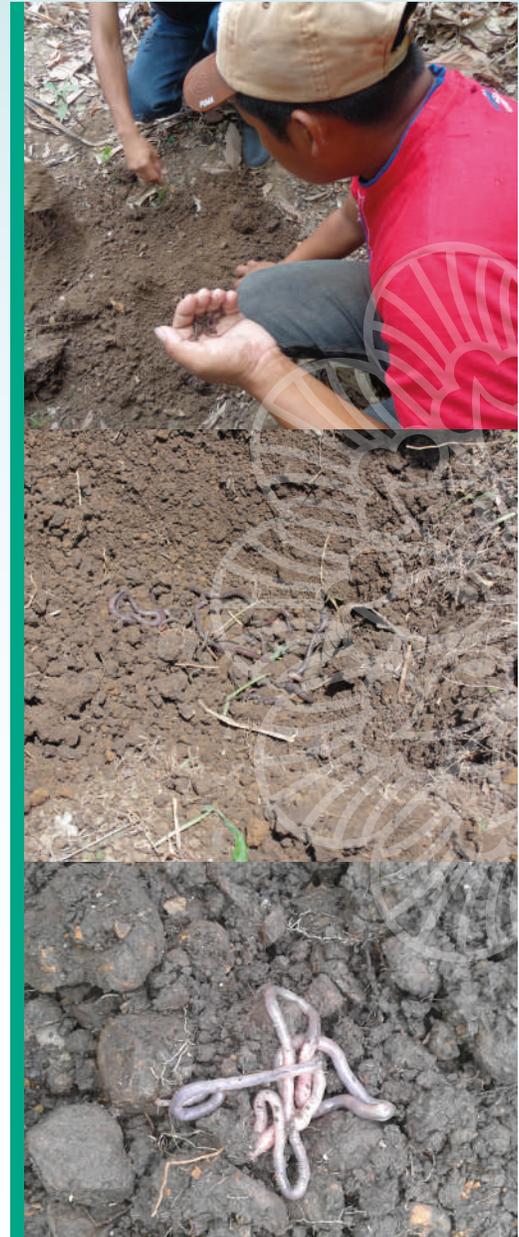
¿Cómo podemos generar un indicador, a partir de la presencia de las lombrices de tierra que nos ayude a mejorar la comprensión del estado de la salud del suelo en un sistema de producción? En este ejercicio se propone hacer un conteo de las lombrices de tierra, para estimar la cantidad total por hectárea.

Cuanto mayor sea la cantidad de lombrices de tierra por hectárea, mayor será el nivel de salud del sistema alcanzado. Con la información se puede construir con el grupo de aprendizaje de la Escuela de Campo de Agricultores un proceso en el cual se propongan acciones concretas a realizar con el propósito de aumentar la abundancia de lombrices en el suelo en la zona de mayor abundancia de raíces de los cultivos. Se propone realizar la valoración en los primeros 20 cm del perfil del suelo.

Para realizar los cálculos se utilizará como referencia que una lombriz cuando adquiere la madurez sexual pesa aproximadamente 0.240 g (2.5 a 3 cm de largo y edad próxima de 3 meses) y según la dieta puede llegar a pesar de 0,8 a 1,4 g. (Di Masso et al, 1997; Schuldt et al 2001).

Como referencia para este ejercicio vamos a usar un peso de 1 gr/lombriz. Pero si el facilitador y su grupo en la ECA cuenta con una pesa de gramos, pueden juntar todas las lombrices encontradas y pesarlas, luego dividir el peso entre el número total de lombrices encontradas y así tener un promedio que será muy útil para calcular el peso total de lombrices por hectárea. Si el grupo no cuenta con una pesa de gramos, entonces se puede utilizar esta información como referencia.

Es conveniente para los técnicos que facilitan Escuelas de Campo de Agricultores debatir con el grupo de aprendizaje como las prácticas de ASA están contribuyendo a mejorar la abundancia de lombrices de tierra.



Objetivo

Aprender con los agricultores cómo cambian las poblaciones de lombrices de tierra cuando se realizan prácticas de restauración de suelos y cuando no se realizan.

Materiales

- Coba
- Pala
- Saco de nylon
- Pesa de gramos
- Libreta de anotación y lapicero

Procedimiento

- 1) Formar 4 grupos de trabajo, procurando que participan hombres y mujeres proporcionalmente.
- 2) Seleccionar 4 parcelas de productores dispuestos a colaborar en la toma de las muestras y que realicen acciones diferentes para la restauración de suelos.
- 3) Realizar 5 observaciones en la parcela ASA y 5 observaciones en la parcela Testigo. En cada observación excavar un hueco de 30 cm * 30 cm y 20 cm de profundidad. El suelo extraído ponerlo en un saco blanco y hacer el conteo de lombrices, si se cuenta con una pesa tomar el peso.
- 4) Organizar la información como se sugiere en esta tabla.

a) Parcelas con restauración de suelos

Nombre del productor	Tipo de cobertura	Tiempo de restauración de la parcela	Numero de lombrices encontradas	Peso de las lombrices encontradas	Peso de lombrices por Manzana

b) Parcelas sin restauración de suelos

Nombre	Numero de lombrices encontradas	Peso de las lombrices encontradas	Peso de lombrices por Manzana

5) Para realizar los cálculos de cuanto pesan las lombrices encontradas en una parcela de una manzana a una profundidad de 20 cm:

a) Cuando el grupo no dispone de una pesa de gramos:

- Area de punto de muestreo (0.3 m * 0.3 m) = 0.09 m²
- Area total de muestreo de 5 puntos= 0.09 m²* 5 = 0.45 m²
- Peso de lombrices por metro cuadrado (Kg/m²) = (Número de lombrices en área total de muestreo * 1 g (peso estimado de cada lombriz) * factor 2.22 (2.22 veces el área de muestreo es igual a 1 m²)) /1000 (1 Kg equivale a 1000 g)
- Peso de lombrices por manzana (Kg/mz) = Peso de lombrices por metro cuadrado (Kg/m²) * 7042 m² (área en m² de una manzana)

b) Cuando el grupo dispone de una pesa de gramos:

- El Peso de lombrices por metro cuadrado (Kg/m²) = (Peso de todas las lombrices encontradas en el área total de muestreo (0.45 m²) * factor 2.2) /1000.

Preguntas para la reflexión

¿Cuáles son las diferencias de peso de las lombrices de tierra en las parcelas ASA y las testigos?

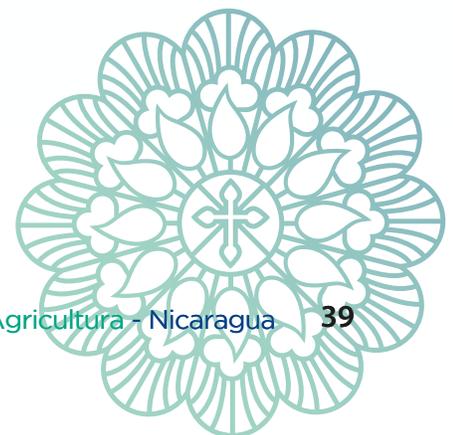
¿Estas diferencias están relacionadas con las prácticas ASA?

¿Qué efecto pudo haber tenido en el cultivo estas diferencias?

¿Cuáles serían los aprendizajes del experimento que necesitamos retomar para el futuro?

Ejemplo de cálculo de peso total de lombrices por hectárea o manzana para el caso que el grupo no disponga de una pesa de gramos. El cálculo es una aproximación.

Profundidad del área de muestreo (m)	Sitios de muestreo	Número de lombrices encontrados totales	Número de lombrices/ Ha	Peso de lombriz (gr)	Peso total de lombrices (Kg/Ha)	Peso total de lombrices (Kg/Mz)
0.2	5	1	22,222.22	1	22.22	15.65
0.2	5	5	111,111.11	1	111.11	78.25
0.2	5	10	222,222.22	1	222.22	156.49
0.2	5	15	333,333.33	1	333.33	234.74
0.2	5	20	444,444.44	1	444.44	312.99
0.2	5	25	555,555.56	1	555.56	391.24
0.2	5	30	666,666.67	2	1,333.33	938.97



IV. Ejercicios de Aprendizaje Sobre Gestión del Agua en los Cultivos

4.1. Determinar la ganancia de humedad en el suelo por el uso de Mulch

Introducción

Un efecto inmediato y evidente cuando un suelo comienza a restaurarse, usando como base fundamental las prácticas de agricultura de conservación (labranza mínima, cobertura Mulch y rotaciones), es el aumento de la humedad. La cobertura Mulch absorbe la mayor parte de la radiación solar reduciendo de esta manera la temperatura superficial del suelo y por lo tanto reduciendo la evaporación del agua. En un suelo con una cobertura uniforme y abundante la protección será mayor. Para aprender sobre estos cambios que ocurren en el suelo y en la dinámica de la humedad, se propone este ejercicio basado en un método sencillo para medir la humedad del suelo y para corroborar que la ganancia de humedad se debe a la protección de la cobertura Mulch, que reduce la erosión se propone medir la temperatura del suelo en los primeros 5 cm de profundidad.

Objetivo

Que los participantes en un grupo de aprendizaje conozcan las diferencias de temperatura y su efecto en la preservación de la humedad del suelo en sistema de producción con y sin cobertura Mulch.

Materiales

- Muestras de suelo de parcela ASA y convencional, tomadas de la parte alta, media y baja de las parcelas.
- Un termómetro para medir temperatura de suelo
- Pesa electrónica graduada en gramos
- Calculadora (puede ser la del celular)
- Libreta de anotaciones
- Marcadores permanentes

Procedimiento

- 1) Extraer muestras de suelo a una profundidad de 20 cm de la parte alta, media y baja de las parcelas con y sin cobertura Mulch, cada muestra se coloca por separado en bolsas plásticas para que no se escape la humedad. Rotular las muestras para evitar confusiones posteriores.
- 2) Medir la temperatura en 3 puntos diferentes, alrededor del sitio donde se tomaron las muestras de suelo.
- 3) Pesar 100 gramos de suelo de las muestras recolectadas, anotar los datos identificando que se trata de peso de suelo húmedo.
- 4) Construir un fogón en un lugar donde el viento sople poco, para que no se apague.
- 5) Colocar las muestras en una paila de hierro colado o cualquier recipiente metálico. Este proceso puede durar unos 20-30 minutos aproximadamente.
- 6) Calentar cada una de las muestras hasta que se observe que ya no hay humedad.
- 7) Pesar nuevamente cada una de las muestras, anotar el peso en la libreta a la par del peso húmedo correspondiente, señalando que se trata del peso de suelo seco.
- 8) El facilitador realiza con los productores el cálculo de la humedad gravimétrica, restando el peso seco del peso húmedo de las muestras; dividiendo entre el peso seco y multiplicando por 100.

$$\text{Humedad gravimétrica (\%)} = \frac{\text{Peso de suelo húmedo (g)} - \text{Peso de suelo seco (g)}}{\text{Peso de suelo seco (g)}} * 100$$

- 9) El facilitador promedia los datos de temperatura en el suelo, sumando todas las mediciones realizadas y dividiéndolas entre el número de mediciones.
- 10) Hacer las comparaciones de las temperaturas y el % de humedad del suelo en parcelas con y sin cobertura.

Nombre del productor	Parcelas con cobertura		Parcelas sin cobertura	
	Temperatura	% de humedad	Temperatura	% de humedad

- 11) En los primeros 30 cm de un suelo con una Densidad aparente (Da) de 1.2 g/cm (este dato puede ser utilizado como referencia); 1% de humedad significan 36,000 l de agua/hectárea. Con esta información el facilitador puede junto con el grupo hacer una estimación del volumen de agua que significa la diferencia de humedad encontrada entre las parcelas. Por ejemplo, si hay una diferencia de 3% de humedad, entonces se hace la siguiente regla de 3: si en 1% hay 36,000 litros de agua/ha de diferencia; entonces en 3% cuantos hay?, La respuesta es: 108,000 l de agua/ha; o sea 108 m³ de agua/ha.

Nota: para mejores resultados de este ejercicio, se debe realizar comparando dos parcelas contrastantes: una con abundante cobertura Mulch (más de 5 ton/ha) y otra sin cobertura (menos de 1 ton/ha). Puede utilizar el ejercicio también para evaluar los avances en la cosecha de agua, comparando los sistemas con mayor cobertura.

Preguntas para la reflexión

- ¿Por qué el suelo ya seco pesa menos que el suelo húmedo?
- ¿Cuál de las muestras tienen más contenido de humedad?
- ¿Por qué las parcelas que tienen cobertura tienen más contenido de humedad?
- ¿Qué podemos hacer para mejorar el contenido de humedad de los suelos en las zonas secas?

4.2. Determinar la cantidad de agua infiltrada y reducción de la erosión por efecto de la Agricultura de Conservación

Introducción

La cobertura permanente del suelo, es un indicador del estado y calidad de la tierra. La presencia de cobertura (residuos de la cosecha) proporciona beneficios significativos para estimular el aporte de nutrientes, reciclaje de nutrientes, protección de la tierra y mejora de la condición física y química del suelo. Estos beneficios varían según la realización de prácticas de restauración y clima. La descomposición de la biomasa y su transformación en materia orgánica incide sobre el entorno de la raíz, aumentando el suministro de nutrientes disponibles para microorganismos que fortalecen la actividad biológica. La cobertura protege el suelo principalmente de la erosión, minimiza el impacto de la gota de lluvia, manteniendo la estructura de la tierra, reduciendo el encostramiento y mejorando la infiltración.



