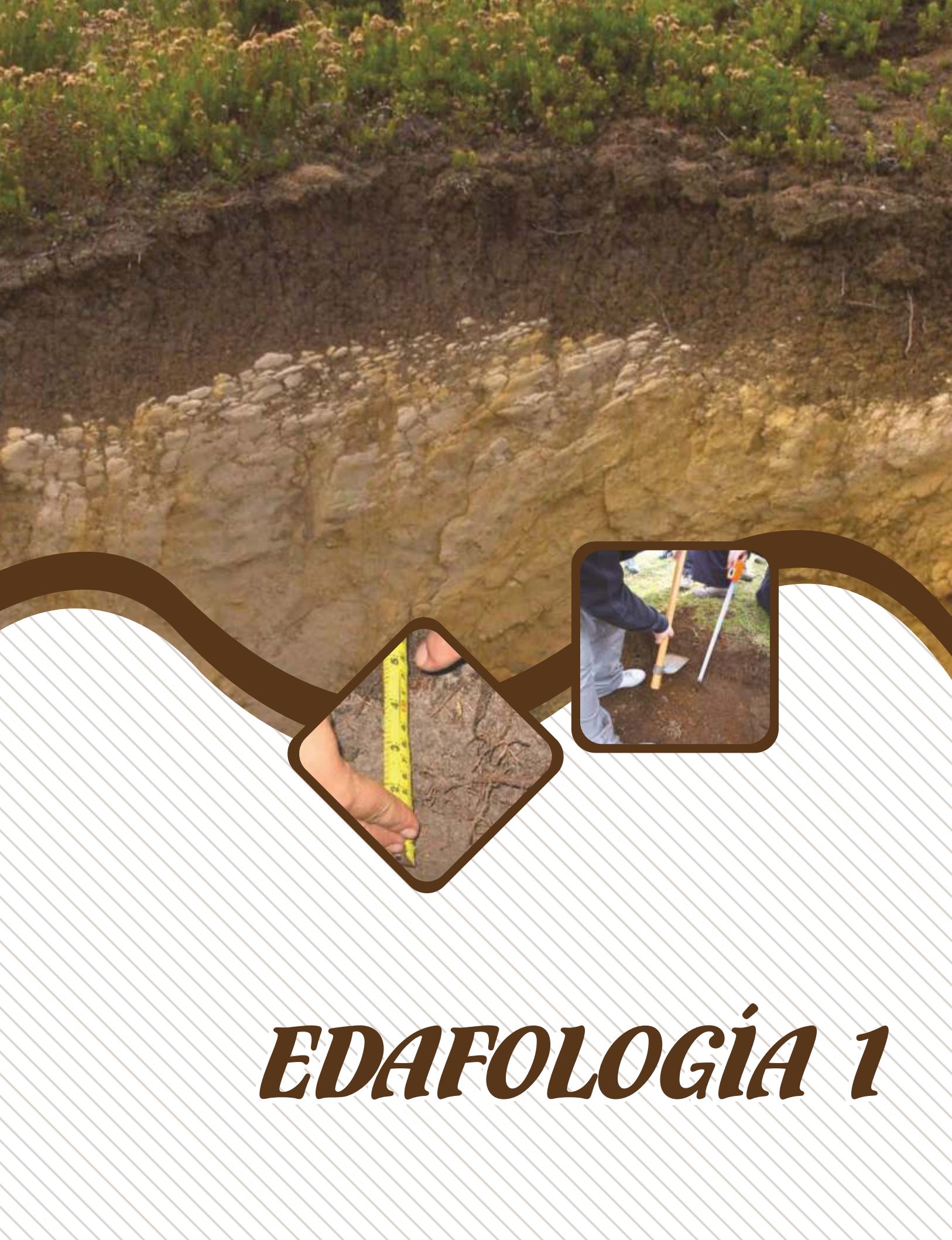




EDAFOLÓGIA 1



EDAFOLÓGIA 1



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO



Università degli Studi
Guglielmo Marconi
TELEMATICA



Universidad Nacional
Autónoma de Nicaragua



Universidad de Valladolid

Modulo:

EDAFOLOGIA 1

Primera Edicion - 2011

Diseño e Impresión:

Espacio Grafico Comunicaciones S.A.

Calle 3 Carrera 10 Esquina Zona Industrial Villamaria - Caldas - Colombia

Tel. (57) (6) 877 0384 / Fax: (57) (6) 877 0385

www.espaciograficosa.com

COLABORADORES:

COORDINADORES LOCALES DEL PROYECTO UNIVERSIDAD EN EL CAMPO

Ing. Cesar Andres Pereira Morales
Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua - Managua - Nicaragua

Dr. Carlos Cesar Maycotte Morales
Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo - Mexico

MsC. Beatriz Elena Restrepo
Universidad de Caldas - Colombia

Dr. Francesco Mauro
Universidad Guglielmo Marconi - Italia

Dr. Abel Calle Montes
Universidad de Valladolid - Espana

Lic. Maria Jose Esther Velarde
Universidad Mayor San Andres - Bolivia

COORDINADOR INTERNACIONAL PROYECTO UNIVERSIDAD EN EL CAMPO

Esp. Guillermo Leon Marin Serna
Universidad de Caldas - Colombia

EXPERTOS EN EDUCACION, PEDAGOGIA Y CURRICULUM

Ms.C. Maria Luisa Alvarez Mejia
Docente Ocasional Universidad de Caldas - Departamento de Estudios Educativos

Ph. D. Henry Portela Guarin
Profesor Titular Universidad de Caldas - Departamento de Estudios Educativos

EVALUACION DE MODULOS BAJO EL MODELO PEDAGOGICO ESCUELA NUEVA

Equipo de Educacion Comite Departamental de Cafeteros de Caldas



PRESENTACIÓN

La Universidad de Caldas, en asocio con la Universidad Mayor de San Andres (Bolivia), la Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo (Mexico), la Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua (Managua), la Universidad de Valladolid (Espana) y la Universita degli Studi Guglielmo Marconi (Italia), han convenido desarrollar el proyecto, la Universidad en el Campo UNICA, el cual tiene como objeto estructurar e implementar un programa de educacion superior en los niveles tecnico, tecnologico y profesional enfocado en el sector agropecuario, en articulacion con la educacion secundaria, que permita el ingreso a la universidad de jovenes rurales en los 4 paises latinoamericanos.

Este proyecto nace desde la propuesta que se viene desarrollando en Colombia desde el ano 2008, donde se pretende articular la educacion superior con la educacion media y mas especificamente en el departamento de Caldas, donde gracias a las alianzas realizadas entre el sector publico y el sector privado, representados por la Secretaria de Educacion del Departamento, el Comite Departamental de Cafeteros de Caldas, la Central Hidroelectrica de Caldas - Chec y la Universidad de Caldas, se ha podido ofrecer educacion a jovenes rurales, que dadas a sus condiciones socioeconomicas y geograficas, ven limitado su acceso a la educacion superior bajo los esquemas en que tradicionalmente han sido ofertados los programas academicos.

Ahora bien el proyecto UNICA se hace posible a los aportes economicos realizados por el programa ALFA III, de la oficina de Cooperacion de la Comision Europea, que promueve la cooperacion entre instituciones de educacion superior de la Union Europea y America Latina y que gracias a este, cerca de 500 jovenes de Mexico, Bolivia, Nicaragua y Colombia podran acceder a estos programas de una manera gratuita y en condiciones de calidad y pertinencia.

America Latina es un continente marcado por la ruralidad y al mismo tiempo ha sido una region rezagada en terminos educativos y formacion del recurso humano. Con este proyecto se pretende entonces formar nuevos profesionales que aporten al desarrollo del sector agropecuario latinoamericano en el marco de la sostenibilidad, buscando que las producciones agropecuarias desarrolladas en las localidades de estos cuatro paises sean economicamente viables, ambientalmente sanas y socialmente justas.

Esperemos pues que los contenidos presentados en este modulo aporten a la construccion del conocimiento y que favorezcan el desarrollo economico de las poblaciones mas vulnerables de America Latina.

Es importante aclarar que este material es una primera version que debe considerarse como material de evaluacion y que estara sujeto a las modificaciones que se requieran.

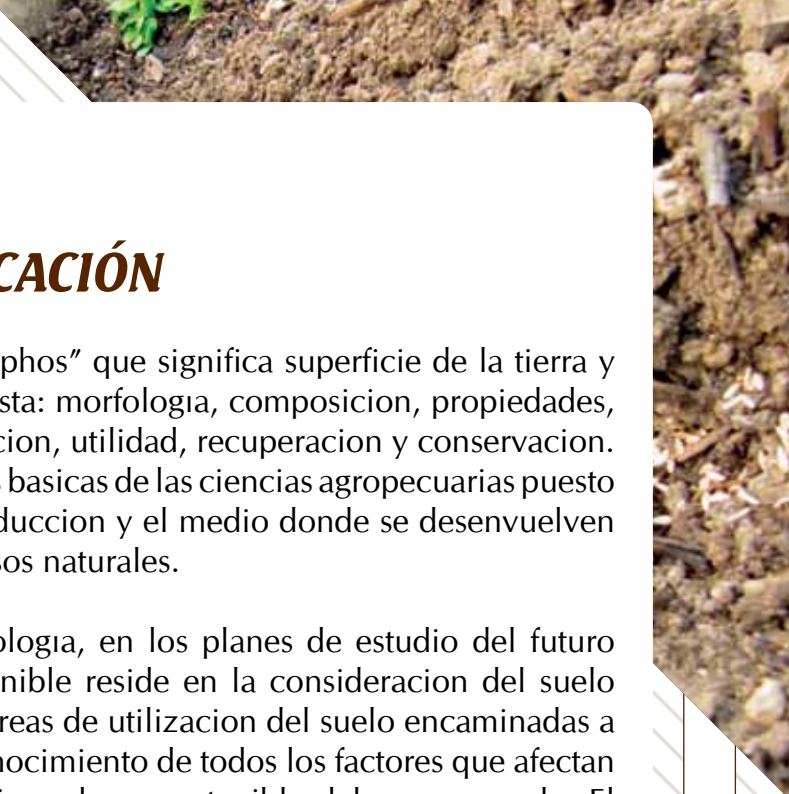
Igualmente agradecer a los autores de los modulos, a los expertos en pedagogia y curriculo a los coordinadores locales y a todas las personas que de una u otra manera han dedicado su tiempo y esfuerzo a que este proyecto sea una realidad.