Objetivo

Evaluar con un método cualitativo la infiltración del agua y la erosión en parcelas donde se implementan obras de conservación de suelos y agua.

Materiales

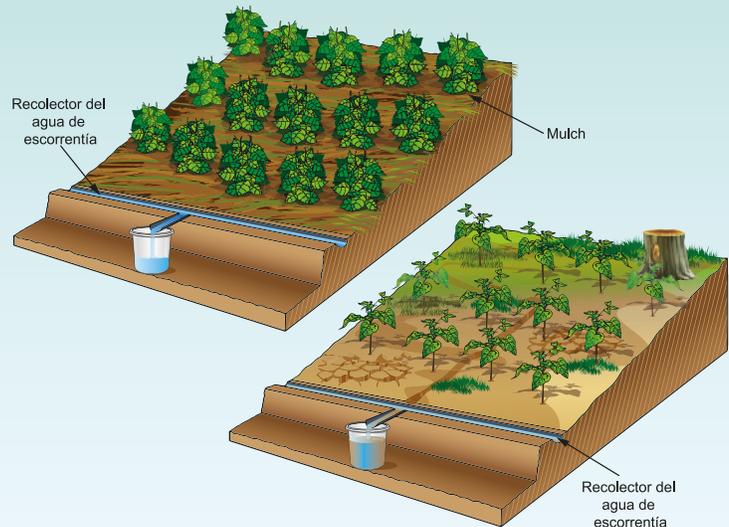
- Cuatro cintas métricas.
- Regadera con capacidad de 12 litros de agua.
- Parcela escuela con diferentes estrategias de restauración de suelos
- 1 marco de madera de 1 m²
- 8 m lineales de cinta de plástico (de aproximadamente 10 cm de ancho)
- Un tubo de pvc de 2 pulgadas de diámetro
- 1T de pvc de 2 pulgadas de diámetro
- 1 balde plástico con capacidad para 5 l

Procedimiento

- 1) El facilitador forma dos grupos de trabajo.
- 2) Seleccionar un área que se han sometido a diferentes estrategias de recuperación de la salud del suelo y un área en evidente estado de degradación. Asegurarse que las áreas tienen una pendiente parecida y no están tan alejadas una de otra.
- 3) En cada segmento de suelo, se dividirán dos áreas de 1 m², un área se deja tal como está el suelo (con cobertura), en la otra área se eliminará toda la cobertura del suelo. Se medirá la pendiente del terreno en cada área.
- 4) Se excava alrededor del área del metro cuadrado, una pequeña zanja de unos 5 cm de profundidad. En la parte más alta y a los lados del área, se entierra la cinta plástica, en forma vertical, enterrando 5 cm, de tal manera que sobresalgan los otros 5 cm sobre el suelo. Esto con el propósito que cuando se aplique el agua, ésta escurra dentro del metro cuadrado.

- 5) En la parte más baja de la pendiente se entierra el tubo de dos pulgadas cortado a la mitad longitudinalmente. Teniendo cuidado que quede a nivel del suelo para que toda el agua que escurra caiga en el tubo.
- 6) En la parte del desagüe del tubo se coloca el recipiente de recolección, se excava un hoyo en el suelo, para acomodar el balde hasta que sea posible que el agua escurrida se pueda recolectar.
- 7) Se llenarán dos regadoras a su capacidad de 8 litros y se aplicará el agua a una altura de un metro de manera uniforme, en total se regarán 16 lts de agua en cada sitio de medición, se registra el tiempo en que el suelo llega a su capacidad de campo y en el que inicia la escorrentía causante de la erosión. Se puede seguir aplicando agua para ver hasta que volumen y en qué tiempo inicia el proceso erosión. Recordar que 1 litro de agua equivale a 1mm de lluvia.
- 8) Se debe tener el cuidado de aplicar la misma cantidad de agua en cada área de medición. Se mide o se comparan las cantidades de agua que se recolectó en cada área y la cantidad de sedimento que contiene el agua.
- 9) Los participantes pueden hacer una medición en otras áreas sometidas a restauración o a degradación para tener más información para la discusión.
- 10) Los grupos y el facilitador hacen un resumen de los datos de las mediciones para compartir en plenaria.

Parcela con prácticas de restauración de suelos



Parcela sin prácticas de restauración de suelos

Sitio	Pendiente	Qué pasó en la parcela con cobertura	Qué pasó en la parcela sin cobertura
Area bajo restauración			
Area con visible degradación			

Preguntas para la reflexión

- ¿En qué momento empezó la erosión en cada parcelita de medición? ¿Qué volumen de agua se había aplicado cuando ocurrió esto? ¿A cuántos mm de lluvia equivale?
- ¿Cuál de las parcelitas soporto más tiempo la lluvia simulada, absorbiendo el agua sin que hubiera escurrimiento fuera del área del m²?
- ¿Hay diferencias en las mediciones realizadas en las áreas con prácticas de restauración de suelos y el área testigo?
- ¿Qué decisiones tomaremos para seguir fortaleciendo la capacidad del sistema para cosechar agua y reducir la erosión?

4.3. Valoración cualitativa de la humedad del suelo en las etapas críticas de los cultivos

Introducción

La cobertura Mulch del suelo es una práctica que tiene un efecto inmediato en la infiltración del agua de la lluvia y en su posterior conservación dentro del perfil del suelo. Esta capa Mulch actúa como un aislante entre el suelo y la radiación solar, reduciendo de esta manera la evaporación del agua, conservando por lo tanto la humedad en mayor volumen y por más tiempo en la etapa crítica del crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Es conveniente para los técnicos que facilitan Escuelas de Campo de Agricultores debatir con el grupo de aprendizaje como las prácticas de ASA están contribuyendo a mejorar la disponibilidad del agua para los cultivos, sobre todo en las etapas críticas de estos.

Momentos críticos del cultivo en los cuales se recomienda realizar la valoración:

- a) Floración y llenado de frutos: ya que los cultivos necesitan de humedad suficiente para la polinización, cuaje y llenado de frutos.
- b) Época de canícula: La capacidad del suelo para retener más humedad es importante durante este periodo de escasez de lluvia.
- c) Eventos de sequía: La capacidad del suelo para retener más humedad es importante cuando ocurren eventos de sequía pronunciados.

Objetivo

Aprender con los agricultores cómo se comporta la humedad del suelo en los momentos críticos del cultivo cuando se realizan prácticas de restauración de suelos y cuando no se realizan.

Materiales

- Parcelas con diferentes estrategias, prácticas y antigüedad de restauración de suelos.
- Parcelas con evidente estado de degradación del suelo.
- Papelones
- Marcadores

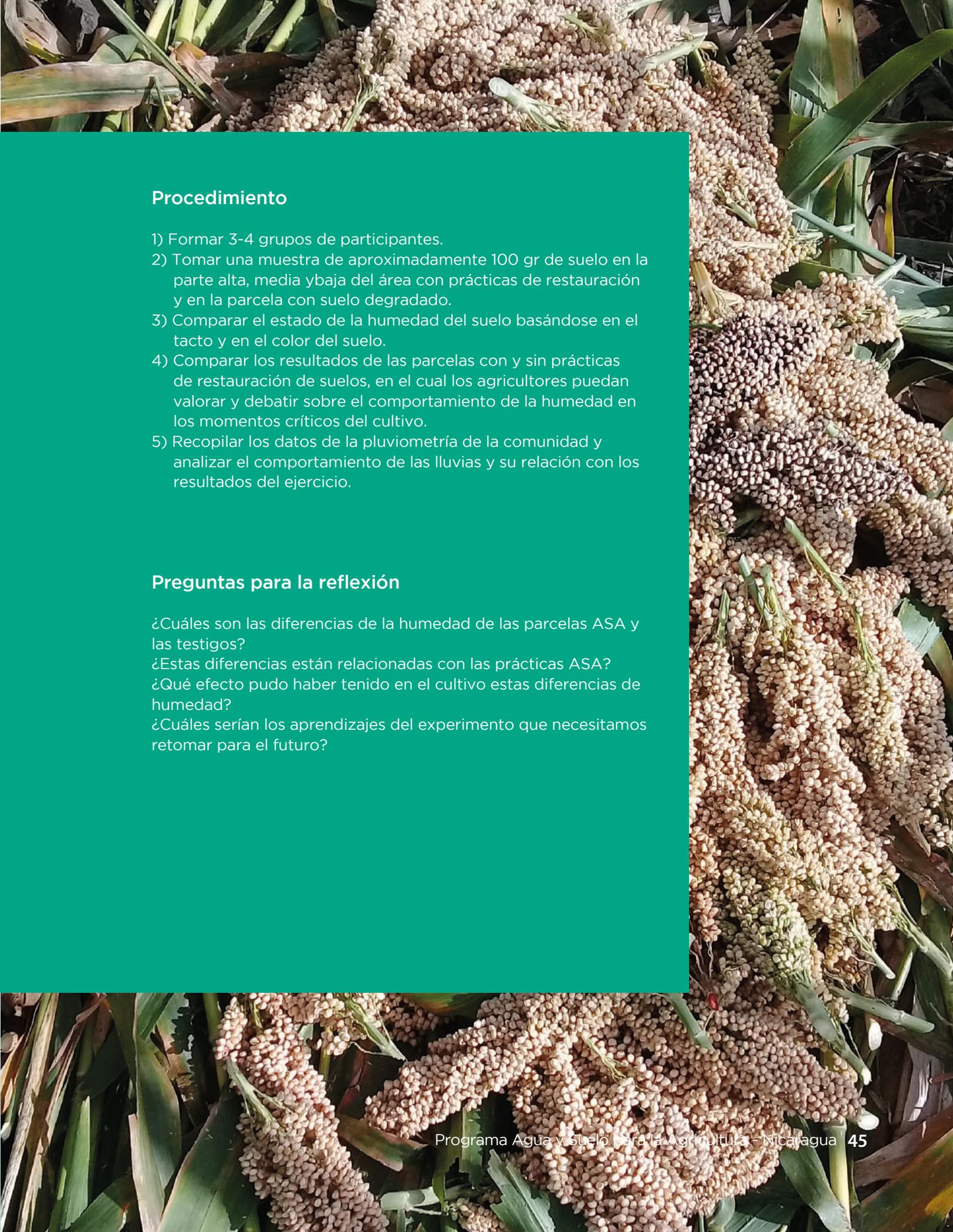


Con prácticas de restauración



Sin prácticas de restauración





Procedimiento

- 1) Formar 3-4 grupos de participantes.
- 2) Tomar una muestra de aproximadamente 100 gr de suelo en la parte alta, media y baja del área con prácticas de restauración y en la parcela con suelo degradado.
- 3) Comparar el estado de la humedad del suelo basándose en el tacto y en el color del suelo.
- 4) Comparar los resultados de las parcelas con y sin prácticas de restauración de suelos, en el cual los agricultores puedan valorar y debatir sobre el comportamiento de la humedad en los momentos críticos del cultivo.
- 5) Recopilar los datos de la pluviometría de la comunidad y analizar el comportamiento de las lluvias y su relación con los resultados del ejercicio.

Preguntas para la reflexión

¿Cuáles son las diferencias de la humedad de las parcelas ASA y las testigos?

¿Estas diferencias están relacionadas con las prácticas ASA?

¿Qué efecto pudo haber tenido en el cultivo estas diferencias de humedad?

¿Cuáles serían los aprendizajes del experimento que necesitamos retomar para el futuro?

4.4.Efecto de las prácticas de restauración de suelos en la infiltración del agua

Introducción

La velocidad de infiltración puede definirse como la capacidad de penetración de agua de un terreno desde la superficie al interior. En otros términos, es la relación entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo que tarda en infiltrarse esa lámina. Comúnmente suele expresarse en mm/h. La velocidad de infiltración no es uniforme, tiende a disminuir mientras transcurre el tiempo desde que comienza la aplicación de agua en el suelo.



Prueba de infiltración en parcela con (izquierda) y sin (derecha) prácticas de restauración. Infiltración 10 minutos después de llenar los cilindros con 500 cc de agua.

Inicialmente, al aplicar agua, el valor de infiltración es alto y, a medida que se incrementa el contenido de agua en el suelo, disminuye paulatinamente hasta llegar a un valor constante denominado velocidad de infiltración básica. La infiltración del agua en el suelo depende en gran medida de la textura, pero desde el momento inicial hasta llegar a la básica uno o más factores la pueden influenciar:

- a) Sellamiento superficial: La formación de una capa fina y compacta sobre la superficie del suelo reduce rápidamente la penetración de agua. Esta capa resulta de un rompimiento de la estructura del suelo, producido en parte por la acción de las lluvias o del riego por aspersión, y también por la acción del flujo del agua sobre la superficie, donde las partículas finas son fijadas alrededor de las partículas mayores formándose una capa impermeable.
- b) Compactación del suelo: Las labores de preparación de suelos pueden producir compactación y formación de capas impermeables denominadas 'pie de arado' exactamente debajo de la profundidad a que penetra el implemento. Este 'pie de arado' impide el movimiento de agua y reduce la velocidad de infiltración.
- c) Materia orgánica: La materia orgánica mantiene la porosidad del suelo durante periodos largos, depende del estado de descomposición en que se encuentra. De este modo la velocidad de infiltración puede disminuir más lentamente, mantenerse e incluso puede aumentar en la medida que pasa el tiempo. Las prácticas que aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo pueden conferirle este tipo de comportamiento.



Materiales

- 2 cilindros para medir infiltración del agua en el suelo
- 2 mazos de madera de 1 kilogramo de peso
- 2 recipientes de plástico con capacidad para 3-5 l
- 1 cronómetro

Procedimiento

- 1) Formar 2 grupos manteniendo proporción entre hombres y mujeres.
- 2) Entregar a cada grupo un cilindro y mazo y recipiente lleno de agua y un cronómetro.
- 3) Un grupo realizará la práctica de infiltración en una parcela con prácticas de restauración de suelos y otro grupo la realizará en una parcela sin prácticas de restauración de suelos.
- 4) Enterrar el infiltrómetro 5-10 cm en el suelo.
- 5) Poner 500 ml de agua y medir el tiempo de infiltración total del agua.
- 6) Poner nuevamente 500 ml de agua y medir el tiempo de infiltración.
- 7) Repetir las mediciones si es necesario durante un período de 20 minutos.
- 8) Hacer el cálculo del volumen infiltrado en el tiempo que duró el ejercicio.

Preguntas para la reflexión

- ¿En qué parcela la infiltración del agua en el suelo es mayor?
- ¿Cuáles pueden ser las razones de esas diferencias de los volúmenes infiltrados?
- ¿Cómo afectan las prácticas de restauración de suelos la infiltración del agua?

4.5. Comparación de sistema radicular de los cultivos en parcelas con y sin prácticas de restauración de suelos

Introducción

En los suelos agrícolas la producción de raíces está estrechamente relacionada con la salud del suelo. En la medida que el suelo tiene más contenido de materia orgánica y más agua disponible los cultivos podrán alimentarse de una mejor manera, teniendo el cultivo la oportunidad de desarrollar sistemas radiculares más grandes.

Las prácticas de ASA demuestran una mejoría en el crecimiento del sistema radicular de los cultivos. Es por eso, que el técnico y los productores en las Escuelas de Campo de Agricultores pueden realizar pequeños estudios con el propósito de descubrir los efectos que están teniendo las prácticas sobre el crecimiento de las raíces en los cultivos.



Sistema radicular de cultivo de maíz en parcelas sin prácticas de restauración de suelos

Sistema radicular de cultivo de maíz en parcelas con prácticas de restauración de suelos

Objetivo

Aprender con los agricultores que sucede con el desarrollo del sistema radicular de los cultivos en las parcelas con y sin prácticas ASA.

Materiales

- Papelones
- Marcadores permanentes
- Maskintape
- 2 sacos de nylon
- Cinta métrica

Procedimiento

- 1) Seleccionar 8 productores dispuestos a colaborar en la toma de las muestras de sus cultivos para aprender sobre las diferencias de los sistemas radiculares de sus cultivos en parcelas con y sin prácticas ASA. Procurar que los productores tengan diferentes niveles de cobertura.
- 2) Elegir al azar 5 plantas en cada parcela, arrancarlas con cuidado procurando no dañar el sistema radicular.
- 3) Medir el tamaño del sistema radicular, desde la base del tallo hasta la parte terminal de la raíz más larga. Extender las plantas de la parcela con prácticas ASA sobre un saco de nylon blanco y las plantas de la parcela sin prácticas ASA y sobre otro saco de nylon.
- 4) Rotular con los nombres de Parcela con y sin restauración de suelos, luego tomar una foto.
- 5) Realizar la medición de las raíces en dos momentos del ciclo del cultivo: 10 días después de la germinación y al momento de inicio de la floración.
- 6) Recopilar los datos de la pluviometría de la comunidad y analizar el comportamiento de las lluvias y su relación con los resultados del experimento.

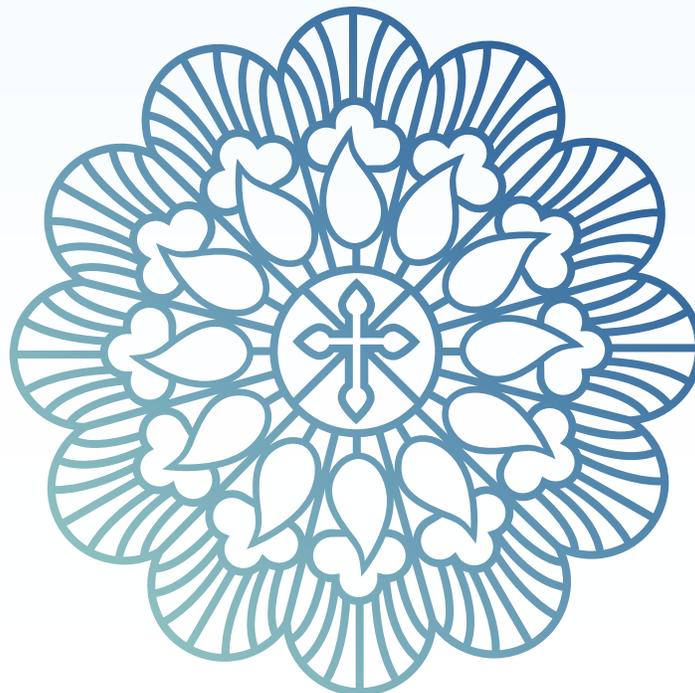
Preguntas para la reflexión

¿Cuáles son las diferencias del tamaño y abundancia de raíces del cultivo en la parcela ASA y la testigo?

¿Estas diferencias están relacionadas con las practicas ASA?

¿Cuáles son las prácticas ASA que se han realizado en cada parcela?

¿Cuáles serían los aprendizajes del experimento que necesitamos retomar para el futuro?



V. Ejercicios de Aprendizaje Sobre Manejo Integrado de la Fertilidad del Suelo

5.1. Inmovilización del nitrógeno cuando se depositan rastrojos al suelo

Introducción

Es un proceso contrario a la mineralización del nitrógeno (cambio de N orgánico a inorgánico: amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+), y surge como resultado del uso del nitrógeno por parte de los microorganismos para sus procesos metabólicos, el cual tendera a escasear si la relación carbono nitrógeno del material es alta disminuyendo la disponibilidad del nitrógeno inorgánico asimilable para las plantas, por lo cual se dice que se inmoviliza.

El suelo con mínima labranza con cobertura de residuos puede estar asociado con una menor disponibilidad del nitrógeno debido a una mayor inmovilización producida por los residuos dejados sobre la superficie del suelo. La fase de inmovilización neta cuando se siembra a cero labranzas puede ser transitoria, ya que la mayor inmovilización del nitrógeno reduce la oportunidad de que se presenten pérdidas por lixiviación y desnitrificación del nitrógeno mineral.



Objetivos

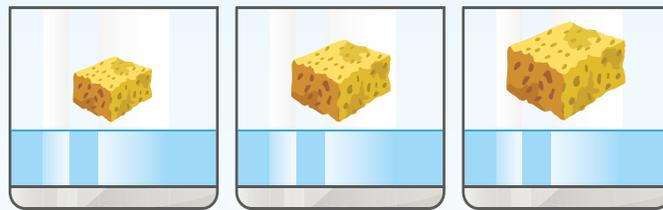
Que los participantes de la escuela campo se familiaricen con el término de inmovilización del nitrógeno, cuando se implementa agricultura de conservación.

Materiales

- Vasos de vidrio boca ancha
- Esponjas
- Papelones
- Marcadores
- Pinzas
- Jeringa

Procedimiento

- 1) El extensionista organiza a los participantes de la escuela de campo en semiluna, da la bienvenida y explica el objetivo de la práctica.
- 2) Luego les hace la pregunta ¿Qué han visto en el cultivo de maíz cuando el suelo tiene alta biomasa de material vegetal?, escribe en un papelón las repuestas de los productores. Luego discuten y reflexionan sobre lo que comentaron los productores.
- 3) El extensionista explica el proceso de mineralización e inmovilización del nitrógeno en el suelo. Menciona que hay ciertos periodos de tiempo, específicamente cuando se está descomponiendo el material vegetal donde el nitrógeno inorgánico se convierte en nitrógeno orgánico por las bacterias. Una vez que el material vegetal se ha descompuesto el nitrógeno inmovilizado vuelve a estar disponible para la planta.
- 4) Para la práctica de inmovilización se toman tres envases de vidrio, se le depositan 3 cm de agua combinado con 4 g de urea 46%. Se mide el volumen de agua depositado en cada envase con una jeringa.
- 5) Luego en cada envase se deposita una esponja de tres tamaños diferentes (27, 64, 91 cm³) representando a 3, 6, 7 ton/ha de biomasa vegetal. Se deja reposar por 10 minutos.



- 6) Con una pinza y con cuidado se saca cada una de las esponjas y con la jeringa se mide la cantidad de agua que quedo en el envase.



- 7) Luego en un papelón anotar por cada envase la cantidad de agua que inició y lo quedó después de que se sacó la esponja. Se obtiene la diferencia.
- 8) Luego el extensionista y los productores discuten los datos obtenidos del pequeño experimento. La absorción de agua que hace la esponja va a representar la cantidad de nitrógeno que se inmoviliza. Lo que queda en el envase es el nitrógeno disponible para las plantas.

Preguntas para la reflexión

- ¿Qué entiende por inmovilización del nitrógeno?
- ¿Explique el proceso por lo que se da la inmovilización de nitrógeno?
- ¿Qué síntomas se observan en los cultivos cuando hay inmovilización del nitrógeno?
- ¿Qué prácticas de manejo al cultivo se tienen que realizar para contrarrestar la inmovilización del nitrógeno?

5.2.Fertilización y nutrición vegetal

Introducción

El crecimiento de las plantas depende de la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo y de la interacción de los nutrientes con los factores climáticos y productivos, es por eso que el manejo adecuado de la nutrición de las plantas permite el incremento de la producción de los cultivos.

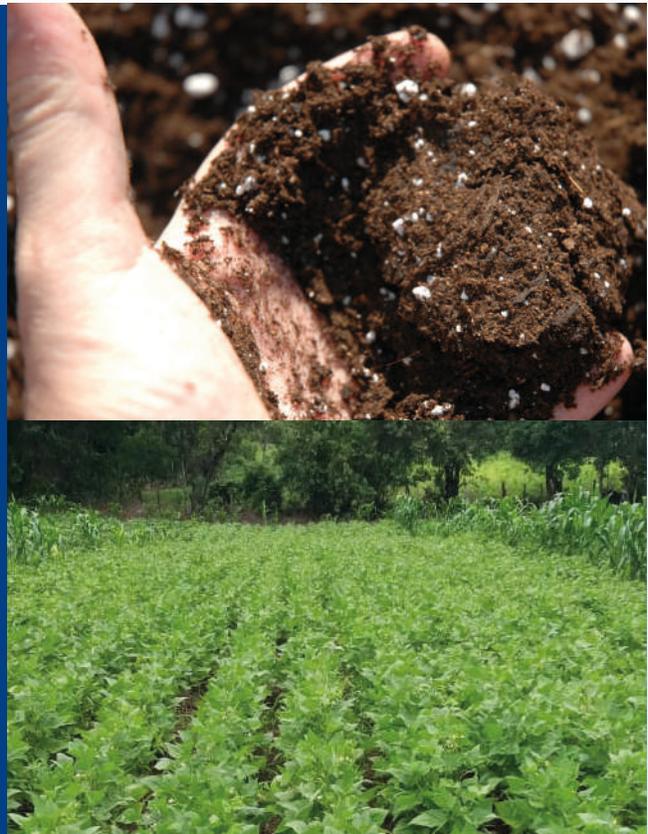
A medida que la producción agrícola se intensifica, se requiere más nutrientes para los cultivos, debido a que hay mayor absorción de éstos por las plantas, deben existir mayores reservas de los nutrientes en el suelo y que estén disponibles al momento que las plantas lo requieran.

El uso excesivo de nutrientes y el manejo deficiente de los sistemas de producción significan pérdidas para el productor. Así mismo, el suministro inadecuado e insuficiente de nutrientes a las plantas crea un agotamiento de las reservas de nutrientes en el suelo, lo que también se traduce en pérdidas económicas para el productor.

Diferencia entre Fertilización y Nutrición Vegetal

Fertilización: Consiste en la aplicación de los fertilizantes al suelo y se convierten en formas asimilables para que la planta los pueda absorber crecer, desarrollar y producir alimentos.

Nutrición Vegetal: Se relaciona al comportamiento del cultivo después que se hace la aplicación de fertilizantes. Ejemplo cuando se aplica la urea en una planta maíz se observa como la planta reacciona con la aplicación del fertilizante.



Objetivo

Que los participantes puedan diferenciar los términos de Fertilización y Nutrición Vegetal.