GUILLERMO LEON MARIN SERNA

Coordinador Internacional

Proyecto UNICA “Universidad en el Campo”

Universidad de Caldas - Union Europea



JUSTIFICACIÓN

Edafología: su nombre viene del griego “edaphos” que significa superficie de la tierra y estudia el suelo desde todos los puntos de vista: morfología, composición, propiedades, formación y evolución, taxonomía y distribución, utilidad, recuperación y conservación. La edafología constituye una de las asignaturas básicas de las ciencias agropecuarias puesto que se encarga de describir el medio de producción y el medio donde se desenvuelven todos los factores relacionados con los recursos naturales.

La justificación de la enseñanza de la Edafología, en los planes de estudio del futuro técnico profesional en desarrollo rural sostenible reside en la consideración del suelo como principal medio de producción. Las tareas de utilización del suelo encaminadas a la productividad deben encuadrarse en el conocimiento de todos los factores que afectan a su conocimiento y con base a ello garantizar el uso sostenible del recurso suelo. El futuro técnico deberá ser capaz de identificar los suelos, desde un punto de vista global, y decidir la idoneidad o no de ubicar allí un determinado cultivo, con argumentaciones razonadas acerca de las propiedades edafológicas y su relación con la vegetación.

Uno de los grandes desafíos de las ciencias agropecuarias es la correcta coordinación de productividad y conservación del suelo. Prácticas inadecuadas, basadas en la producción a corto plazo han provocado la pérdida de fertilidad y el cambio de potencialidad edafológica. Para evitar estos problemas de uso, el técnico deberá tener un conocimiento profundo del suelo que trabaja.

OBJETIVO GENERAL

Identificar los conocimientos básicos sobre la formación y propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, con aplicación de diferentes tipos de muestreos y las determinaciones analíticas necesarias para su caracterización y para la aplicación de las mejores técnicas de producción y de conservación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Relacionar las exigencias de un determinado cultivo con las características edáficas mineral y orgánica del suelo.
2. Reconocer la importancia de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
3. Explicar la dinámica de los distintos nutrientes en los suelos y su papel como elementos fundamentales en la nutrición de las plantas.

4. Clasificar y evaluar el suelo brindando elementos clave para su conservacion
5. Describir los procesos de absorcion y de intercambio de agua que tienen lugar en los suelos.

COMPETENCIAS GENÉRICAS *

• COMPETENCIAS INSTRUMENTALES

- Conocimiento sobre el area de estudio y profesion.
- Habilidades para buscar, procesar y analizar informacion procedente de fuentes diversas.
- Capacidad de comunicacion oral y escrita.

• COMPETENCIAS INTERPERSONALES

- Capacidad de trabajo en equipo

• COMPETENCIAS SISTEMICAS

- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
- Compromiso con la preservacion del medio ambiente.

• COMPETENCIAS ESPECIFICAS

1. Describe el tipo de especie vegetal adecuada de acuerdo al tipo de suelo, en funcion de sus requerimientos y restricciones, teniendo en cuenta los componentes del mismo.
2. Relaciona las propiedades fisicas, quimicas y biologicas del suelo para proponer iniciativas encaminadas hacia su proteccion y conservacion.
3. Explica la importancia de los nutrientes esenciales del suelo y su relacion directa con la productividad.
4. Clasifica los suelos de acuerdo a sus caracteristicas fisicas y quimicas y propone acciones para su apropiada utilizacion y conservacion.
5. Reconoce los principales elementos de la estructura hidroagrica, los factores que afectan su utilizacion y su influencia en la produccion agropecuaria.

* Competencias adoptadas del Proyecto Tuning America Latina.

Contenidos cognoscitivos (resultado del conocer y el saber)	Contenidos procedimentales (procesos, procedimientos, demostraciones y acciones relativas al conocer y al saber aplicado)	Contenidos actitudinales (acciones frente al proceder, conocer y saber)
Identifica los diferentes componentes organicos e inorganicos del suelo.	Verifica, a partir de una serie de características, el tipo de suelo y el tratamiento adecuado de este en contextos específicos.	Toma conciencia acerca del compromiso ético que contiene una adecuada utilización y conservación del suelo.
Integra las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.	Demuestra las ventajas y desventajas del suelo, a partir de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.	Forma parte de equipos de trabajo que demuestran la relación positiva existente entre la producción y sostenibilidad.
Identifica los principales nutrientes presentes en el suelo.	Propone situaciones y experimentos que confirmen la capacidad de uso de suelo, la acción de los elementos esenciales del suelo y la especie vegetal adecuada al tipo de suelo.	Se responsabiliza de un uso edáfico ecológico y respetuoso con el medio ambiente.
Establece el balance entre rentabilidad, uso sostenible y conservación del suelo.	Da ejemplos de situaciones que precisan formas de evaluación y conservación del suelo.	Comparte, con respeto, conocimientos adquiridos a los compañeros.
Explica las infraestructuras hidroagrícolas.	Diseña, para la comunidad, un periódico en donde se explicita el manejo adecuado del agua en todas sus posibilidades, incluyendo los tipos de riego.	Se compromete al cuidado y buena utilización del agua a partir de situaciones cotidianas que van modificando actitudes en la cultura.



FRANCISCO J. CHAVARRÍA ARÁUZ

RESUMEN DE VIDA

Ingeniero Agronomo de UPONIC, Maestro en Ciencias en Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Autonoma de Barcelona - Espana y UNAM Managua.

Coordinador de la linea de investigacion sobre cambio climatico dentro de la iniciativa Centro de Investigacion Multidisciplinario en Desarrollo Rural, Facultad Regional Matagalpa, UNAM - Managua.

Profesor investigador auxiliar de la Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, en FAREM Matagalpa, Nicaragua. Encargado de las asignaturas de Suelos I, Suelos II y Suelos III, ademas de Riesgo y Drenaje Hidraulica.

En el desempeno de la labor docente he estado a cargo de dirigir veinte investigaciones tanto de pregrado como de maestrias. Muchas de las cuales estan referidas a temas de Suelos y Agua. Entre las investigaciones realizadas se mencionan:

1. Evaluacion de la calidad del suelo y de la diversidad de su macrofauna en cacaotales de Waslala, RAAN, Nicaragua. Investigacion conjunta con CATIE-PCC.
2. Extraccion de nutrientes en sistemas de produccion de cafe con banano en el municipio de Cua 2010-2011. Investigacion conjunta con CATIE-Mesoterra.
3. Consultoria al MCN para capacitacion a facilitadores y tecnicos en practicas agroecologicas. Esto servido por UNAM Managua FAREM Matagalpa. Mayo a septiembre 2011.
4. Estudio internacional realizado a Ingenieria sin Fronteras sobre Biocombustibles en Peru. Tanzania y Nicaragua. Encargado de caso Kukra Hill. Presentado en Madrid - Espana. 2010.
5. Caracterizacion de condiciones Edafoclimaticas de Comunidades de Intervencion de Proyectos CARITAS en Matiguas y San Ramon con apoyo de CESAL. (diciembre 2007 - Enero 2008).
6. Consultor Especialista en la Rama de cafe "Estudio Ramas Industriales PASMA/DANIDA con la empresa Multiconsult y CIA. Ltda. Julio/04 a Enero/05.



Tabla de Contenido

UNIDAD 1

Los Constituyentes del Suelo..... 15

1. Introduccion a la Edafologia 16
2. Minerales y arcillas.....22
3. Los componentes organicos.....25

UNIDAD 2

Las Propiedades Fisico-quimicas y Biologicas del Suelo35

1. Balance del agua 38
2. Propiedades fisicas de los suelos44
3. Propiedades quimicas de los suelos..... 52
4. Propiedades biologicas de los suelos56

UNIDAD 3

Los Nutrientes..... 65

1. Elementos esenciales.....66
2. Nitrogeno y otros elementos.....69
3. Oligoelementos.....78
4. Capacidad de usos de suelo91

UNIDAD 4

Clasificacion de los Suelos 99

1. Clasificacion de suelos
(practica: metodologia de toma de muestras para analisis quimico) 101
2. Horizontes de suelos113
3. Conservacion de suelos 120

UNIDAD 5

Infraestructuras Hidroagricolas 131

1. Clasificacion del agua en el suelo..... 133
2. Infraestructura para el agua potable 135
3. Infraestructura para agua de riego..... 148
4. Tipos de riego 155

UNIDAD 1

LOS CONSTITUYENTES DEL SUELO

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Relacionar las exigencias de un determinado cultivo con las características edáficas mineral y orgánica del suelo.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Describe el tipo de especie vegetal adecuada de acuerdo al tipo de suelo, en función de los requerimientos y restricciones, teniendo en cuenta los componentes del mismo.

1. INTRODUCCIÓN A LA EDAFOLOGÍA



La edafología en el quehacer de los agrónomos es de vital importancia debido a que el suelo es el principal medio de producción para la agricultura exceptuando la producción hidropónica.

Si todos conociéramos los suelos en que cultivamos, se evitarían un sinnúmero de problemas relacionados a la degradación y contaminación, por el mal uso y manejo que se les da. De igual manera se hubiesen evitado miles de muertes ocasionadas por la ocurrencia de eventos de remoción en masa, licuefacción e inundaciones, entre otros.

TRABAJO EN EQUIPO

1. Nos organizamos en equipos de cuatro personas cada uno para dar respuesta a las siguientes preguntas. Elegimos un relator para tomar nota y organizar los aportes dados por cada integrante del equipo, un controlador de tiempo y un ayudante.
 - a) ¿Desde nuestro conocimiento a qué le podemos llamar suelo?
 - b) ¿Qué diferencia existe entre suelo y tierra?
 - c) Reconocemos los tipos de suelo que hay en nuestra comunidad, de acuerdo a características como el color y la pendiente que tienen.
 - d) En nuestra comunidad ¿Qué consistencia presentan los suelos?
 - e) ¿Son fáciles de trabajar los suelos cuando están mojados?
 - f) ¿A qué se debe que los suelos sean difíciles de trabajar cuando se encuentran mojados?
 - g) ¿De qué color generalmente son los suelos que son difíciles de trabajar cuando se encuentran mojados?
 - h) En los suelos que son difíciles de trabajar. ¿Qué pasa con el agua cuando llueve mucho? ¿Escurren rápidamente? ¿Se encharcan?
 - i) ¿Qué es la materia orgánica?

j) ¿Por que es importante que los suelos contengan materia organica?

k) ¿Que podriamos hacer para reponer o mantener los niveles de materia organica en los suelos?

EN PLENARIA GENERAL

2. Socializamos el trabajo realizado al docente y demas companeros del aula de clase, aclaramos dudas de ser necesario.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO

- 1) En equipos de trabajo hacemos la siguiente lectura, la analizamos y tomamos nota sobre los puntos que consideremos mas importantes

¿A QUÉ SE LE LLAMA EDAFOLOGÍA?

Es la ciencia que se encarga de estudiar el suelo en todos sus aspectos; desde su morfología, su composición, las propiedades tanto físicas como químicas y biológicas, su formación y evolución, taxonomía y distribución, su utilidad, recuperación y conservación (Chavarria, F. 2009)

¿PARA QUÉ SIRVE LA EDAFOLOGÍA EN LAS CIENCIAS AGRARIAS?

La edafología para quienes estudian la agronomía es esencial para poder conocer el suelo, su potencialidad, sus limitantes, posibles técnicas para mejorarlo, como poder explotarlo, etc.

¿QUÉ ES EL SUELO?

Segun Weii 2000, citado por Chavarria, F (2009), el suelo constituye la esencia del estudio de la edafología. Se le considera al suelo como un ser natural estructurado, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de factores bióticos como abióticos. Entre estos factores esta el clima, organismos, el relieve y el tiempo; todos ellos actuando sobre el material parental, la roca madre.

¿CÓMO SE FORMA Y TRANSFORMA EL SUELO?



El clima es un factor importante en la formación y evolución de los suelos al facilitar la meteorización de la roca madre. Las lluvias y el sol, son dos agentes que propician la formación de los suelos. Las rocas al estar expuestas al calor proveniente de los rayos solares se calientan y luego al darse una precipitación repentinamente se enfrían, provocando que se agrieten con el tiempo (meteorización física) y permitan luego el ingreso de sales minerales contenidas en las lluvias (meteorización química), que hacen que las grietas se hagan más pronunciadas y finalmente las rocas se fragmenten (UEX, 2005).

La meteorización química de la roca madre se reconoce al darse cambios en su coloración. Primeramente se observan coloraciones que varían de amarillo a pardas, al principio apenas perceptible y al irse acentuando el proceso estas se vuelven más intensas.

Las lluvias y la temperatura, influyen directamente en la cantidad de arcilla presente en un suelo, contribuyendo con esto a la fertilidad de los suelos. En cuanto a la materia orgánica, las precipitaciones altas contribuyen a su mayor concentración pero la temperatura al incrementarse hace que la materia orgánica se destruya, haciendo que sea menor su contenido en los suelos.

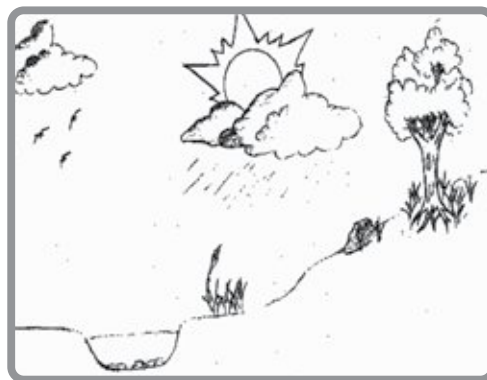
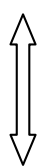


Figura. Factores formadores de suelo
(Dibujo Becker Chavarría L.)

Las precipitaciones también tienen un efecto en cuanto al pH (potencial hidrógeno) de un suelo.



Altas precipitaciones, hacen que el pH se vuelva más ácido, por la acumulación del ion hidrógeno contenido en el agua.

Precipitaciones bajas harán que el pH de una zona sea más alcalino o básico

¿Y QUÉ PAPEL JUEGAN LOS ORGANISMOS?

Los organismos del suelo constituyen la fuente de material original para la fracción orgánica del suelo que antes dijimos puede ser entre un poco más de cero hasta más de 15%. Los organismos pueden ser tanto restos de vegetales como de animales que al morir y depositarse en el suelo sufren profundas transformaciones facilitadas por factores físicos, químicos y biológicos.

Ejercen importantes acciones de alteración de los materiales edáficos. Los organismos transforman los constituyentes del suelo al extraer los nutrientes imprescindibles para su ciclo vital. El papel de los microorganismos en la transformación de la materia orgánica es tan importante que sin ellos la formación de suelos requeriría mucho más tiempo.

Producen una intensa mezcla de los materiales del suelo como resultado de su actividad biológica.



Foto. Gallina ciega extraída de suelo en SAF
(Foto Chavarria, D. y Torrez, M. 2010)

Los organismos en el suelo sobre todo la fauna, pueden ser tanto los grandes como las gallinas ciegas (*Phyllophaga sp*), lombrices por ejemplo *Eisenia foetida*, los escarabajos como los estercoleros, los miriapodos como los ciempies, pequeños organismos vegetales. A organismos como estos, los conoceremos como macro organismos, pero los hay un poco mas pequeños como los isópteros, llamados también termitas. A estos les llamaremos meso fauna o meso organismos del suelo. Finalmente tenemos a otros aun mas pequeños, que en casos tendremos que usar microscopios o estereoscopios para poder observarles. Entre estos tenemos los nematodos, que son pequeños gusanos aplanados, tenemos a los hongos, bacterias y virus (Chavarria, D.; Torrez, M. 2010).

¿DE QUÉ FORMA EL RELIEVE INTERVIENE EN LA FORMACIÓN O EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS?

La forma en que se encuentre localizado el suelo lo hará mas propenso a pérdidas de material (erosión) o a mayor radiación solar por su inclinación, pero también permitirá una mayor infiltración del agua, en aquellos casos en que existan depresiones o bien que escurran cuando el terreno sea inclinado.

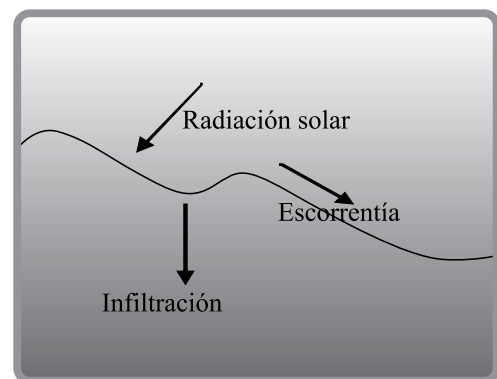


Figura. Papel del relieve en formación de suelos (Elaboración propia)

PAPEL DEL TIEMPO EN LA FORMACIÓN DEL SUELO

Para que se de la formación de los suelos, ocurren una serie de procesos en los que intervienen diversos factores. Entre ellos los climáticos como la lluvia, la temperatura, el viento, la humedad relativa, etc. O bien por el relieve; en donde se debe resaltar la

pendiente. Todos los procesos así como los factores ocurren en un espacio de tiempo. Ahora bien ¿De que depende la velocidad de formación o transformación de un suelo?. Los suelos van a tardar mas o menos tiempo en formarse según sea la intensidad de factores formadores, ya que a mayor temperatura, la velocidad se vera acelerada. A mayor presencia de organismos tanto macro, meso o micros, la velocidad de formación sera mayor (UEX, 2005).

Para determinar la evolución de los suelos se utilizan diferentes métodos, siendo las cronosecuencias desarrolladas en terrazas pluviales, las mas utilizadas universalmente.

¿PERO COMO SE SABE ESTO?

La terraza mas alta, es la mas antigua, y al ir descendiendo en sentido hacia el cauce son mas recientes.

A medida que un suelo va cambiando una propiedad específica, va cambiando su función con el avance del tiempo. A esto se le llama “cronofunción”. Esto es de vital interés de conocer, para así modificar los usos que se le den al suelo o en su defecto buscar alternativas para conservar las propiedades iniciales.

¿QUÉ PAPEL JUEGA LA ROCA MADRE EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS?

Según Jenny (1940) citado por UEX (2005), la roca madre se constituye en la fuente principal de los materiales sólidos. Por lo general los minerales presentes en el suelo tienen su origen de manera directa o indirecta en la roca madre.

La influencia de parte de las rocas en los elementos y propiedades físico-químicas de los suelos esta muy marcada en los suelos jóvenes. Esta relación se hace menos visible a medida que los suelos envejecen o se desarrollan.

Los principales parámetros de la roca que inciden en la formación y evolución de los suelos, son los siguientes:

1) Composición mineralógica:

Las rocas que contienen abundantes minerales inestables evolucionan fácil y de manera rápida dando origen a los suelos, mientras que otras como las arenas maduras, que al contener minerales muy estables, como el cuarzo o pedernal, que con mucho esfuerzo llegan a edafizarse aunque estén expuestas durante largo tiempo a la meteorización.

2) Permeabilidad:

Este parámetro de las rocas permite la penetración



Foto. Fragmentación de rocas debido a penetración de plantas (Chavarría, F)

y circulación del aire y del agua, lo que facilita la fragmentación, alteración y traslocación de los materiales constituyentes de las rocas.

3) Granulometría:

El tamaño de las partículas que componen la roca va a representar una fuerte incidencia en la clase textural de los suelos que de ellas se deriven.

¿COMO ESTA CONSTITUIDO EL SUELO?