Materiales

- Bolsas de polietileno para frutales (18 x 25 cm)
- Urea 46%
- Plantas de maíz sin aplicación de urea
- Plantas de maíz con aplicación de urea
- Papelones
- Marcadores

Procedimiento

- 1) El extensionista junto con el promotor, 25 días antes de realizar la sesión de escuela de campo establecen plantas de maíz en bolsas de polietileno de tamaño de 18 x 25 cm (mínimo cuatro bolsas).
- 2) El llenado de las bolsas preferiblemente con suelo de baja fertilidad.
- 3) En cada bolsa se establecen dos semillas de maíz, a los 10 días de germinado se elimina la planta más débil.
- 4) Cinco días después del raleo, a la mitad de las plantas se realiza aplicación de urea, aproximadamente seis gramos por bolsa y a la otra mitad no se le aplica urea.
- 5) El día de la sesión de escuela de campo se llevan las plantas de maíz con o sin aplicación de urea.
- 6) El extensionista realiza preguntas al grupo, qué entienden sobre los conceptos de fertilización y nutrición vegetal y la diferencias entre ellos, realiza las anotaciones en un papelón.
- 7) Se hace la discusión sobre la definición de los términos el extensionista explica al grupo la definición de cada término y la diferencia entre ellos.
- 8) Se realiza la práctica de fertilización en plantas de maíz sin fertilización (explicando de esta manera el termino fertilización) y luego tomando las plantas fertilizadas de antemano el extensionista explica al grupo el efecto que tiene la urea en la planta de maíz tanto de manera interna y externa (explicando el término de nutrición vegetal).
- 9) También para reforzar el tema el extensionista puede buscar en la comunidad plantas de maíz sin fertilización y con fertilización, y así ver las diferencias entre altura de planta, número de hojas, coloración de las hojas, aspecto de la planta, tamaño de las raíces, entre otros.



Preguntas para la reflexión

¿Qué entienden por fertilización?

¿Qué entienden por nutrición vegetal?

¿Qué características se observa en una planta de maíz fertilizada con urea?

5.3.Ley del mínimo de la fertilidad de suelos

Introducción

La Ley del mínimo o Ley de Liebig dice que el rendimiento está determinado por el elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad. Además, un exceso en cualquier otro nutriente no puede compensar la deficiencia del elemento nutritivo limitante. En otras palabras, la deficiencia de un nutriente puede no ser cubierta por el exceso de otro nutriente.

Entonces, los 17 elementos esenciales deben estar presentes en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos del cultivo en crecimiento.

Este Principio general de la fertilización de cultivos, pone en evidencia la relación entre los elementos nutritivos y la necesidad de alcanzar una riqueza suficiente en cada uno de ellos, para que pueda obtenerse el rendimiento óptimo.

La interacción entre elementos nutritivos es positiva cuando el efecto producido por un conjunto de dos factores, en este caso nutrientes, es superior a la suma del efecto de los dos factores considerados aisladamente. De esta manera, si se satisfacen las necesidades de un cultivo en potasio se asegura la eficacia de la fertilización con nitrógeno. De este modo, la presencia de sulfato y nitrato amónico favorecen la solubilidad del fósforo.

Objetivo

Al finalizar la práctica los productores entiendan que el nutriente que está en menor proporción en el suelo es el que determina el rendimiento de los cultivos.

Materiales

- Botellas de plástico de 3 litros
- Marcadores
- Tapa gotera en cinta
- Pedazo de alambre
- Agua

Procedimiento

- 1) El extensionista organizará a los participantes en un semicírculo para que haya mayor visualización de las actividades a realizar.
- 2) Discusión con los participantes los términos de fertilización y nutrición. Fertilización: Consiste en la aplicación de los fertilizantes al suelo y se convierten en formas asimilables para que la planta los pueda absorber crecer, desarrollar y producir alimentos. Nutrición: Se relaciona al comportamiento del cultivo después que la planta absorbe los nutrientes.
- 3) El extensionista dará a conocer a los participantes que existen leyes de la fertilidad como son la ley del anticipo, ley del mínimo, ley del máximo, ley de los aumentos decrecientes, ley de la restitución, ley de la prioridad biológica.



El extensionista explicará a los participantes que para determinar que nutriente es el deficitario se tiene que realizar un análisis de suelo. No necesariamente el nutriente que se está aplicando es el determinante para el rendimiento del cultivo.

Preguntas para la reflexión

¿Cuál es la diferencia entre fertilización y nutrición?
¿Qué entendió de ley del mínimo de la fertilización?
¿Cuáles son las otras leyes de la fertilidad?

5.4. Diagnóstico visual de deficiencias de nutrientes en las plantas

Introducción

¿Por qué se producen las carencias de los nutrientes?

Las carencias de los nutrientes pueden ser debidas a diversos fenómenos que ocurren dentro del suelo entre los cuales tenemos:

- 1) Suelos Pobres: Hay poca cantidad de ese o esos elementos en el suelo, esto ocurre en suelos que han perdido su fertilidad debido a la erosión continúa provocada por el mal manejo de los suelos.
- 2) El pH del suelo: Algunos elementos están en el suelo en cantidad suficiente, pero no está disuelto en agua.
- 3) Antagonismos entre elemento: El antagonismo es el aumento por encima de cierto nivel de la concentración de un elemento que reduce la absorción de otro.
- 4) Capacidad de Intercambio catiónico: A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su capacidad de intercambio catiónico. Los suelos de alta capacidad de intercambio catiónico son considerados más fértiles ya que pueden retener más nutrientes.

Nutriente	Disminuye la asimilación de:	Aumenta la asimilación de;
NH ₄ ⁺ (Amonio)	Mg, Ca, K, Mo	Mn, P, S (Azufre), Cl
NO ₃ ⁻ (Nitrato)	Fe, Cu, Cl (Cloro)	Ca, Mg, K, Mo
P (Fósforo)	Cu, Zn	Mo
K (Potasio)	Ca, Mg	Mn (suelos ácidos)
Ca (Calcio)		Mn (suelos alcalinos)
(Mg) Magnesio	Ca, K	Mo
(Fe) Hierro	Cu, Zn	K
(Zn) Zinc	Cu, P	
(Cu) Cobre	Zn, Mo, P	
(Mn) Magnesio	Zn, Ca, Mo	
(Mo) Molibdeno	Cu, Mn	

Antagonismo y sinergismo entre nutrientes

Diagnóstico de la deficiencia de nutrientes

El diagnóstico visual requiere de un enfoque sistemático. Aunque existen catorce elementos que expresan síntomas de deficiencia, el diagnóstico de estos puede ser simplificado evaluando el tipo de síntoma (clorosis, enanismo y otros), y localización del síntoma (hojas viejas, hojas jóvenes, puntos de crecimiento).

Algunos de los tipos de síntomas son:

- 1) Clorosis o amarillamiento uniforme o en los bordes: El síntoma más común se debe a una falta en el desarrollo de la clorofila. Las hojas cloróticas varían su color desde un verde claro a un color amarillo.
- 2) Clorosis intervenal: Las venas de la hoja se mantienen verde mientras el tejido entremedio de las hojas se torna amarillo.
- 3) Necrosis: Ocurre muerte o secamiento del tejido asociada con deshidratación y descoloración de los órganos de la planta. Daños asociados con sequía, herbicidas, enfermedades y exceso de sales también pueden causar necrosis.
- 4) Enanismo (achaparramiento): Una reducción en la tasa de crecimiento está asociado a casi todos los síntomas nutricionales, pero también se puede confundir con la presencia de enfermedades virales en las plantas. La forma del enanismo puede variar con la deficiencia.
- 5) Coloración anormal: Algunas deficiencias nutricionales están caracterizadas por coloraciones rojas, púrpura, marrones o verde-oscuro. Coloración rojiza, púrpura se debe a la acumulación de antocianina en el tejido.

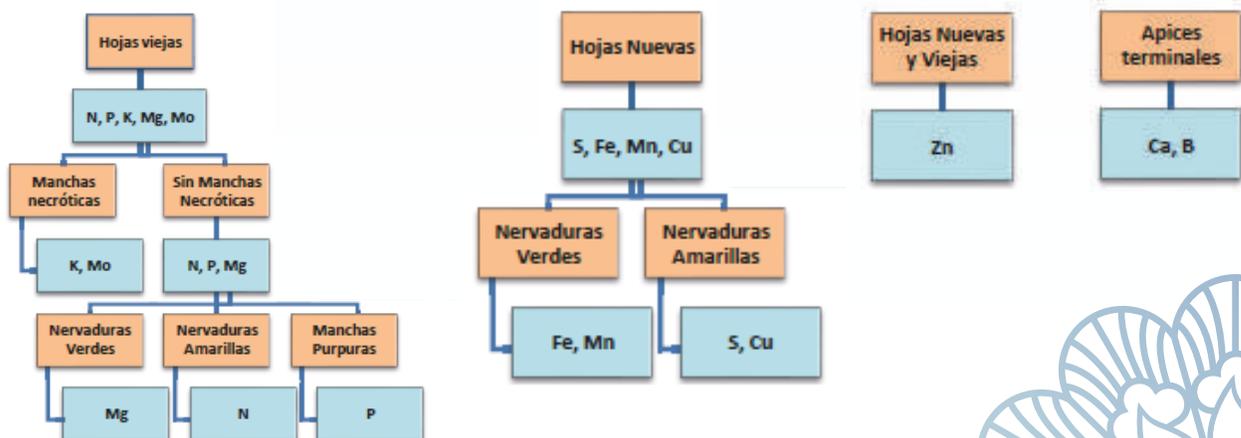
Movilidad de los nutrientes dentro de la planta

Otro aspecto importante que considerar en nutrición vegetal es la movilidad de los elementos dentro de la planta:

Según la movilidad de los nutrientes dentro de la planta se pueden clasificar en:

- 1) Elementos móviles: Retrasladado desde las hojas viejas a las partes nuevas en todas las condiciones. En este grupo tenemos Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Molibdeno; en estos tipos de elementos los síntomas de deficiencia se muestran en las hojas más viejas, las plantas los translocan hacia la zona de nuevo crecimiento.
- 2) Elementos poco móviles: Retrasladado desde las hojas viejas a las partes nuevas sólo en ciertas condiciones. En este grupo tenemos el Azufre, Zinc, Cobre, Calcio, Boro, Manganeso y Molibdeno, en estos elementos los síntomas de deficiencia se muestran en las hojas más nuevas, debido a que la planta se le dificulta trasloca dichos elementos hacia los puntos de crecimiento.

Lugar y tipo de síntomas de las deficiencias de nutrientes



Objetivos

Que los participantes puedan diagnosticar las deficiencias nutricionales en los cultivos.

Materiales

- Marcadores
- Papelones
- Fotografías de plantas en maíz con deficiencias de nutrientes
- Plantas de maíz con deficiencia de nutrientes (Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Magnesio y Azufre).

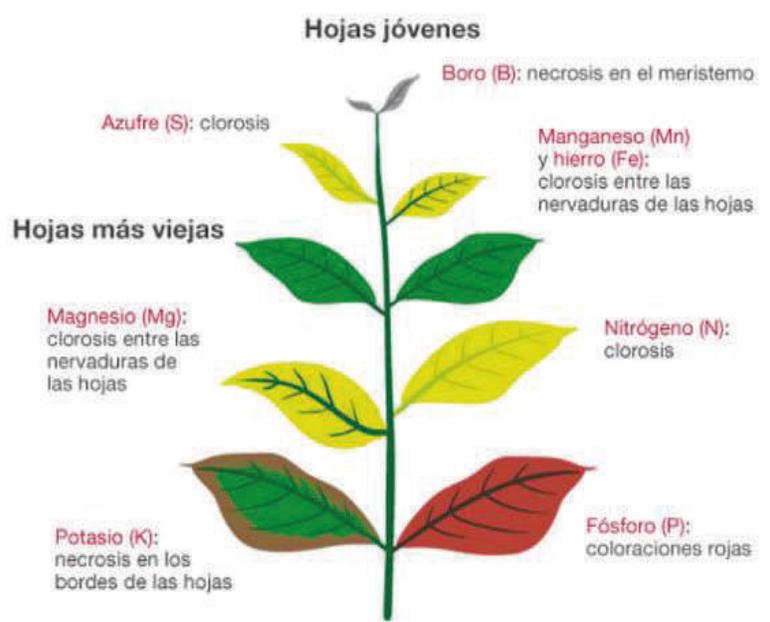
Procedimiento

1) El extensionista hará una explicación sobre el diagnóstico de las deficiencias nutricionales de los cultivos, muchas veces se pueden confundir con otros factores, por ejemplo, variedades de la misma especie pueden presentar síntomas diferentes.

2) Posteriormente el extensionista explicará cómo se mueven los nutrientes dentro de la planta. Hay nutrientes que son móviles dentro de la planta como el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Molibdeno. Otros son poco móviles dentro de la planta como el Azufre, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Calcio y Boro.

3) Luego explicar al grupo de productores que los nutrientes que son móviles dentro de la planta los síntomas de deficiencias se observan en las hojas de abajo o más viejas, esto se debe al fácil traslado de los nutrientes de las hojas viejas a las nuevas. Los nutrientes que son poco móviles dentro de la planta, los síntomas se observan en las hojas intermedias, en las hojas más nuevas y puntos de crecimiento de la planta.

4) El extensionista hace la explicación de las diferencias en los síntomas de deficiencia de nutrientes que muestran los síntomas en hojas viejas (Fósforo, Potasio, Nitrógeno, Molibdeno y Magnesio). Para esto se apoya de plantas de maíz que muestran los síntomas. Explicar a los productores los síntomas de Fósforo; se presentan coloraciones de color rojiza, iniciando en los bordes de las hojas hacia el centro. El Potasio; los síntomas de deficiencia inician de los bordes hacia el centro de la hoja, acompañado de necrosis. Los síntomas de Nitrógeno; se muestran con color amarillamiento iniciando del centro de la hoja hacia los bordes, las nervaduras también se tornan de un color amarillo. Para el Magnesio; se muestra con decoloraciones en toda la hoja, pero las nervaduras permanecen verdes.