El suelo se compone esencialmente de una parte sólida, a esta le llamamos Fase Sólida del suelo. Esta a la vez posee arcillas y una pequeña fracción de materia orgánica. La fase sólida constituye el 50% del total de suelo. Aproximadamente el 25% por ciento del suelo está ocupado por gases y el 25% restante por agua sobre todo del tipo capilar e higroscópica.

En la fase sólida se distinguen dos partes principales, una la constituye la materia orgánica y la otra por las arcillas.

En la fase sólida del suelo, la fracción de materia orgánica generalmente es de 0- a 5% pero se encuentran suelos sobre todo los antroposoles que contienen mayor porcentaje, llegando hasta más de 15%.

Los suelos dependiendo del clima donde se desarrollen así como la proporción de los constituyentes, va a contener mayor o menor humedad. Cambiando así también el tipo de agua que contenga.

De la forma en que este formado el suelo (proporción de constituyentes) dependerá el uso que se le de tanto para agricultura como para ganadería (Chavarria, F, 2009).

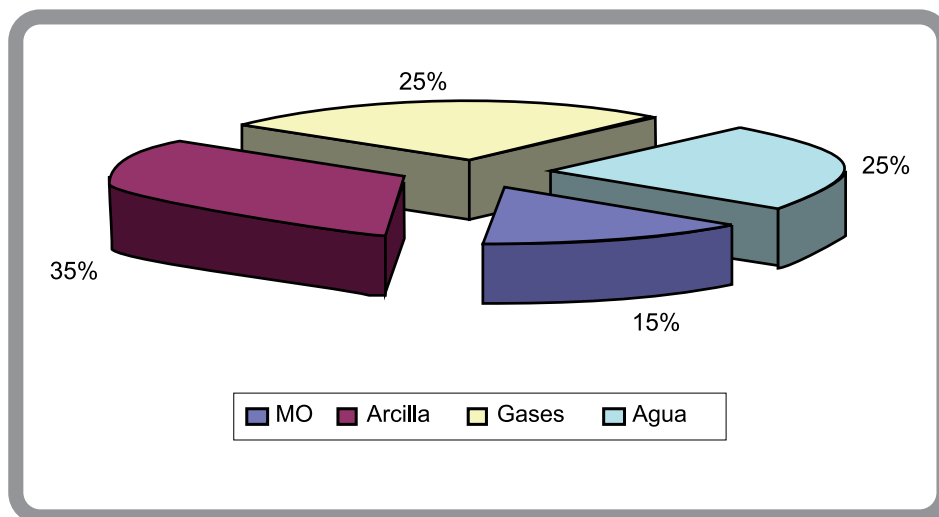


Figura sobre composición de los suelos (Elaboración propia)

2. MINERALES Y ARCILLAS

Los minerales primarios y las arcillas son aquellos que constituyen el material original del suelo, pueden pasar a este por un proceso de micro division.

El contenido de minerales y arcillas en un suelo determinara la superficie especifica y la CIC del suelo, lo que a la vez tiene incidencia en la fertilidad y nos indicara tanto la genesis como el uso que podria darsele a dicho suelo (Rucks, L. et al. 2004)

Los silicatos constituyen la mayor parte de los minerales presentes en el suelo. Los silicatos son los minerales tipicos de las arcillas. Pero tambien se le puede encontrar en mas del 90% de las rocas que constituyen la corteza terrestre.

Cualquiera sea el proceso de alteracion, que conlleva a la formacion del suelo, esta basado en modificaciones estructurales de los minerales primarios y en la creacion de nuevas estructuras silicatadas, conviene recordar la estructura de los silicatos mas frecuentes, fundamentalmente aquellos que constituyen la fraccion arcilla del suelo. Muchas de las propiedades fisicas y quimicas de los suelos se derivan de las estructuras silicatadas mas que de su propia composicion (UEX, 2005).

¿QUE SON LAS ARCILLAS?

Son particulas de caracter coloidal y monomineral que se han formado en el suelo o han sufrido transformaciones en el, aunque en algunos casos pueden ser heredados del material original mediante una microdivision del mismo.

Las arcillas tienen un tamaño que va desde 0.00001 hasta 0.0002 (Duran, A. et al. Sf)

Todos los silicatos se encuentran constituidos por tetraedros en cuyo centro figura una molecula de silicio y cuyos vertices estan ocupados por oxigeno. Segun al grupo que pertenezcan, estos tetraedros pueden permanecer aislados o agruparse de diferentes modos.

De acuerdo a la forma en que se organizan las moleculas de silicio y oxigeno, los silicatos se clasifican en grupos, siendo los mas representativos los siguientes:

GRUPO DE LOS FILOSILICATOS

Estan constituidos por una capa indefinida de tetraedros que comparten tres de sus vertices de forma que quedan en un mismo plano. En el plano definido por el cuarto vertice de cada tetraedro se ubica un grupo oxidrilo (OH) en el centro del hexagono definido por los oxigenos tetraedricos. Este grupo OH y dos oxigenos del hexagono, forman un triangulo

sobre el que se apoya un octaedro cuyos otros tres vertices se sitúan en un plano superior, y están constituidos por grupos OH que pertenecen a una capa hexagonal centrada, o bien por un grupo OH y dos oxígenos, correspondientes a una capa tetraédrica análoga a la primera. Los huecos octaédricos pueden estar ocupados por Al o por Mg. En caso de contener Al se llamarían Aluminosilicatos.

Cuando solo existe una capa tetraédrica y otra octaédrica aparece un grupo de minerales que se conoce como filosilicatos 1:1 o te-oc; si sobre el grupo anterior aparece una segunda capa tetraédrica, el grupo se conoce como filosilicatos 2:1 o te-oc-te.

El silicio puede ser reemplazado, en parte, por aluminio en las capas tetraédricas, y también en las capas octaédricas, el aluminio puede ser reemplazado por magnesio y este por litio. Todo ello genera unos déficits de carga positiva que son sustanciados por la presencia de cationes entre las capas, lo que les presta una mayor cohesión (UEX, 2005).

SUB GRUPO DE LOS FILOSILICATOS 1:1

Dentro del sub grupo 1:1, la arcilla más representativa es la llamada caolinita la cual es un mineral que se puede encontrar muy frecuentemente en sedimentos proveniente de meteorización de rocas ácidas o neutras situadas en ambientes con fuerte lavado. La caolinita está formada por 2 moléculas de silicio, cinco de oxígeno, un grupo hidroxilo y dos moléculas de aluminio.

En el sub grupo de los filosilicatos 1:1, también se encuentran las arcillas conocidas como halosita y antigorita.

SUB GRUPO DE LOS FILOSILICATOS 2:1

En este sub grupo se distinguen dos tipos de arcillas; los aluminicos y los magnésicos.

FILOSILICATOS 2:1 DIOCTAÉDRICOS

El mineral tipo es la pirofilita, siendo este un mineral raro tanto en el suelo como en los sedimentos.

Otro mineral de este sub grupo es la moscovita, que es un componente normal de las rocas ácidas a neutras, predominando en las primeras y siendo sustituido progresivamente por la biotita al ir aumentando la basicidad. También se encuentran las illitas.

Todos los minerales de los filosilicatos 2:1 dioctaédricos reciben el nombre genérico de esmectitas, y cuando se da sustitución en la capa octaédrica, aparece el más común de todos que es la montmorillonita, que es un mineral propio de las arcillas del suelo y solo rara vez se forman en los sedimentos, pudiendo aparecer cuando proceden del arrastre de antiguos suelos o cuando se formaron en medios muy ricos en bases.

FILOSILICATOS 2:1 TRIOCTAÉDRICOS

El mineral típico de este sub grupo lo constituye el talco, que rara vez aparece en los suelos y solo es frecuente en ciertas rocas metamórficas procedentes de rocas ultra básicas.

La arcilla conocida como vermiculita es otro mineral que se puede encontrar en el sub grupo de los filosilicatos del tipo 2:1 trioctaedricos. La transformacion de la vermiculita es mas rapida que la de la moscovita por su notable mayor labilidad.

FILOSILICATOS 2:1:1

En el sub grupo de los filosilicatos 2:1:1 sobresalen las cloritas, las cuales son una especie de micas de color verdoso, que presenta una estructura micacea tipo biotita en la que se intercala una capa de hidroxido magnesico.

Las cloritas son minerales propios de rocas metamorficas o de las sedimentarias derivadas de ellas y en el suelo siempre aparecen como heredadas del material original. Su evolucion suele ser hacia hidromicas o vermiculita.

INTERPRETACIÓN DE PAPEL DE LAS ARCILLAS EN LOS SUELOS

Las arcillas tienen una gran importancia en la fertilidad de los suelos al intervenir directamente en la Capacidad de Intercambio Cationico. Al mismo tiempo las arcillas segun su estructura permiten tener una mayor superficie especifica, la que contribuye a la retencion de humedad o a evitar el lavado de nutrientes por parte de las aguas que se infiltran en las capas de los suelos.

La vermiculita es la que presenta la mayor CIC (150 meq/100g) pero es la segunda en cuanto a superficie especifica (750 m²/g), siendo superada en este parametro por la arcilla montmorillonita con 800 m²/g (Scheffer y Schachtschabel, citado por Duran, A. et al. Sf).

La presencia de arcilla en un suelo si bien es cierto tiene su influencia en la fertilidad del suelo, tambien dificulta las labores agricolas cuando se encuentra en mayor presencia que las fracciones limo y arena. Una arcilla al ser mas fina retendra mayor cantidad de agua, al hacer mas dificil que esta pueda circular libremente por los espacios intersticiales.

Esto en los suelos crea un ambiente anoxico que para las plantas es grave, ya que no permite el intercambio gaseoso y la respiracion radicular, provocando la muerte de la planta o facilitando la aparicion de enfermedades del tipo fungosas y bacterianas (Chavarria, F. 2009).

Segun Rucks, L. et al (2004) el contenido de arcilla juega un papel fundamental en la estabilidad de la estructura de un suelo aunque si hay sodio en el complejo de intercambio la arcilla pudiera volverse inestable. La materia organica tambien puede contribuir a la estabilidad de la estructura.

3. LOS COMPONENTES ORGÁNICOS

La agricultura desde su aparición se basa en la explotación del suelo. En muchos lugares por el mal uso que se le ha dado a los suelos, se ha perdido su fertilidad o bien lo han contaminado de manera que ahora atraviesan serios problemas de pobreza y hambre. Situación que los hace propensos a enfermedades, a la pérdida de autoestima, a la violencia, a la dependencia de otros, entre tantas consecuencias.

La materia orgánica constituyente del suelo tiene su origen en restos vegetales y animales que se depositan sobre los suelos, que luego de varios procesos se incorporan. Generalmente la materia orgánica fresca es la que compone los horizontes o capas del suelo denominados H y O, que a medida que profundicemos en el tema los abordamos en detalle.

Los suelos para reponer sus minerales requieren de las arcillas y de la materia orgánica. La materia orgánica se puede reponer. En cambio la arcilla proviene de la meteorización tanto física como química de las rocas.

PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

GENERALIDADES

La materia orgánica primeramente sufre proceso de descomposición provocado por sus mismos sistemas enzimáticos. Luego es colonizada por un sinnúmero de organismos de la fauna de suelo en los que su diversidad y abundancia dependerá de las condiciones de manejo y microclima así como el tipo de material en descomposición. Esta fauna va a fragmentar en partículas más pequeñas que luego permite ser visitada por otros organismos especializados como hongos, bacterias y actinomicetos, entre otros, para seguir otros procesos de desdoblamiento de componentes del material depositado. Los primeros organismos en ocupar estos restos más pequeños son los hongos, que crean las condiciones para que los otros microorganismos se posesionen y aceleren la transformación del material (Chavarria, D. y Torrez, M. 2010)

Los hongos rompen las moléculas de lignina que forman las paredes de los vasos y las de celulosa que forman parte de las membranas celulares y eso deja expuesto el material al ataque de las bacterias que se nutrirán principalmente de las proteínas y de los azúcares presentes en el material. Como recompensa las bacterias liberan nitrógeno amoniacal (NH_4) y luego en forma nítrica (NO_3 o bien NO_2) para permitir que los hongos puedan nutrirse (Chavarria, F. 2009).

Como se pudo leer en el párrafo anterior, el papel de la fauna del suelo es de vital importancia para que se forme y transforme la materia orgánica. De allí que surge la necesidad de estudiarlos y valorizar el aporte a la economía rural ya que al facilitar el ciclaje de nutrientes nos ahorramos unas buenas sumas de dinero a la vez que evitamos la contaminación de los suelos con la aplicación de fertilizantes edáficos sintéticos (Chavarria, F. 2009).

Otro importante papel de algunos organismos de la fauna del suelo consiste en transportar materia orgánica tanto en la dimensión horizontal como en la vertical, facilitando así una mejor distribución y una actividad microbiana más acelerada.

La materia orgánica al pasar por todo el proceso de descomposición de parte de la fauna del suelo y facilitada por los factores climáticos, se convierte en sustancias húmicas que son nuevamente atacadas y convertidas a minerales a través del proceso de mineralización o al contrario son retenidas (inmovilización), así se completan una serie de ciclos tanto biológicos, como químicos y geológicos.

ETAPAS DE TRANSFORMACIÓN

Para una mejor comprensión de todo el proceso de transformación de los restos orgánicos, se analizarán las etapas sucesivas que se dan.

a) Inicialmente sucede la alteración que sufren los restos vegetales antes de caer al suelo a esto se le conoce como “Transformación química inicial”. Las hojas y otros órganos de las plantas son atacados por los microorganismos, aun estando en las plantas. Allí se producen importantes transformaciones en la composición y estructura de los órganos.



b) Posteriormente los restos vegetales y animales se acumulan y se van destruyendo mecánicamente, por lo que se le llama a esta etapa “Acumulación y destrucción mecánica”. En esta destrucción participan la macro y meso fauna del suelo, dejando la materia orgánica lista para la siguiente etapa.

c) Finalmente se da la pérdida de estructura celular y la alteración de la composición del material original. A esto se le conoce como “Alteración química”. Los restos terminan transformados e integrados en el suelo, convirtiéndose en parte del plasma del suelo.

Para que la última etapa se de rápidamente es fundamental la relación C/N de los restos vegetales, ya que los microorganismos obtienen del carbono (C) su energía¹ y el nitrógeno lo utilizan para incorporarlo a su protoplasma. El C en los restos vegetales es muy abundante, aproximadamente del 58%.

Cuando la relación C/N es de alrededor de 100, se tiene una relación alta. Eso favorece la acidificación del material y la actividad biológica se ve reducida. Un ejemplo de esto son las coníferas sobre todo los pinos.

Cuando la relación C/N es de 30, se considera muy buena ya que la actividad microbiana se vuelve intensa, al contener suficiente nitrógeno los restos.

¹ Oxidan al carbono y liberan CO₂ a la atmósfera.

FORMAS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

En el suelo ya una vez transformados los restos vegetales y animales, se le encuentra a la materia orgánica en forma de sustancias húmicas, las que se identifican en base a su comportamiento² frente a la acción de ciertas sustancias reactivas.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR FRACCIÓN HÚMICA

- A la muestra de suelo se le agrega NaOH (Hidróxido de Sodio), logrando que las huminas al ser insolubles se separen de los ácidos fulvicos y ácidos húmicos (solubles). De esta fase se obtiene humina más minerales que no son solubles en NaOH.
- Para separar los ácidos fulvicos de los húmicos, se le aplica ácido clorhídrico (ClH) a la sustancia resultante del paso anterior. Los húmicos al ser insolubles en ClH no se disuelven en la sustancia ácida aplicada.
- Por último para saber las fracciones de ácidos húmicos que se tienen en el suelo, se le agrega calcio (Ca^{++}) al componente húmico. Los ácidos húmicos pardos se disuelven en la solución no así los ácidos húmicos grises.

CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN LOS SUELOS

- Huminas:** Se le encuentra ligada mayoritariamente a suelos con vegetación de difícil degradación biológica (coníferas sobre todo), se halla retenida a los agregados de la fracción pesada del suelo de manera que no permite rompimiento por agitación mecánica pero si ultrasonica, esta constituida por partículas de densidad menor de $1,8 \text{ gr/cm}^3$.
- Ácidos Fulvicos:** Los ácidos fulvicos son amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, son fáciles de dispersar en agua y no se precipitan en soluciones ácidas, susceptibles a experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos.
- Ácidos húmicos:** Los ácidos húmicos son sólidos amorfos de color marrón oscuro, son generalmente insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, pero son fáciles de dispersar en las soluciones acuosas de los hidróxidos y sales básicas de los metales alcalinos, puede experimentar floculación mediante el tratamiento con ácidos o los demás cationes.

PAPEL DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS

La materia orgánica por encima de contenidos del 2% está ligada a la estabilidad de los suelos, al tener un poder aglomerante, sobre todo las sustancias húmicas al unirse a la fracción mineral da permeabilidad al suelo a la vez que le permite la estabilidad. La formación de óxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al) puede darse en combinación con materia orgánica estabilizando con ello los agregados del suelo.

² Solubilidad o insolubilidad

Por otro lado es importante senalar a la materia organica por su papel en la genesis y fertilidad de los suelos.

Tabla 1: Comparacion en cuanto a parametros fisicos y quimicos.

Parametro	Acidos Fulvicos	Acidos Humicos
Incremento en Peso molecular	2.000	300.000
Contenido de Carbono (%)	45	62
Contenido de Oxigeno (%)	48	30
Acidez Intercambiable (%)	500	1.400

Fuente: Modificacion propia en base a grafica de Silva. A sf

INCIDENCIA EN OTRAS PROPIEDADES FÍSICAS

- Otorga a los suelos organicos el caracteristico color oscuro, lo que le permite absorber mayor radiacion solar manteniendo mas estable la temperatura y con ello facilitar procesos de formacion de suelos y germinacion de semilla.
- Confiere al suelo mayor capacidad de retencion de agua contribuyendo con ello a mayor productividad y a reducir riesgos de inundaciones en las zonas mas bajas.
- Brinda proteccion al suelo contra procesos erosivos ya que el humus (en sus distintas fracciones) posee un alto poder aglomerante que protege a las particulas elementales del suelo.
- Por su alto poder buffer la materia organica protege a los suelos y cuerpos de agua tanto superficiales como subterraneos de la contaminacion por plaguicidas y otros contaminantes.
- La materia organica fija iones de la solucion del suelo, los cuales quedan debilmente retenidos, estan en posicion de cambio, evita por tanto que se produzcan perdidas de nutrientes en el suelo. La capacidad de cambio de la materia organica es de 3 a 5 veces superior a la de las arcillas, es por tanto una buena reserva de nutrientes.
- Al producir compuestos organicos contribuye a acidificar suelos alcalinos o basicos que requieran de esta enmienda.
- Por su caracter acido, sirve como agente acidificante, lo que contribuye a la descomposicion de minerales.
- Contribuye al estado de dispersion o floculacion del suelo.

C Ejercitación

TRABAJO EN EQUIPO

- 1) En equipos de trabajo conformados por cuatro compañeros, resolvemos las siguientes preguntas:
 - a) ¿Por que es necesario que conozcamos como se forma y evoluciona el suelo de su parcela?
 - b) ¿Que papel juegan los arboles en la formacion de los suelos?
 - c) ¿Por que son necesarios los organismos del suelo?
 - d) ¿Como influye la pendiente en la formacion o destruccion del suelo?.