- 5) El extensionista le explica al grupo los síntomas de deficiencia de los nutrientes poco móviles en la planta; Azufre, Hierro, Manganeso, Zinc y Cobre, y que los síntomas de deficiencia se presentan en las hojas nuevas.
- 6) Hay un tercer grupo de nutrientes como son; el Boro y el Calcio, y que los síntomas de deficiencia se presentan en los o puntos terminales de las plantas (ápices o meristemos).



La ventaja del diagnóstico visual es rápido, sencillo, económico y siempre está disponible, y las limitaciones es que los síntomas de algunas deficiencias no están muy bien definidos o por lo general son visibles cuando la deficiencia es demasiado grave. Otros factores como el clima, las plagas o las enfermedades enmascaren los síntomas de la deficiencia y/o alteran la aparición de otras.

Preguntas para la reflexión

- ¿Por qué se presentan las carencias de nutrientes en el suelo?
- ¿Por qué es importante conocer la movilidad de los nutrientes dentro de la planta?
- ¿Si los nutrientes son móviles, dónde se presentan los síntomas de deficiencia y si son poco móviles dónde?
- ¿Cuáles son los nutrientes móviles dentro de la planta y cuáles son los pocos móviles?
- Mencione las diferencias de síntomas de Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Magnesio.



5.5. Medición de pH del suelo con papel indicador

Introducción

La acidificación de los suelos es un proceso dinámico que engloba la acción de factores naturales (edáficos, climáticos y biológicos) y antropogénicos (derivados de la acción del hombre). Este proceso puede ser acelerado con la práctica de la agricultura, por la producción de cultivos intensivos y las prácticas de manejo del suelo. El uso frecuente de fertilizantes amoniacales de reacción ácida, la lixiviación de nitratos y la remoción de cationes por las plantas, han conllevado a aumentar la acidez de los suelos. Una alternativa para reducir la acidez del suelo es la aplicación de cal agrícola, sin embargo, los costos pueden resultar elevados. Alternativamente, pueden adoptarse prácticas agrícolas que ayuden a reducir la tasa de acidificación de los suelos.

Las tiras para determinación de pH están constituidas por una matriz de papel o polímero sintético impregnado con reactivos que cambian su color a diferentes pH. La medición de pH con tiras es una metodología rápida y económica, y es una opción razonable cuando la precisión de las determinaciones requiere una sensibilidad igual o mayor a 0,5 unidades de pH. La principal limitante de este método es la capacidad del ojo humano, que sólo es capaz de discriminar el cambio de color de la sustancia indicadora de pH. Además, la precisión de la determinación de pH con tiras es afectada por la concentración de sales, por la temperatura y por la reacción con sustancias orgánicas.

Las tiras de pH llevan colores al que le corresponde un número, que va del 1 al 14. Cuando las introducimos en la disolución que queremos medir, cogerá un color. Luego es cuestión de comparar con la tabla que viene en la caja. Es un método muy simple.



Objetivo

Que los participantes conozcan y realicen el método de la cinta para la medición de pH del suelo.

Materiales

- Tiras de pH
- Agua destilada
- Pala o barreno
- Balde
- Recipientes de un litro
- Balanza o pesa
- Probeta

Procedimiento

1) Toma de la muestra de suelo

Para tomar la muestra de suelo, se utiliza la metodología usada para recolectar la muestra de suelo para análisis químico de suelo enviada al laboratorio. Si se va a muestrear un lote grande las tomas en el área se realiza el recorrido en zig-zag sobre el terreno. Se recomienda realizar de 20 a 25 tomas por manzana. Para la toma de muestras se debe alejar de caminos, cercas, estiércol de animales, material vegetal en descomposición, ya que estos materiales podrían afectar los resultados de los análisis. En cada sitio de muestreo se recomienda limpiar la superficie del área a muestrear.

Si la prueba la va a realizar en la parcela ASA versus testigo realice ocho tomas por tratamiento.

La tierra que se extrae de cada toma se deposita en un balde plástico limpio y se mezclan para obtener la muestra representativa del área a cultivar. Realizar la mezcla de las tomas hasta lograr una buena homogenización. De esta mezcla homogenizada se toman 500 gramos y se depositan en una bolsa plástica que será la muestra que vamos a utilizar para determinar el pH.



Las muestras de 500 gramos deben ser secadas al sol (40°C) por 48 horas. Se debe desbaratar bien hasta que queden partículas de 2 mm.

Si usted quiere comparar tratamientos tiene que tener una muestra del tratamiento ASA y una muestra del tratamiento Testigo.

En el grupo de la ECA, también los productores pueden llevar muestras de sus parcelas para realizar comparaciones.

2) Preparar la muestra para lectura del pH

Se toman 100 gramos de suelo de la muestra y se mezcla con 250 cc de agua destilada (Beretta et al., 2014). Se remueve bien la mezcla por tres minutos hasta que quede bien disuelta. Cada muestra de deja reposar por 20 minutos hasta quedar un sobrenadante en el recipiente.

Se sumerge la tira en el sobrenadante por no más de cinco segundos y se deja orear por 10 segundos para realizar la medición. Al momento de medir el pH con tiras se compara el color desarrollado con la escala provista por el fabricante.

Preguntas para la reflexión

¿Cuál es la importancia de conocer el pH del suelo?

¿Cuáles son las diferencias entre el pH del tratamiento y el tratamiento testigo?

¿Hay diferencias entre el pH de las parcelas del grupo que participan en la escuela de campo?

¿Cuál es el pH más adecuado para la mayoría de los cultivos?

Si un suelo sale ácido ¿qué prácticas de manejo debemos de realizar?

5.6. Origen de los nutrientes que requieren las plantas

Introducción

Las plantas elaboran su biomasa usando agua, dióxido de carbono tomado del aire, energía solar, agua y nutrientes extraídos del suelo (fotosíntesis). Para un óptimo crecimiento de la planta, los nutrientes deben poseer las siguientes características: solubles en el agua contenida en el suelo, en cantidades adecuadas y equilibradas, de acuerdo con el momento de demanda del cultivo y de forma accesible al sistema radicular.

El suelo contiene reservas naturales de nutrientes en cantidades que dependen de la composición del suelo y de su etapa de formación. Estas reservas están generalmente en forma inaccesible para las plantas y sólo una pequeña porción se libera cada año a través de una actividad biológica o un proceso químico. Las cantidades de nutrientes disponibles para un cultivo están determinadas por; fuente interna o externa de nutrientes, por la absorción del cultivo y por las pérdidas de nutrientes hacia el medio ambiente. De esta manera, la reserva de los nutrientes de las plantas está cambiando constantemente.

La capacidad del suelo de almacenar los nutrientes de las plantas que son fácilmente disponibles es un factor importante en el manejo de la nutrición de las plantas. Los análisis químicos ofrecen una aproximación de las reservas del suelo y su precisión está relacionada con el tipo de suelo, las condiciones del cultivo y la especie que se cultiva.



Las plantas toman los nutrientes principalmente de:

1. Dióxido de Carbono: El dióxido de carbono aporta carbono y oxígeno.
2. Reservas naturales del suelo: Composición del suelo, elementos disponibles y cambiables (las arcillas y la materia orgánica, son la fuente de reserva del suelo por ser de naturaleza coloidal) y de las condiciones meteorológicas
3. Fertilizantes minerales: Una amplia gama de abonos simples y compuestos y, micronutrientes quelatados y complejos y en menor medida los fertilizantes orgánicos (aminoácidos y hormonas).
4. Abonos foliares: El abono foliar llega a nutrir la planta mediante un proceso de tres pasos, en el cual los nutrientes van siendo absorbidos por cada capa de la planta hasta llegar al citoplasma.

5. El agua de riego: Gran cantidad de agua circula por las plantas (uso consuntivo) aportando principalmente elementos como calcio, magnesio, potasio, nitratos, sulfatos y boro, especialmente el Hidrógeno y Oxígeno.
6. Fuentes orgánicas: Descomposición y mineralización de residuos vegetales y animales del suelo. Estos pueden ser naturales (reciclaje) o incorporados. Aquí está incorporado la agricultura de conservación.
7. Precipitación pluvial: Especialmente nitrógeno. El agua de lluvia puede captar y llevar el nitrógeno atmosférico hacia la tierra e incorporarse al sistema suelo-planta.
8. Microorganismos: Fijación biológica (nitrógeno), micorrizas (fósforo), reacciones óxido reductivas de los elementos.
9. Aplicación de fungicidas: Muchos fungicidas aplicados a la planta contiene microelementos como cobre, magnesio y azufre que son absorbidos por la planta para darle resistencia a enfermedades.

Objetivos

Que los participantes conozcan el origen de los nutrientes que son utilizados por las plantas para que expresen un buen crecimiento y desarrollo.

Materiales

- Suelo normal (preferible arcilloso)
- Piedra proveniente de una huerta
- 100 gramos de fertilizante 18-46-0
- 100 gramos de Urea 46%
- 100 gramos de muriato de potasio
- Abono foliar: puede ser Bayfolan, triple 20 o caldo
- Agua que están utilizando para riego
- Abono orgánico
- Residuos vegetales
- Agua de lluvia
- Estiércol de ganado
- Un fungicida, principalmente un carbamato (Mancozeb)
- Una planta de leguminosa que presente alta modulación
- Bolsa con aire
- Una mesa
- Papelones
- Marcadores



Procedimiento

- 1) El extensionista organiza a los productores participantes de la escuela de campo en forma de medialuna, da la bienvenida y explica el objetivo de la actividad.
- 2) El extensionista les hace la pregunta a los participantes ¿Qué es un nutriente?, copia en un papelón las repuestas de los productores. Luego hace un resumen de la repuesta de los productores y hace una explicación de lo que es un nutriente.
- 3) Luego el extensionista realiza otra pregunta ¿Cuáles son los nutrientes que requiere la planta para un normal crecimiento y desarrollo? En un papelón anota los aportes de los productores y luego hace un resumen y menciona que la plantas requiere 17 nutrientes para su normal desarrollo.

- 4) Posteriormente el extensionista realiza una tercera pregunta a los productores ¿De dónde provienen los nutrientes que la planta necesita para el crecimiento y desarrollo?. El extensionista anota en un papelón los aportes de los productores y hace un resumen.
- 5) Luego le presenta los materiales de donde provienen los nutrientes. Primero presenta el agua para riego y la bolsa con aire y explicando que el carbono, Hidrógeno y oxígeno la planta lo capta del agua y dióxido de carbono, y no es necesario aplicarlo en forma de fertilizante, por eso es necesario que el cultivo no sufra estrés por falta de agua. en el agua de riego pueden aportar otros nutrientes como: Calcio, Magnesio, Potasio y otros.
- 6) Luego les presenta una piedra y suelo proveniente de una huerta y les explica que la mayoría de los nutrientes que la planta requiere proviene de la meteorización de las piedras y que los nutrientes que están en el suelo dependen de la composición de la roca, por eso es que hay suelos que muestran alto contenidos de uno o varios nutrientes, pero deficitarios en otros.
- 7) El extensionista divide a los productores en dos subgrupos y les muestra los siguientes materiales: suelo normal, piedra, 50 gramos de 18-46-0, 50 gramos urea 46%, 50 gramos de Muriato de potasio, caldo visoso, abono foliar, agua de riego, agua de lluvia, abono orgánico, estiércol de ganado, abono foliar, agua de riego, residuos orgánicos, planta leguminosa. ¿El trabajo consiste en lo productores identifiquen los materiales que son fuentes de nitrógeno y de los que seleccionen cuáles son los que más aportan nitrógeno? En un papelón los productores hacen una presentación sobre lo que trabajaron, después que presenten los dos subgrupos, se hace la discusión y reflexión sobre lo que presentó.
- 8) Después el extensionista le pide a un productor que arranque una planta de leguminosa, le muestra los nódulos y le hace una pregunta al grupo. ¿Cuál es la función de los nódulos en las leguminosas?.
- 9) Después describe la importancia de los rastrojos como restauradores de suelo e incrementando los contenidos de nitrógeno en el suelo.
- 10) Al final explica cuáles son otras fuentes de nutrientes que existen como los fertilizantes, abonos foliares, fungicidas, estiércol del ganado, agua de riego, agua de lluvia.



Preguntas para la reflexión

- ¿De dónde capta el Hidrógeno, oxígeno y el carbono las plantas?
- ¿De dónde pueden captar el nitrógeno las plantas?
- ¿Por qué es importante incluir la Canavalia en asociación con el cultivo de maíz?
- ¿Qué pasa con el nitrógeno cuando se incrementa la cantidad de rastrojos en el suelo?
- ¿Cuáles son las otras fuentes de nutrientes para las plantas?

5.7. Clasificación de los fertilizantes

Introducción

Tanto los agricultores, como las personas en general, manejan fertilizantes periódicamente para favorecer el desarrollo de los cultivos, ya sea que trate de un pequeño jardín o de una gran plantación agrícola. La ventaja es que existe una gran variabilidad de abonos para que prosperen en óptimas condiciones de suelo y clima.

Las plantas toman sus nutrientes del aire y del suelo. Si este abastecimiento es considerable, los cultivos progresarán bien y ocasionarán mayor rendimiento. Si alguno de los nutrientes indispensables es insuficiente, la evolución es limitada y los beneficios de la siembra muy reducidos. Por ello, se hace necesario el uso de fertilizantes, para proveer a los cultivos de los nutrientes faltantes y así alcanzar alta productividad.

¿Qué es fertilización?

Es poner a disposición de las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento y en cantidades adecuadas.

¿Qué son los fertilizantes?