TRABAJO INDIVIDUAL

- 2) Imagino una parcela agricola que conozca y en el cuaderno respondo los siguientes interrogantes:
 - a) ¿El terreno es inclinado o plano? ¿Como esto ayuda o dana el suelo?
 - b) ¿Existe vegetacion en el terreno?
 - c) ¿Que tipo de vegetacion cubre el terreno?
 - d) ¿Donde espera tener mejor el suelo? ¿en donde hay vegetacion o donde esta desprovista de esta?
 - e) Recuerdo haber observado la presencia de organismos en el suelo y respondo ¿En que cantidad? ¿De que tipo hay mas? ¿Que estan haciendo allí?
 - f) ¿Que es un mineral primario?
 - g) Menciono ¿Cual es el mineral primario que se encuentra mas comunmente en los suelos?
 - h) ¿Cual es el origen de la fraccion mineral de los suelos?
 - i) ¿Que proceso facilita la formacion de la fraccion mineral de los suelos?
 - j) ¿Cuales son los criterios para clasificar los minerales en primarios y secundarios?

- k) ¿En que fracciones granulométricas se encuentran los minerales primarios? y secundarios?
- l) Menciono los elementos químicos más importantes en la composición de los minerales primarios del suelo.
- m) ¿Cuál es la unidad estructural básica del mismo?
- n) Menciono las características principales de las fracciones físicas de materia orgánica que se obtienen en el laboratorio.
- o) ¿Cómo afectará el balance del carbono el cultivo continuo con laboreo?
- p) ¿De qué elementos químicos está compuesta principalmente la materia orgánica del suelo?
- q) ¿De qué depende el contenido de materia orgánica de un suelo? Para esto tomo en cuenta las entradas y salidas de materia orgánica en el suelo.
- r) De manera breve describo las principales propiedades del suelo sobre las cuales la materia orgánica incide.

EN PLENARIA

1. Socializo a mis compañeros las respuestas y hago los ajustes apropiados según lo orientado por el docente.

D Aplicación

TRABAJO EN EQUIPO

1. Nos organizamos en equipos de cuatro personas para realizar el siguiente trabajo de campo:
 - a) Organizamos la visita a una parcela en donde se establezcan de manera habitual cultivos.
 - b) Antes de visitar la parcela elaboramos una guía de preguntas que al menos contenga los siguientes aspectos:
 - Antecedentes del uso de los suelos de la parcela que vaya a investigar.

- Rendimientos productivos antes y ahora.
 - Cambios en cuanto a profundidad y otras características.
 - Efecto que ha tenido el cambio sufrido sobre la economía de la familia propietaria de la parcela.
 - Obtencion de muestra de suelo (pedimos autorizacion al propietario para extraer una muestra de suelo a profundidad de raices (segun cultivo) y hacemos tambien unos pequenos agujeros preferiblemente circulares en distintos puntos de la parcela a la misma profundidad. Una vez hechos estos, suministramos agua suficiente hasta enrase de ser posible.
 - Dicha muestra la trasladamos en bolsa.
 - El color que presenta el suelo en distintos puntos de la parcela.
 - Nivel de dificultad que se presenta al introducir pala u otro implemento de labranza en el suelo en distintos puntos de la parcela.
 - ¿Que figuras logra formar al amasar el suelo previamente humedecido?
 - ¿Que le permite al suelo lograr esa cohesion?
- c) Buscamos una botella plastica transparente de fondo plano y de forma regular, luego introducimos en ella la muestra de suelo proveniente de la parcela agrícola o pastizal y agregamos agua limpia hasta que sobrepase aproximadamente un tercio del espesor de la muestra.
- d) Posteriormente agitamos la botella hasta lograr una mezcla, la dejamos en reposo 72 horas. Transcurrido este tiempo se formaran unas capas bien definidas; medimos con una regla milimetrada la altura alcanzada por el suelo, luego medimos cada una de las capas que se formaron y anotamos los resultados en nuestro cuaderno.
- e) Con base a los resultados obtenidos, resolvemos los siguientes interrogantes:
- ¿Que porcentaje de limo existe en su parcela?
 - ¿Que porcentaje de arcilla posee la muestra?
 - ¿Que porcentaje de arena hay en la muestra?



Figura. Metodo de botella
(Dibujo Becker Chavarria L)

- ¿Donde se infiltra mas rapidamente el agua?
- ¿A que se debe que el agua tarde mas tiempo en infiltrarse en algunos de los agujeros que realizo?

TRABAJO INDIVIDUAL

1) Indago con el propietario de la parcela o alguien a cargo lo siguiente:

- a) ¿Que problemas se presentan en la parcela con respecto al agua en epoca lluviosa?
- b) ¿Que problemas se presentan en la parcela con respecto al agua en epoca seca?
- c) ¿Que deberia llevarse a cabo para poder utilizar estos terrenos en epoca lluviosa?

2) Con los datos obtenidos en campo, elaboro un informe y lo sustento al profesor.

E *Complementación*

TRABAJO INDIVIDUAL

1) Con ayuda de Internet o material bibliografico de la biblioteca suministrado por el docente. Amplio mis conocimientos en:

- a) Procedimientos aplicables sin necesidad de un laboratorio para determinar porcentajes de arcilla en una muestra de suelo.
- b) La relacion que existe entre porcentajes de arcilla y la fertilidad de los suelos.

Puedo consultar la informacion, visitando el sitio [www:http/uex.edu.es](http://uex.edu.es)

BIBLIOGRAFÍA

CHAVARRIA, F. 2009. Curso de Suelos I. UNAN Managua. 156p.

CHAVARRIA, F. 2010. Curso de Sostenibilidad II. UNAN Managua.

CHAVARRIA, D. y TORREZ, M. 2010. Evaluacion de macrofauna asociada a SAF Cacao y fragmentos boscosos en municipio de Waslala-RAAN. 2009-2010. 132p.

DURAN, A; ZAMALVIDE, J; GARCIA, F y HILL, M. sf. Propiedades fisico-quimicas de los suelos. 60p.

RUCKS, L; GARCIA, F; KAPLAN, A; PONCE DE LEON, J y HILL, M. 2004. Propiedades Físicas de los Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay. 78p.

SILVA, A. sf. La materia organica del suelo.

Universidad de Extremadura. 2005. Edafologia para Ciencias Ambientales. Area de Edafologia y Quimica Agrícola. Facultad de Ciencias.



UNIDAD 2

LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Reconocer la importancia de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Relaciona las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para proponer iniciativas encaminadas hacia su protección y conservación.

TRABAJO EN EQUIPO

1. Nos organizamos en equipos de cuatro personas para desarrollar las actividades propuestas, elegimos un relator, un controlador de tiempo y un comunicador.

a. Hacemos lectura del siguiente parrafo, lo interpretamos y lo analizamos.

Para que pueda existir la vida sobre la tierra es de vital importancia, la existencia del agua, y que esta se encuentre en cantidad suficiente y sea de buena calidad.

El agua constituye, por medio de las disoluciones del suelo, el elemento esencial de la nutricion de las plantas y generalmente es el compuesto mas abundante en la planta viva, llegando a representar hasta un 90%, proporcionando turgencia y rigidez a los tejidos y los organos. Del total de agua solo un 1.5% queda en el vegetal para formar parte de las celulas y tejidos.

b. Respondemos las siguientes preguntas relacionadas con la lectura anterior.

1. ¿Por que es importante tener en cuenta la cantidad y calidad de agua?
2. En su comunidad ¿Que tipos de problemas existen con relacion al agua?
3. ¿Que problemas se presentan con los suelos?
4. ¿Por que se han presentado eventos de deslizamientos?
5. ¿Se han dado casos de inundaciones en terrenos donde antes no los habia?
6. Si compara dos muestras de suelos con igual volumen pero una con mayor contenido de materia organica y un suelo arcilloso ¿Cual es mas pesado? ¿Por que?
7. ¿Que es la materia organica?
8. ¿Por que es importante que los suelos contengan materia organica?
9. ¿Que podriamos hacer para reponer o mantener los niveles de materia organica en los suelos?
10. ¿Que factores pudieran determinar las propiedades biologicas?

11. ¿Como es la calidad biologica de los suelos de nuestras parcelas?

12. ¿Que podriamos hacer todos nosotros para mantener o mejorar las propiedades biologicas de nuestros suelos?

EN PLENARIO

1. Socializamos la actividad desarrollada teniendo en cuenta las siguientes orientaciones:

- a) La persona que haya sido seleccionada como comunicador expondra ante el plenario los aportes del grupo.
- b) El relator y los integrantes del grupo que exponga responderan inquietudes del plenario.
- c) Los integrantes del grupo toman apuntes sobre las exposiciones de los grupos restantes de la clase.
- d) El coordinador del grupo solicita al docente la valoracion del trabajo presentado. El docente valora el trabajo de los estudiantes y realimenta sus aprendizajes si es necesario.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO

1. Organizados en equipos leemos la fundamentacion, ponemos atencion y tomamos nota de las ideas importantes.

1. BALANCE DEL AGUA

La cantidad de agua que se almacena en el suelo de su sitio puede calcularse analizando el balance del agua de su zona. El contenido del agua de su suelo varia segun el balance entre el agua acumulada debido a la precipitacion y el agua perdida por la evaporacion y la transpiracion.

PAPEL DEL AGUA EN LAS PLANTAS

¿PORQUE ESTUDIAR EL BALANCE DE AGUA?

A fin de determinar que especies vegetales podrian establecerse allí y en que momento requiriera se le aplique riego debido a las condiciones del clima, tipo de suelo, cobertura del suelo y otros factores.

EL AGUA JUEGA LAS SIGUIENTES FUNCIONES EN LAS PLANTAS:

- Constituye del 80 al 90% del protoplasma en plantas herbaceas y entre 50 a 60% en arboles.
- Sirve como solvente y transporte.
- Constituye el medio en el que actuan las reacciones.
- Facilita la fotosintesis y reacciones de hidrolisis.
- Otorga turgencia a las celulas.
- Facilita se de germinacion y emergencia.
- Contribuye al crecimiento vegetativo.
- Favorece el periodo reproductivo.
- Ayuda a que se de maduracion de frutos y semillas.

PROCESOS QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE DE AGUA

EVAPOTRANSPIRACIÓN:

Se denomina así a las cantidades combinadas de agua que se pierden en un sitio debido a la combinacion de la evaporacion y la transpiracion.

Se le denomina evapotranspiracion potencial (Etp) a la maxima perdida que se alcanzaria si el agua siempre estuviera disponible.