Se denomina fertilizante a todo aquel compuesto que contribuye a la nutrición de las plantas al ser agregado al suelo, que es la forma de aplicación más común, o aplicado directamente sobre la planta. Además de agua, aire y luz, los vegetales necesitan para crecer y desarrollarse nutrientes minerales, algunos en mayor cantidad, y otros en proporciones más bajas.



Clasificación de los fertilizantes

Los fertilizantes se pueden clasificar sobre la base de diferentes criterios.

Un criterio tradicional es el que toma en consideración el nutriente que se desea aportar:

- Fertilizantes nitrogenados: urea, amoníaco, nitrato de amonio
- Fertilizantes fosforados: superfosfato simple, superfosfato triple
- Fertilizantes azufrados: yeso (sulfato de calcio)
- Fertilizantes potásicos: cloruro de potasio
- Fertilizantes compuestos: (proveen más de un nutriente): nitrofosfatos, NPK

Lugar donde el fertilizante será aplicado:

- Fertilizantes edáficos: se incorporan al suelo, luego las raíces de las plantas los absorben y los distribuyen a todos los órganos
- Fertilizantes foliares: se aplican sobre las hojas de los cultivos.

Por su formulación

- Sólido
- Líquido
- Granulado: en pastillas (por lo general, estos son de liberación más lenta)

Por su origen:

- Químico: Proviene de procesos químicos comerciales. Ej: Fertilizante 18-46-00.
- Orgánico: Proviene de la transformación de residuos orgánicos. Ej: Compost.

Por su composición

- Simple: Cuando contiene un solo nutriente. Ej: Urea
- Compuesto: Cuando contiene más de dos nutrientes. Ej: fertilizante 15-15-15

Objetivos

Al finalizar la práctica los participantes estarán en capacidad de conocer la clasificación de los fertilizantes, mencionando ejemplos e Identificar en muestras de fertilizantes los nutrientes que lo forman e indicar las proporciones de cada nutriente.

Materiales

- Muestras de los fertilizantes usados por el agricultor
- Cinta adhesiva
- Marcadores
- Papelones
- Mesa
- Rotafolio o pizarra

Procedimiento

- 1) Se ubican a los participantes en semiluna al frente de una pizarra o rotafolio. Para mayor comodidad se debe tener una pequeña mesa donde se pondrán los diferentes tipos de fertilizantes.
- 2) Ya organizados los participantes realizar la siguiente pregunta; ¿por qué fertilizamos?, ¿con qué aportamos los macros y micronutrientes a las plantas?. Anotar las respuestas en papelones.
- 3) En plenaria con los participantes definir el concepto de fertilización y de fertilizantes.
- 4) Formar grupos y entregar las muestras de diferentes fertilizantes.
- 5) Pedir a los grupos que realicen las siguientes actividades: (Anotarlos en papelón)
 - a) Clasificar las muestras en fertilizantes que se aplican al suelo y las que se aplican a las hojas,
 - b) Identificar cuáles son orgánicos y cuáles son químicos y,
 - c) Seleccionar a los fertilizantes simples y compuestos.
- 6) En plenaria analizar la clasificación de los fertilizantes por su composición, origen y aplicación y nutriente que contiene. Por ejemplo, la Urea 46%, contiene nitrógeno; por su aplicación: al suelo; por su origen: químico y por su composición: simple, por su formulación: sólido.

Preguntas para la reflexión

¿Qué es fertilización?

¿Qué es un fertilizante?

¿Qué son los fertilizantes foliares?

¿Cómo se clasifican los fertilizantes en base a su origen?, ¿En base a su composición?,

¿En base a los nutrientes que aporta?



5.8. Qué significan las fórmulas de los fertilizantes

Introducción

N-P-K (Nitrógeno, Fósforo y Potasio), son los 3 ingredientes más abundantes que encuentras en todas las etiquetas de fertilizantes. Siempre están en ese orden, N-P-K. Los verás en la etiqueta como 3 números, como: 10-30-10 o 15-15-15 o 18-46-0. ¿Qué significa y cómo sabes qué fórmula necesitas?. El primer ejemplo: 10-30-10 significa que, si tuvieses 100 libras de ese fertilizante, habría 10 libras disponibles de Nitrógeno, 30 libras de Fósforo (como pentaóxido de difósforo - P_2O_5) y 10 libras de Potasio (como dióxido de potasio). Las 50 libras restantes son ingredientes inactivos de los otros elementos que componen la molécula del fertilizante como son Hidrógeno, Carbono y Oxígeno.



Objetivo

Fortalecer los conocimientos de los productores en lo que se refiere a las fórmulas de fertilizantes.

Materiales

- Sacos con diferentes fórmulas de fertilizantes
- Muestras de diferentes fórmulas de fertilizantes
- Tarjetas de cartulinas de colores o papelógrafos
- Marcadores permanentes

Procedimiento

- 1) Dividir al grupo en subgrupos según sea la cantidad de sacos con fórmulas de diferentes fertilizantes, preferiblemente las que se utilizan en la zona en la que se desarrolla las sesiones de la escuela de campo.
- 2) Entregar varias tarjetas de cartulina o un papelógrafo para que cada grupo interprete a su manera el significado de las fórmulas que vienen impresas en los sacos o bolsas.
- 3) El facilitador apoya a los grupos que no logran entender las fórmulas que les toca interpretar, el apoyo debe hacerse a través de una comunicación horizontal.
- 4) Cuando los grupos han interpretado las fórmulas de los fertilizantes, el facilitador pide que cada grupo exponga la interpretación que realizó, el resto de los grupos realiza preguntas al grupo exponente.
- 5) Cuando los grupos han realizado las exposiciones, el facilitador hace un resumen apoyado de los materiales creados por los agricultores.

Preguntas para la reflexión

¿Por qué es importante conocer el significado de las fórmulas de los fertilizantes?
¿Qué significan estas fórmulas: 18-46-0, 12-30-10, 20-20-20, 15-15-15, 46-0-0, 0-0-60 y 12-61-0?
¿Qué podemos hacer para conocer las deficiencias de los nutrientes en las plantas?

5.9. Cómo medir la solubilidad de los Fertilizantes

Introducción

La solubilidad en agua constituye un parámetro universalmente aceptado como criterio de aprovechabilidad. Los fertilizantes que exhiben un nivel significativo de solubilidad en agua se denominan hidrosolubles. Sin embargo, este no es el único criterio válido, pues también se reconoce la solubilidad en citrato de amonio neutro o en ácido cítrico como índice de disponibilidad del Fósforo en los abonos fosfóricos. Los abonos con baja o nula solubilidad en agua, pero con alta solubilidad en citrato o ácido cítrico se denominan citrosolubles.

La solubilidad inherente al portador nutricional del abono constituye tan sólo uno de los factores que inciden en la intensidad con que ocurre el fenómeno de disolución del fertilizante en el suelo.



Otros factores involucrados son los siguientes:

- Disponibilidad de agua en el suelo
- Características del suelo
- Temperatura
- Tamaño y tipo de partícula
- Tecnología de aplicación del abono

La solubilidad se refiere a los gramos de fertilizante que se pueden solubilizar en una cantidad determinada de agua, depende de del tipo sal o compuesto fertilizante y de la temperatura del agua. Es la cantidad máxima del fertilizante que puede ser completamente disuelta en un volumen determinado de agua. La solubilidad de la mayoría de los fertilizantes aumenta con la temperatura del agua.

Cuando se disuelve un fertilizante, no se debe exceder su solubilidad, ya que un precipitado puede formarse y podría obstruir el sistema de riego. Además, los nutrientes que usted tenía la intención de proporcionar a través de la solución no serían completamente disponibles.

Por ejemplo, según los datos en el cuadro siguiente, la solubilidad del nitrato de potasio (38% de óxido de potasio) a una temperatura de 20 °C es 209 gramos de Nitrato de Potasio/litro, es decir esta es la capacidad máxima se disolución sería de 79.4 gramos de Oxido de potasio.

Ahora, si queremos disolver 300 gramos de Nitrato de Potasio/litro, significa que se tendrían que disolver 114 de gramos, sin embargo ocurriría que solamente 80 gramos se van a disolver, el restante se va a precipitar (37.6 gramos) y se perdería, además estaría ocasionando problemas de taponeo en el sistema de riego y equipos de aplicación.

Fuente de nutrientes	Solubilidad g/l					
Fertilizante / Temperatura (°C)	5	10	20	25	30	40
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370	458
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	-	-	-
Sulfato de amonio	710	730	750	-	-	-
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	-	-	-
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	-	-
Fosfato de monoamónico (MAP)	250	295	374	410	464	567
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275	-
Sulfato de potasio	80	90	111	120	-	-
Urea	780	850	1060	1200	-	-

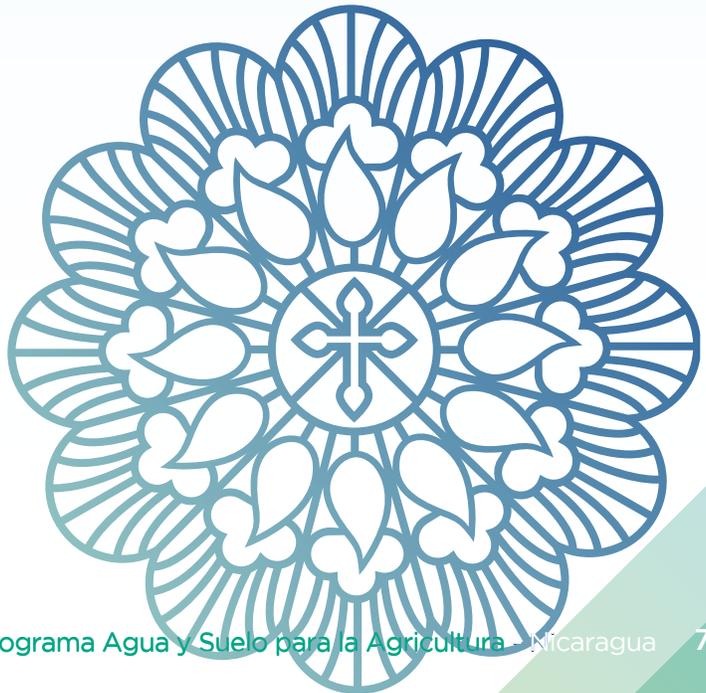
A nivel de productor es importante conocer la solubilidad de los fertilizantes debido a que muchos fertilizantes especialmente los que llevan micronutrientes se aplican en pequeñas cantidades y se deben aplicar disueltos en agua.

Objetivo

Que los productores conozcan la metodología de medir la solubilidad de los fertilizantes y la importancia en la agricultura.

Materiales

- 1Kg de urea 46%
- 100 gramos de 18-46-0
- 1Kg gramos de Nitrato de potasio
- 100 gramos de Muriato de potasio
- 250 gramos de sulfato de amonio
- Cinco envases de un litro
- Agua
- Cinco Cronómetros (teléfonos o reloj)
- Una mesa
- Papelones
- Marcadores
- Lápiz



Procedimiento

- 1) El extensionista organiza a los productores en forma de medialuna, luego les da la bienvenida y explica el objetivo de la práctica.
- 2) De manera breve el extensionista explica la importancia de conocer la solubilidad de los fertilizantes.
- 3) Se toman seis envases vidrio/plástico transparente de un litro y se le deposita 100 cc de agua.
- 4) Se enumeran los envases del uno al seis y se le agregan cantidades de fertilizantes. Se anota la cantidad de fertilizante que se le deposita a cada envase.

- a. Envase uno: Se le agrega 108 gramos de urea
- b. Envase dos: Se le agrega 95 gramos de 18-46-0
- c. Envase tres: Se le agrega 35 gramos de Muriato de Potasio
- d. Envase cuatro: Se le agrega 187 gramos de Sulfato de amonio
- e. Envase cinco: Se le agrega 209 gramos de Nitrato de Potasio

- 5) Luego que se deposita cada fertilizante en el agua se mide el tiempo en que está totalmente disuelto.
- 6) El extensionista y el grupo de productores reflexionan sobre los resultados de la práctica.
- 7) El extensionista divide al grupo en dos subgrupos les pide que realicen otra práctica con para medir la solubilidad: Un subgrupo trabaja con nitrato de potasio y otro subgrupo con urea:

Subgrupo 1: 18-46-0

- f. Envase uno: Se le agrega 100 gramos de Nitrato de potasio
- g. Envase dos: Se le agrega 200 gramos de Nitrato de potasio

Subgrupo 2: Urea 46%

- a. Envase uno: Se le agrega 108 gramos de urea
- b. Envase dos: Se le agrega 200 gramos urea

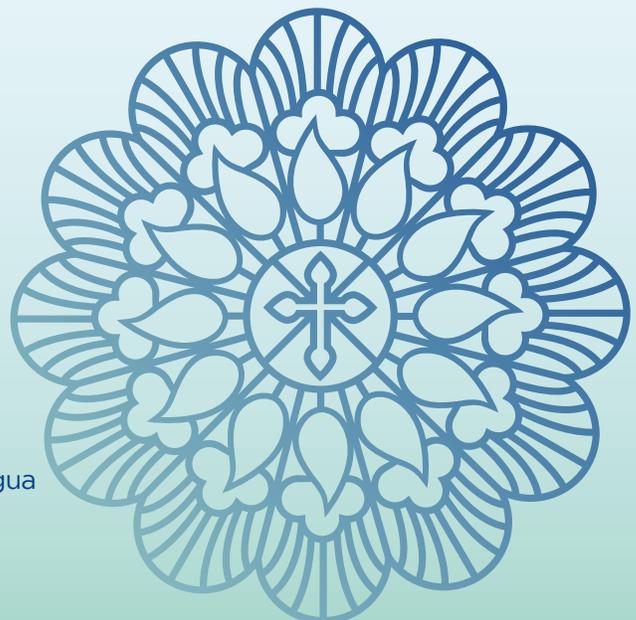
- 8) Los productores y extensionista reflexionan sobre los resultados obtenidos

Preguntas para la reflexión

¿Qué entiende por solubilidad?