¿Que es la transpiracion?

La transpiracion es el proceso en el cual la planta toma el agua del suelo por medio del sistema radicular, la hace circular a traves de la planta hacia las hojas y la libera en la atmosfera en forma de vapor.

La transpiracion se da mayormente en el area foliar aunque una pequena porcion tambien se da en los tallos de plantas jovenes. El proceso de transpiracion se da por lo general durante las horas del dia, y en menor proporcion durante la noche (5 a 10%).

¿QUÉ FACTORES CONTRIBUYEN A QUE SE DÉ LA TRANSPIRACIÓN?

Existe una diversa gama de factores, uno de ellos es la humedad disponible del suelo, así como la clase y densidad del crecimiento de la planta, la cantidad de luz solar, la temperatura, la fertilidad del suelo y la velocidad del viento. En días soleados y con incidencia de vientos, la transpiración supera a la humedad que el sistema radicular extrae del suelo, provocando que las plantas se marchiten.

¿Que es la evaporación?

Consiste en la transferencia del agua que se encuentra en la superficie del suelo a la atmósfera. Esta transferencia se da en forma de vapor.

¿QUÉ FACTORES CONTRIBUYEN A QUE SE DÉ LA EVAPORACIÓN?

Sobresalen factores como: el tipo de superficie (textura) y la diferencia en la presión de vapor según la temperatura, el viento y la presión atmosférica. Para el cálculo del agua de consumo se incluye tanto la evaporación de la superficie del suelo como el agua interceptada por el follaje.

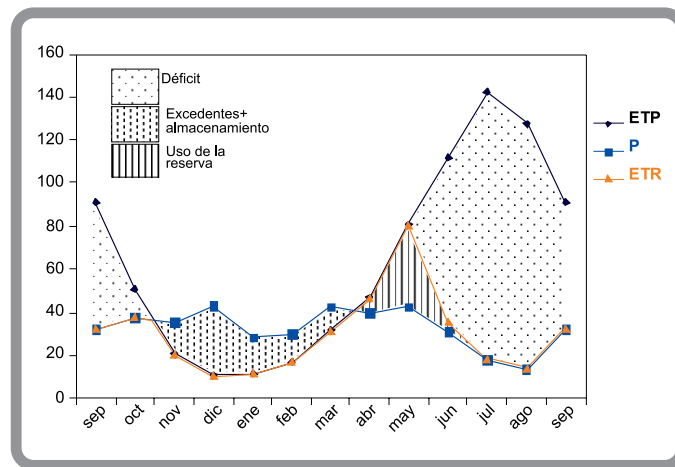
En terrenos de riego, las frecuentes aplicaciones superficiales influyen en la pérdida de agua por evaporación. Por lo que se aconseja que se hagan menos frecuentes las aplicaciones pero que estas sean más fuertes. Con esto se favorece que el agua penetre a mayor profundidad en el suelo y que sea por lo mismo mayormente aprovechada por la planta.

En los pastizales se reduce la evaporación no solamente porque las plantas transpiran en mayor proporción sino porque somborean el terreno.

La pérdida por evaporación es más alta en suelos en los que el proceso capilar del agua a la superficie es rápido. La evaporación es baja en los suelos en los que el agua se infiltra con facilidad. El agua ocupa parte de los poros que existen en el suelo. La microporosidad, incluida la porosidad textural, es la responsable de la retención del agua; y la macroporosidad, que incluye la porosidad estructural, es la responsable del drenaje, de la circulación del agua en general y parcialmente, de la retención del agua en determinados suelos.

Los vientos fuertes, altas temperaturas y bajo grado de humedad provocan por lo general un alto grado de evaporación cuando hay suficiente humedad en la superficie del terreno.

El grado de evaporación entre uno y otro riego depende, en cierto modo de la labranza, del cultivo y de la cobertura del cultivo con paja y estiercol así como la textura del suelo, las condiciones climáticas, tipo de cultivo, grado de crecimiento, método, frecuencia y profundidad del riego. Al crecer la planta aumenta el sombreado y disminuye progresivamente el grado de evaporación. (Chavarria, F. 2008)



Grafica 1. Balance hídrico

(http://web.usal.es/~javisan/hidro/practicas/Pneta_SCS_fundam.pdf)

TIPOS DE AGUA SEGÚN SU GRADO DE ADHESIÓN A LAS PARTÍCULAS DE SUELO

El agua contenida en el suelo puede estar presente de las siguientes maneras:

- a) **Agua gravitacional o libre:** Se llama así al agua que se mueve a causa de la gravedad, escurriendo por drenaje a través de los grandes poros que la contienen, juntamente con las sustancias en ella disueltas, pasando a través de los distintos horizontes hasta encontrar las aguas subterráneas. Esto constituye el drenaje del suelo por el cual se elimina este exceso de agua, de modo que los macroporos queden nuevamente ocupados por aire, siendo de la mayor importancia para la aireación del suelo. En caso de que esto no se produzca se puede producir la anegación del suelo, como ocurre en los terrenos pantanosos.

El agua gravitacional, libre o de drenaje, es la que se halla por encima de la capacidad de campo, retenida solo por tensiones menores de 0,1 atmósferas.

- b) **Agua capilar:** Es el agua que ocupa los espacios capilares del suelo. Esa agua puede ser eliminada desecando la muestra al aire, o hasta cierto punto por la absorción de las plantas, pero persiste en el suelo a pesar de la fuerza de la gravedad. Esta forma de agua se encuentra en el suelo como una capa o película más o menos ancha que rodea las partículas, película que irá adelgazando a medida que la planta la vaya solicitando.

La tensión superficial externa de la película está entre 0,1 y 0,5 atmósferas. Lo que depende de la textura del suelo, pudiéndose aceptar un valor medio de 0,33 atmósferas.

El agua capilar constituye el agua presente en el suelo que queda retenida entre 0,1 y 31 atmósferas, es decir, en un grado menor que la higroscópica.

- c) **Agua higroscópica:** Se denomina higroscopicidad del suelo a la propiedad de absorber mayor o menor cantidad de agua atmosférica mediante retención catiónica por parte

del complejo coloidal arcillo-humico dado el enjambre ionico que rodea la particula, con la consiguiente atraccion del dipolo agua.

El agua higroscopica corresponde a la adherida por el coeficiente higroscopico, es decir, con una tension entre 31 y 10.000 atmosferas.

- d) **Agua de constitucion o quimicamente combinada:** Es generalmente agua de hidratacion. Por estar intimamente ligada al soporte mineral solo puede ser eliminada con altas temperaturas, muy por encima de la temperatura de ebullicion del agua.

Para efectos agronomicos se le conocera al agua contenida en los suelos, con los siguientes terminos:

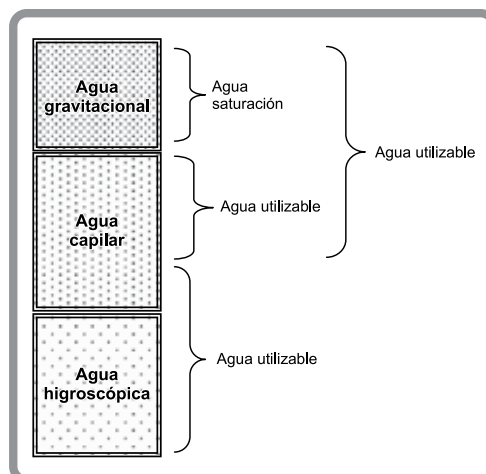
- *Maxima capacidad de retencion de humedad:* Es cuando el agua de precipitacion o aplicada por el riego entra en el suelo, desplazando al aire y ocupando su espacio en los poros (macro o micro). Con esto se logra saturar el suelo.
- *Capacidad de campo:* Al concluir el suministro de agua, la humedad retenida se desprende de los macroporos, quedando retenida en el suelo solo la humedad contenida por los microporos.

Cuando en la planta aparecen signos de marchitez se dice entonces que el suelo esta en la situacion de coeficiente de marchitez o humedad critica, que es cuando el agua esta retenida con una tension superficial de 15 atmosferas.

Al persistir el periodo de desecacion de suelo, dara paso al coeficiente higroscopico alcanzando una tension de 30,6 atmosferas.

- *Agua no aprovechable:* Es cuando el espesor de la pelicula de agua disminuye progresivamente, hasta alcanzar tension aumenta desde 31 hasta 10.000 atmosferas.

Dentro del agua no aprovechable se encuentra tambien el agua de constitucion que alcanza hasta las 30.000 atmosferas.



Grafica 2: Esquema de agua segun su aprovechamiento (Fuente: Modificacion propia con base a xxx)

¿CÓMO SE PUEDE DETERMINAR ESTOS TIPOS DE AGUA?

- **Agua libre o gravitacional:** Del total de agua que llega al suelo, una parte saturará los espacios porosos y al no haber más espacios se esparcirá por encima de la superficie del suelo, escurriendo según la pendiente o elevándose en caso de superficies planas. Esta agua se calcula por medio de determinación de escorrentía o bien por la altura de la lámina de agua sobre la superficie del terreno.

Se sumerge cilindro conteniendo muestra de suelo dentro de recipiente conteniendo agua. La muestra se sumerge hasta que esta enraice sin llegar a saturarla. Luego se deja durante 72 horas sobre un tamiz para que escurra el agua libre o gravitacional.

- **Agua capilar:** El agua que quede de la prueba anterior es la sumatoria de la capilar más la higroscópica más agua de constitución.
- **Agua higroscópica:** Esta agua higroscópica está presente en una muestra desecada a alta temperatura ambiente, pero se elimina por desecación en estufa durante varias horas entre 105°-110°.

Si la determinación la queremos con gran exactitud se debe mantener la muestra, antes de secarla en la estufa, durante un tiempo adecuado en atmósfera de humedad relativa del 98,2 %, lo que se consigue en desecador con H_2SO_4 al 3,3 %.

Para calcular el coeficiente higroscópico o de higroscopicidad se divide la pérdida de peso por el peso de muestra desecada en la estufa y se multiplica por cien.