¿Los diferentes tipos de fertilizantes tienen la misma solubilidad?

¿Qué pasa cuando incrementamos la dosis de fertilizante a la misma cantidad de agua?



5.10. Uso de inoculante (*Rhizobium phaseoli*) en el cultivo de frijol

Introducción

Son concentrados 100% naturales que se obtienen de la mezcla de suelo rico en nutrientes mayores al 60% de materia orgánica, con millones de bacterias del género *Rhizobium phaseoli*. La eficiencia en la fijación de nitrógeno se puede medir fácilmente al arrancar una planta de frijol y observar la presencia de una coloración roja o rojiza en los nódulos de las raíces.



Los inoculantes pueden proveer nitrógeno de forma rápida y asimilable hasta el equivalente de cuatro quintales de urea por manzana. No sólo que son fáciles de aplicar, sino que también evitan pérdidas de nitrógeno por lixiviación, erosión o volatilización, reducen la contaminación ambiental y ayudan a reducir malezas y enfermedades.

En Nicaragua se han logrado excelentes resultados aplicando inoculantes elaborados a base de bacterias del género *Rhizobium phaseoli* a la semilla de frijol. Estos inoculantes potencian la cualidad de las raíces de esta leguminosa para absorber nitrógeno atmosférico y transformarlo en un elemento asimilable por la planta.

Ventajas del uso de inoculantes en frijol

Las principales ventajas de la inoculación en cultivos de soja, extensivas a todas las otras leguminosas, son:

- Asegura una temprana formación de nódulos que garantizan un adecuado abastecimiento de nitrógeno para el cultivo durante todo su ciclo de crecimiento;
- Aporta a la leguminosa más del 70% del nitrógeno necesario; el resto lo proporcionan el suelo y el fertilizante complementario;
- Incrementa los rendimientos, puede incrementar hasta cuatro quintales por manzana;
- Al mejorar el contenido de proteínas en el grano, mejora la calidad de la cosecha;
- A través de la fijación biológica del nitrógeno, enriquece el suelo en nitrógeno que queda en raíces y restos de cosecha, que se incorpora en el suelo;
- Asegura un excelente abono orgánico que aumenta la fertilidad del suelo y los rendimientos de los cultivos posteriores;
- Contribuye a preservar el medio ambiente, no contaminando agua y aire;
- Es económico, pues permite ahorrar inversiones en equipamiento y mano de obra;
- Una correcta inoculación proporciona un elevado retorno por peso invertido.

Objetivo

Que los participantes conozcan la importancia y ventajas del uso de inoculantes en el cultivo frijol y la metodología de inocular la semilla.

Materiales

- Una bolsita de inoculante de *Rhizobium phaseoli*
- Semilla de frijol
- Agua
- Aceite de cocinar
- Plástico 2 x 2 metros
- Sacos
- Un balde
- Un palo

Procedimiento

- 1) Luego que da la bienvenida y da a conocer los objetivos de la práctica;
- 2) El extensionista explica la importancia del uso de los inoculantes en el cultivo de frijol.
- 3) Haciendo referencia a que la bacteria *Rhizobium phaseoli* estimula la producción de nódulos, que son los encargados de atrapar el nitrógeno de la atmosfera que luego lo transforman en nutriente para de frijol. El inoculante es de bajo costo, no contamina el ambiente y es de fácil aplicación;
- 4) El extensionista explica la metodología como se debe inocular la semilla de frijol;
 - a. El proceso de inoculación se tiene que realizar en un lugar sombreado.
 - b. En un balde de plástico depositar el contenido de 500 gramos del inoculante (1.1 libras), para 80 libras de semilla. Si solo va a sembrar 20 libras utilizar 125 gramos.
 - c. Luego agregar medio litro de agua no clorada. El agua clorada destruye a la bacteria;
 - d. Con un palo o vara limpia se mezcla el inoculante con el agua;
 - e. Se agregan cuatro cucharadas de aceite de cocinar, y se vuelve a mezclar;
 - f. Sobre un plástico en un sitio sombreado, se colocan entre 70 a 80 libras de semilla de frijol que utilizará para la manzana, o la cantidad de semilla que va a sembrar en el día;
 - g. Tomar la mezcla del inoculante y dejarla caer sobre las semillas de frijol;
 - h. Remover cuidadosamente, para que la mezcla del inoculante se adhiera a la semilla;
 - i. Iniciar la siembra de inmediato; y tratar de sembrar todas las semillas inoculadas en las próximas cuatro horas. Sembrar un pequeño sector de la parcela con semilla de frijol sin inocular;
- 4) A los 30 días después de la siembra (floración), se hace otra sesión con los participantes de la escuela de campo, visitando la parcela donde se utilizó inoculantes.
- 5) Arrancar varias plantas en distintos sitios de la parcela, tanto en la inoculada como la sin inocular, para comparar el tamaño de las raíces, color de los nódulos, el número de nódulos y el tamaño de los nódulos. Para comprobar la efectividad del inoculante al observar nódulos grandes y de color rojizo.

Preguntas para la reflexión

- ¿Qué significa el termino inoculante?
- ¿Cuál es la importancia de utilizar el inoculante *Rhizobium phaseoli* en el cultivo de frijol?
- ¿Explicar el proceso de fijación simbiótica?
- ¿Cuál es la metodología que seguir para inocular la semilla?
- ¿Cuáles los cuidados que se deben tener al momento de inocular la semilla?
- ¿Qué cuidados se deben tener al guardar el inoculante?
- ¿En qué etapa fenológica se evalúa la efectividad del inoculante y cuál es el procedimiento?
- ¿Qué aspectos se toman al momento de evaluar la efectividad del inoculante?

5.11. Establecimiento de pequeños experimentos con familias productores

Introducción

La “investigación participativa” ha sido creada por parte de los programas de desarrollo agrícola a raíz del reconocimiento, que el éxito de los proyectos de desarrollo era muy pobre - la producción agrícola no aumentaba por la no adopción por parte del agricultor de la tecnología propagada. En evaluaciones se llegó a la conclusión, que esto no era por ignorancia de los agricultores, sino por lo inadecuado que eran las tecnologías promovidas.

La investigación participativa tiene como objetivo elaborar conocimientos prácticos, que ayudan a solucionar problemas sólidos, concretos, cambiar la realidad agrícola y con esto contribuir a desarrollar. Los resultados obtenidos son aplicables, no teóricos. La investigación parte del supuesto, qué métodos científicos de investigación también pueden ser aplicados por personas menos capacitadas en esa área.

Definiciones

Experimento: Proceso donde el productor experimentador provoca artificialmente un fenómeno, con el fin de estudiar los efectos y causas sobre las variables que se miden. El diseño del experimento debe ser lo suficientemente simple, generalmente se utiliza el arreglo de parcelas pareadas.

Tratamiento: De manera sencilla es la tecnología/practica que no conocemos el efecto y queremos probar.

Unidad Experimental: Es el sitio donde se aplica un tratamiento. Por ejemplo, si se quiere evaluar el rendimiento de tres variedades de maíz, la unidad experimental suelo donde se sembrará la variedad.

Error experimental: Son las diferencias o discrepancias entre unidades experimentales tratada con el mismo tratamiento. Las fuentes de error experimental son la variabilidad inherente al material experimental al cual se le aplican los tratamientos y falta de uniformidad en la conducción o manejo físico del experimento.

Repetición: El extensionista le explicará al grupo de productores que para establecer un experimento tiene que llevar repeticiones. Cada productor de la Escuela de Campo puede llevar una repetición. El mínimo de repeticiones tiene que ser tres.

Testigo: El extensionista les explicará a los productores que siempre en los experimentos es necesario lleven un testigo, son las prácticas que tradicionalmente los productores realizan en sus parcelas. El testigo sirve como comparador de los otros tratamientos.

Azarización: el termino azarización significa la distribución de los tratamientos en las unidades experimentales, lo que significa que cada productor llevará un orden diferente de la distribución de las parcelas en el campo, (ver esquema 1).

Objetivo

Al finalizar la práctica los participantes en la escuela de campo adquieran destrezas en el montaje de pequeños experimentos agropecuarios en campo.

Materiales

- Parcela
- Lienza
- Cinta métrica
- Papelones
- Marcadores
- Tarjetas de cartulina
- Lápiz
- Cuaderno

Procedimiento

- 1) El extensionista compartirá con los participantes el objetivo de la práctica.
- 2) Con el uso del papelógrafo explicará algunos conceptos sobre experimentación que es básico que el productor entienda principalmente como es experimento, tratamiento, unidad experimental, error experimental, repetición, testigo y azarización.

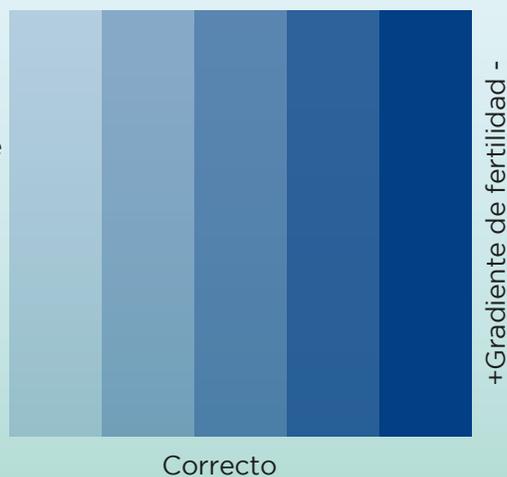
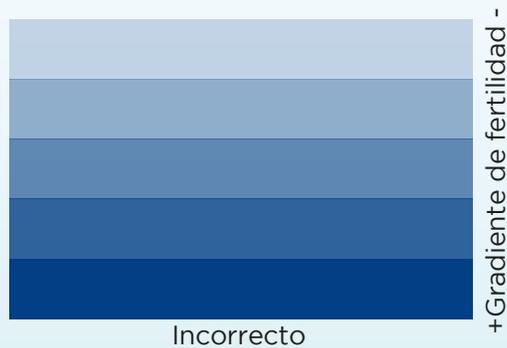
Federico	0 qq de Urea 46 %	1 qq de Urea 46 %	2 qq de Urea 46 %
Reynaldo	2 qq de Urea 46 %	0 qq de Urea 46 %	1 qq de Urea 46 %
Justo	1 qq de Urea 46 %	2 qq de Urea 46 %	0 qq de Urea 46 %

- 3) El extensionista explicará a los productores la importancia de la orientación de las unidades experimentales, consideraciones para la orientación de la parcela:

El extensionista lleva al campo a los participantes de la escuela de campo a trazar la repetición de un experimento y les explica que los tratamientos o parcelas tienen que estar a la par, en contra de la pendiente del terreno y que todas las parcelas tienen que estar en igualdad de condiciones, en cuanto a la fertilidad de suelos.

- Establecer los tratamientos como en el siguiente esquema es incorrecto, debido a que los tratamientos están en desigualdad de condiciones. Entonces no sabemos si los resultados obtenidos son por efecto de los tratamientos o por el gradiente de fertilidad del suelo.

- En el siguiente esquema es el correcto por que los tratamientos están en igualdad de condiciones en cuanto al gradiente de fertilidad de suelos.



Se deben de medir muy bien las parcelas, todos los tratamientos o parcelas tienen que tener la misma medida.

Las parcelas deben de ser tamaño cuadrada a rectangular.

Las parcelas alargadas la desventaja de pérdida de área al formar las defensas internas del experimento.

La forma más adecuada de la parcela es aquella que tiene 75% de parcela útil y 25% de defensa.

Cuando el cultivo está creciendo el experimento se observará como en la fotografía. Las parcelas están en un arreglo pareadas en contra de la pendiente. Todos los tratamientos o parcelas están en igualdad de condiciones.



4) En el campo hay que hacer énfasis con los productores como reducir el error experimental

- Utilizar unidades experimentales o parcelas tan uniforme como sea posible.
- El tamaño de las unidades experimental a usar que sea el más adecuado posible en cultivos anuales y pastos el tamaño de la parcela desde 5 x 5 hasta 10 x 10, en café, la parcela es de 16 plantas, en cultivos perennes el tamaño de la unidad experimental puede ser de un árbol o más.
- Eliminación de efecto de orilla, no se debe tomar datos en los surcos o plantas que estén en la orilla de cada uno de los tratamientos.
- Utilizar un eficiente número de repeticiones, al menos tres productores de la escuela de campo deben de establecer el experimento. La repetición proporciona una estimación del error experimental y brinda información más precisa de los efectos de los tratamientos.
- Manejar las unidades experimentales tan uniforme como sea posible.
- Poner todos los tratamientos en igualdad de condiciones.
- Adecuada distribución de los tratamientos.

Preguntas para la reflexión

¿Qué es un experimento?

¿Por qué siempre tenemos que tener un testigo en un experimento?

¿Cuál es la importancia de tener repeticiones en un experimento?

¿Qué es el error experimental?

¿Qué aspectos se debe tener en cuenta para reducir el error experimental?

¿Cuál es la importancia la ubicación de los tratamientos en un experimento?

5.12. Metodología para la cosecha de los pequeños experimentos de restauración de suelos y manejo integrado de la fertilidad de suelos en granos básicos y hortalizas

Introducción

La investigación es la indagación o búsqueda de nuevos conocimientos o solución a ciertos problemas. Es un proceso sistemático donde se toman datos a partir de un plan preestablecido (protocolo), una vez analizados, interpretados y discutidos modificarán o añadirán a los conocimientos ya existentes. La experimentación es un método de investigación en el que una o más variables son manipuladas conscientemente y en el que se observa el resultado o efecto de esta manipulación sobre otras variables. A continuación, se describe la metodología de como cosechar pequeños experimentos de granos básicos y hortalizas.

Objetivo

Que los participantes conozcan y practiquen una metodología para cosechar parcelas experimentales de restauración de suelos.

Materiales

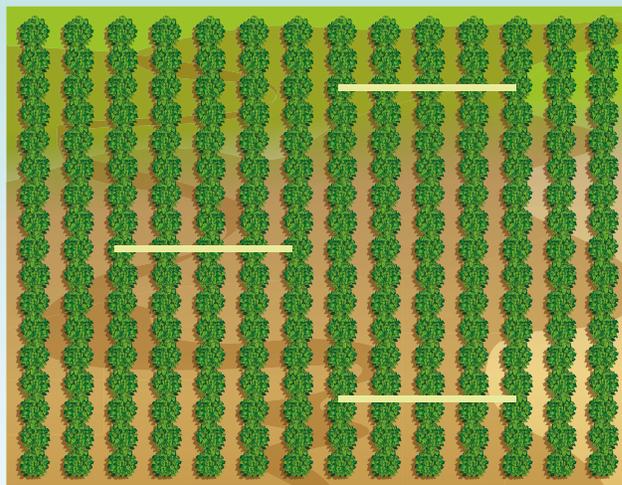
- Parcela con los experimentos
- Cinta métrica
- Sacos
- Balde
- Pesa o Balanza
- Probador de humedad

Procedimiento

- 1) El extensionista reúne a los productores participantes de la escuela de campo para hacer una demostración sobre la cosecha de los experimentos.
- 2) El extensionista da la bienvenida y explica los objetivos de la práctica realizar.
- 3) También se le debe explicar a los productores participantes que cada tratamiento o parcela se deben de cosechar por separado, para poder hacer comparaciones entre tratamiento.
- 4) En cada tratamiento o parcela los datos a medir (rendimiento, biomasa y otros) se deben de realizar en tres sitios de la parcela, para poder calcular el error experimental.



- 5) Determinar la distancia entre surcos: Se toman cinco surcos y se miden con la cinta, la cinta con los surcos tiene que quedar perpendiculares. La distancia que da se divide entre cuatro y se tiene la distancia entre surcos. Esto se realizará en cada sitio donde se vaya a tomar la muestra para rendimiento. La misma metodología se utiliza para determinar la distancia entre planta.
- 6) El tamaño mínimo del área a muestrear son dos surcos de cinco metros de longitud (granos básicos y hortalizas).
- 7) Calcular el área de muestreo: Se explicará con ejemplo; Miremos el caso del maíz, los surcos a muestrear serán dos, la longitud del surco será cinco metros, distancia entre surcos de 0.8 metros y distancia entre planta de 0.25 metros. La longitud de muestreo es igual = longitud del surco + distancia entre surco, en este caso $5 + 0.25 = 5.25$.



**Área de muestreo = dos surcos x distancia entre surcos x longitud de muestreo
= 2 x 0.8 x 5.25 = 8.4 metros cuadrados**

8. Calcular la humedad de grano. Para calcular los cambios de pesos debido a cambios en el contenido de humedad del grano, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$P_i = (100 - H_i) = P_f (100 - H_f)$$

$$P_f = P_i \frac{(100 - H_i)}{(100 - H_f)}$$

P_i = Peso inicial de la parcela o tratamiento

H_i = Humedad inicial de la parcela o tratamiento

P_f = Peso final de la parcela o tratamiento

H_f = Humedad final a la que queremos homogenizar el peso de las parcelas tratamiento (generalmente en granos básicos es el 15 % de humedad)

Cómo determinar los descuentos por humedad del grano:

Se explicará con un ejemplo. En un sitio de un tratamiento de un ensayo de maíz se obtuvo un peso de 12 libras de maíz y el porcentaje de humedad fue del 18.5 y se homogenizar a 15%. Al desarrollar la formula queda:

$$Pf = Pi \frac{(100-Hi)}{(100-Hf)} ; Pf = 12x \frac{(100-18)}{(100-15)} = 20x = \frac{82}{85} \quad \text{11.58 libras de peso homogenizado}$$

9) Determinar el rendimiento por manzana

a. Peso de maíz ya homogenizado al 15% de multiplica por el porcentaje de desgrane:

$$11.58 \times 0.8 = 9.26 \text{ libras}$$

b. Se determina el área de muestreo, en este caso es maíz

$$\begin{aligned} \text{Área de muestreo} &= \text{dos surcos} \times \text{distancia entre surcos} \times \text{longitud de muestreo} \\ &= 2 \times 0.8 \times 5.25 = 8.4 \text{ metros cuadrados} \end{aligned}$$

c. Se hace una regla de tres

Si en un aérea de 8.4 metros cuadrados tenemos un peso de 9.26 libras

En 7026 metros cuadrados cuantas libras hay

$$\text{Rendimiento/manzana} = (7,026 \times 9.26) / 8.4 = 7745 \text{ libras}$$

Se divide entre 100 para pasar a quintales y tenemos un rendimiento de 77.54 qq/mz

Preguntas para la reflexión

¿Cómo se determina la distancia entre surco y distancia entre planta?

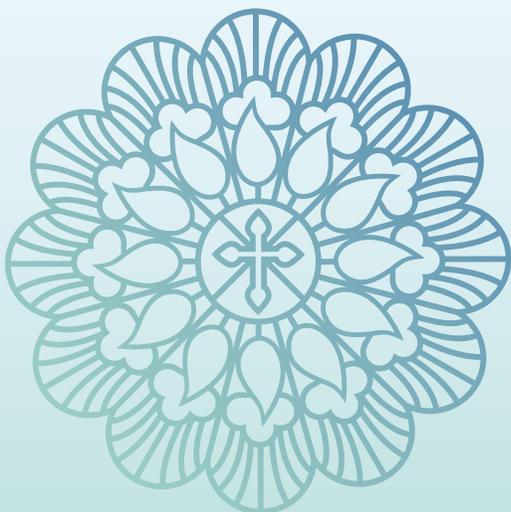
¿Cómo se calcula el área del sitio muestreo?

¿Cuál es el tamaño mínimo de la parcela en el sitio de muestreo?

¿Qué entiende por sitio de muestreo?

¿Qué entiende por tratamiento?

¿Por qué se tiene que homogenizar el porcentaje de humedad de grano al 15%?



5.13. Análisis económico de los pequeños ensayos realizados en restauración de suelos y manejo integrado de la fertilidad de suelos

Introducción

En los experimentos llevados por los productores participantes de la escuela de campo, se hacen evaluaciones y análisis de los resultados de los datos o variables que se toman y las recomendaciones se hacen en base a los datos agronómicos, no toman en cuenta los aspectos económicos, debido a que muchas veces un tratamiento este expresando altos rendimientos, pero económicamente no es rentable por que los costos de la tecnología son altos.



Objetivo

Que el extensionista se familiarice con la metodología de análisis económico de pequeños experimentos establecidos en finca de agricultores.

Procedimiento

Basado en la metodología de la Tasa Marginal de retorno del CIMMYT

- 1) Calcular los rendimientos promedios de todos los sitios para cada tratamiento evaluado.
Si en un ensayo se establece en finca de cuatro productores,

Rendimiento medio se obtiene de los resultados de los cuatro productores. Rendimiento de grano (qq/mz) de experimento sobre dosis de nitrógeno en tres productores de la comunidad de Zapote Oriental, La Concordia.

Localidad	0 qq/mz	2 qq/mz	4 qq/mz
Productor 1	71.00	69.91	57.64
Productor 2	68.27	69.90	69.56
Productor 3	76.26	53.87	56.50
Productor 4	76.54	52.53	56.64
Rendimiento Medio	33.75	60.09	73.02

- 2) Determinar precio de venta. Que es el precio comercial que tiene el cultivo al momento que se obtiene la cosecha. En este ejemplo el precio de campo es de C\$ 500.00
- 3) Calcular el beneficio bruto. El beneficio bruto consiste en multiplicar el precio de campo del cultivo por los rendimientos ajustados y esto se realiza para cada tratamiento del ensayo.

Indicador	0 qq/mz	2 qq/mz	4 qq/mz
Rendimiento Ajustado	33.75	60.09	73.02
Precio	500.00	500.00	500.00
Beneficio Bruto C\$	16030.00	28540.00	34685.00

- 4) Identificar los Costos que varían. Los costos que varían son los costos (por manzana o por hectárea) relacionados con los insumos utilizados, mano de obra, maquinaria y materiales que varían de un tratamiento a otro.

Los costos que varían deberían calcularse antes de sembrar el ensayo, como parte del proceso de planificación y con el fin de tener una idea de los costos de los diferentes tratamientos que se consideran en el comité de investigación agrícola local.

El experimento es sobre la evaluación de dosis de nitrógeno, los costos que varían serían el costo de los fertilizantes aplicados, costos de mano de obra al aplicar la urea y los costos de cosecha el resto de costo son similares para todos los tratamientos. El costo del fertilizante es de C\$575 el quintal, para el costo de la cosecha hasta el aporreo anda por C\$30.00 el quintal.

Actividad	Tratamientos		
	0 qq urea	2 qq urea	4 qq urea
Costo de campo de los fertilizantes (C\$)	0.00	1150.00	2300.00
Costo de mano de obra al aplicar la Urea	0.00	400.00	400.00
Mano de obra para la cosecha (C\$)	1012.50	1802.55	2190.53
Costos que varían Totales (C\$)	1012.50	3352.55	4890.53

En resumen, los costos que varían es lo que se diferencia en el manejo de un tratamiento con otro. Los costos de las actividades del manejo agronómico similares para los tratamientos no se incluyen en el presupuesto parcial.

- 5) Calcular el Beneficio Neto. El beneficio neto se obtiene restando el beneficio bruto menos los costos que varían. Esto se hace para cada tratamiento del ensayo. A continuación, se presenta un ejemplo de presupuesto parcial para un ensayo sobre evaluación de variedades de maíz. Presupuesto parcial de los tratamientos sobre dosis de urea 46% en cuatro localidades.

Descripción	0 qq/mz	2 qq/mz	4 qq/mz	Observaciones
Rendimiento Medio (qq/mz)	33.75	60.09	73.02	Reducción del 5% C\$ 500.00 el quintal Rendimiento ajustado x precio de campo Fertilizantes + aplicación + cosecha
Rendimiento Ajustado (qq/mz)	32.06	57.08	69.37	
Precio de campo (C\$)	500.00	500.00	500.00	
Beneficio Bruto (C\$/mz)	16030.00	28540.00	34685.00	
Costos que varían	1012.50	3352.55	4890.53	
Beneficio Neto (C\$)	15017.50	25187.45	29794.47	Beneficio bruto menos los costos que varían

6) Determinar la tasa marginal de retorno (TMR)

Para determinar la tasa marginal de retorno se realiza a través de la siguiente fórmula.

$$\text{TMR} = \frac{\text{Beneficio neto del tratamiento} - \text{Beneficio neto del testigo}}{\text{Costo Marginal}}$$

Para realizar el análisis marginal se ordenan los tratamientos de mayor a menor de acuerdo al beneficio neto.

Se determina el costo marginal restando los costos que varían del tratamiento menos los costos que varían del testigo. Ejemplo el costo marginal del tratamiento 4 qq/mz se obtiene de restar C\$ 4490.53 menos los C\$ 1012.50 del testigo.

La Tasa marginal de retorno se obtiene de la diferencia entre el beneficio neto del tratamiento menos el beneficio neto del testigo dividido entre el costo marginal de ambos.
Tasa marginal de retorno.

Tratamiento	Beneficio Neto (C\$)	Costos que varían (C\$)	Costo Marginal (C\$)	Tasa marginal de Retorno
4 qq/mz	29794.47	4890.53	3878.03	381.04
2 qq/mz	25187.45	3352.55	2340.05	434.60
0 qq/mz	15017.50	1012.50		

La tasa marginal de retorno de 381.04%, indica que por cada Córdoba que invierte en la tecnología, el productor gana C\$ 3.81

Preguntas para la reflexión

¿Por qué es importante realizar análisis económico en las tecnologías/prácticas que se prueban en los pequeños experimentos?

¿Qué nos indica la tasa marginal de retorno?

¿Cuál de las prácticas implementadas es más rentable?

CATHOLIC RELIEF SERVICES - PROGRAMA PARA NICARAGUA

Sede Central Managua:

De ENEL Central 100 metros al sur, frente a las oficinas
del Ministerio de la Familia

PBX: 2278-3808

Fax: 2278-1852

www.crs.org

Sede Estelí

Semáforos Parque Central 2 cuadras al norte.

Teléfonos: 2713-0180 / 2713-0268