La forma más sencilla es expresarla como porcentaje de peso o también conocida como humedad gravimétrica. El peso seco de la muestra se consigue exponiendo a 105° C. en un horno durante 24 horas. El peso del agua será igual a la diferencia entre peso húmedo del suelo y su peso una vez seco. Para calcular el porcentaje de peso de la humedad, se aplica la ecuación siguiente:

$$H_p (\%) = (\text{Peso de agua en la muestra} / \text{Peso de la muestra seca}) \times 100$$

La otra manera más frecuente por su utilidad es expresar el contenido de agua en el suelo como porcentaje en volumen (HV%) o humedad volumétrica. Este se calcula aplicando la fórmula:

$$H_v (\%) = (\text{Volumen de agua en la muestra} / \text{Volumen natural de la muestra}) \times 100$$

Una forma más ágil de determinar la humedad volumétrica (H_v) del suelo, es a partir de la humedad gravimétrica (H_p) y la densidad aparente (D_p) del suelo. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$H_p (\%) = (\text{Volumen de agua en la muestra} \times \text{densidad del agua}) / (\text{Volumen natural de la muestra} \times \text{densidad del suelo}) \times 100$$

Existen otras formas mas para calcular la humedad del suelo. Una de ellas es expresarla como una altura dada en milímetros (mm). La ventaja de este metodo es que de esta manera el contenido de agua queda expresado en la misma unidad en que se mide habitualmente la lluvia.

1 mm de columna de agua es igual a 1 litro de agua en un metro cuadrado de terreno.

¿CÓMO SE PUEDE DETERMINAR LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS SUELOS?

Existen dos metodos clasicos para determinar la velocidad de infiltracion del suelo. Ellos son:

- 1) El metodo del cilindro infiltrometro, utilizado para verificar el comportamiento del suelo donde se utilizan metodos de riego por tendido, bordes, aspersion y goteo.
- 2) El metodo del surco infiltrometro, utilizado en los casos en que el cultivo sera regado por surcos rectos o sus variantes.

Tabla 1: Relacion entre textura y velocidad de infiltracion

Textura	Velocidad de infiltracion (mm/hr)
Arcilloso	< 5
Franco-arcilloso	5-10
Franco	10-20
Franco-arenoso	20-30
Arenoso	> 30

¿QUÉ PROBLEMAS OCASIONA EN LAS PLANTAS EL EXCESO DE AGUA?

Cuando el agua se encuentra en exceso en los suelos, se presentan entre otros problemas:

- El oxígeno se difunde 10.000 veces mas lentamente en agua que en aire. Por lo que en la planta se daría respiracion anaerobica.
- Baja eficiencia, por la produccion de sustancias toxicas.
- Se enlentece el metabolismo activo (absorcion de agua y nutrientes).
- Mayor riesgo de incidencia de algunas enfermedades en el suelo.
- Perdidas de N por volatilizacion y lavado.

- Reduccion de Fe y Mn que pasan a formas mas disponibles causando toxicidad.
- Reduccion de la mineralizacion de la materia organica del suelo.
- Conversion de NH_3 a NO_3^- , por lo que se da deficiencia de N.

2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

Por el desconocimiento de las propiedades fisicas que posee un suelo muchas veces se le expone a su degradacion y con ello la perdida de sus principales funciones ecosistemicas y su capacidad productiva. Con ello se expone a sus propietarios como a las poblaciones que dependen de la agricultura a escasez de alimentos, inundaciones, sequias, deslizamientos de suelos, licuefaccion y otros danos que ponen en peligro la existencia de la vida humana y propiedades.

Por lo antes expuesto es que se hace imprescindible conocer los suelos y aprovecharlos segun sus capacidades.

Es de suma importancia conocer las propiedades fisicas de un suelo a fin de dispensarle el manejo mas apropiado y asi producir de una manera sustentable.

Marsh (1978), siendo citado por Chavarria, F. (2007), senala al suelo como un medio complejo, en constante cambio y en intrinseca relacion con el aire, las rocas, el relieve, la flora, la fauna y el agua y otros factores climaticos. Todo esto tiende a que en los suelos se den características específicas tales como la textura, la estructura, la densidad, porosidad, la profundidad, pedregosidad, drenaje, el color, entre tantas otras. Las que a partir de ahora llamaremos propiedades fisicas.

TEXTURA

Una de las propiedades fisicas de importancia es la textura, la cual expresa la distribucion del tamaño de las partículas solidas de las que esta compuesto el suelo.

Por medio de la textura de un suelo se pueden estimar ciertos atributos como su capacidad productiva, su comportamiento mecanico, capacidad de retencion de agua, capacidad portante, velocidad de infiltracion, densidad aparente, capacidad de usos contrastandola con la profundidad y pendiente, etc.

¿CÓMO SE PUEDE DETERMINAR LA TEXTURA DE UN SUELO?

La determinacion de la distribucion de las partículas de diferentes tamaños en los suelos se llama analisis mecanico. Existen varias tecnicas para determinar el porcentaje de distribucion de las partículas segun su tamaño, pero la mayor parte de ellas suponen la completa dispersion de las partículas en agua (por lo general conteniendo un detergente),

separación en categorías por tamaños y cálculos de los porcentajes de cada categoría según su peso. Estos métodos se basan en el principio de las partículas suspendidas en el agua tienden a sedimentarse en relación con su tamaño. Las fracciones de arena se sedimentan muy rápidamente y se separan en grupos arbitrarios por medio del cernido. Los métodos del hidrometro y de la pipeta, son los más ampliamente utilizados para determinar las fracciones de limo y arcilla. El método del hidrometro es de gran utilidad en los trabajos sobre suelos forestales porque es relativamente rápido y requiere un mínimo de equipo, además de ser razonablemente exacto.

Debido a que en la mayoría de casos se deben tomar decisiones en campo, en donde no se cuenta con equipos de laboratorio, se puede utilizar método del tacto, que consiste en el siguiente procedimiento:

1. Tome una cantidad de muestra que pueda contener en la palma de su mano izquierda (o derecha si usted es zurdo o izquierdo).
2. Humedezca hasta el punto de adherencia, mezclando con ayuda de los dedos índice y medio.
3. Intente hacer un cilindro de 3 milímetros de diámetro.

Si no se puede hacer, la muestra tiene más del 80% de arena, no es plástica ni se pega cuando está húmeda.

4. Si el cilindro de 3 mm de diámetro no fue posible lograrlo, entonces ensayemos con uno de 1 mm de diámetro.
5. Si no se puede lograr formar cilindro de 1 mm de diámetro.

La muestra tiene entre 65 y 80 % de arena.

6. Si el cilindro de 1 mm es posible, intentemos formar un anillo con el cilindro de 3 mm y 10 centímetros de longitud.

Si el anillo se agrieta, la muestra tiene entre un 40 y un 65% de arena.

7. Si el anillo con diámetro de 3 mm es posible, intenta formar un anillo con el de 1 mm.

Si el anillo se agrieta, la muestra tiene un predominio de limo; si el anillo es posible, en la muestra predomina la arcilla.

8. Si predomina el limo, es untuosa. Al humedecerla no es plástica y cuando se seca no se endurece tanto como la arcilla.

La arcilla en seco forma agregados muy duros que no se rompen entre el pulgar y el índice. Cuando esta húmeda es muy plástica, adherente entre los dedos.

Otro método que puede ser utilizado por su sencillez en la aplicación y confiabilidad en el uso es el uso de matriz, en la cual se escriben los datos obtenidos con el método antes descrito.

Condición	Arenoso	Ar-limoso	Limoso	Arcilloso
Se forma filamento de 3 mm	No	Si	Si	Si
El filamento mide 10 o más centímetros y además puede enrollarse hasta formar anillos sin romperse	No	No	No	Si
Puede formarse fácilmente filamento de 1 mm y 10 cm de largo	No	No	Si	Si

ESTRUCTURA

Esta propiedad nos permite conocer como están formados los agregados del suelo, es decir como se organizan las arcillas, el limo y las arenas para formar el suelo. Para determinar la estructura es necesario estudiar tres parámetros; siendo estos: la forma, el grado de desarrollo y tamaño del agregado.

Existen numerosas fuentes que indican como clasificar la estructura de un suelo atendiendo a la forma de los agregados, pero en este caso trabajaremos con lo planteado por la UEX (2005) citando a FAO (1977). Atendiendo a la clasificación planteada se establece lo siguiente:

- Estructura particular:** Aunque realmente no se trata de una estructura propiamente dicha se clasifica como tal solo para mantener una unidad de definición. Esta clasificación se presenta cuando solo hay arena y la floculación es imposible y las partículas quedan separadas. Se encuentra solo en el horizonte E.
- Estructura masiva:** Propia de materiales que presentan una masa consistente, es decir que no presenta grietas y no se puede en ella diferenciar los agregados. Propia de materiales sin edafizarse pero que poseen coloides arcillosos derivados de su origen. Se encuentra en el horizonte C.
- Estructura fibrosa:** Al igual que en el primer caso no cumple criterios de estructura. Se encuentra constituida de fibras orgánicas con incipiente proceso de descomposición; el único rasgo de organización es el entrelazamiento de las fibras. Propia de los horizontes H y O.
- Estructura grumosa o migajosa:** Es una de las más recomendadas para la agricultura puesto que sus agregados son pequeños, muy porosos y redondeados, lo que hace que

no encajen unos con otros y dejen huecos muy favorables para la penetración de las raíces. Propia de horizontes A, con abundante materia orgánica.

- e) Estructura granular: Al igual que la anterior es de las más recomendadas para la agricultura. Sus agregados son poco o nada porosos por contener más arcilla que materia orgánica en el proceso de floculación. Es propia de horizontes A, de suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- f) Estructura subpoliedrica o subangular: Los agregados de esta estructura presentan forma poliedrica equidimensional con las aristas y los vértices redondeados. Propia de horizontes A muy pobres en materia orgánica pero también se encuentra en la parte superior de los horizontes B.
- g) Estructura poliedrica o angular: Su forma recuerda a la de un poliedro equidimensional con aristas y vértices afilados y punzantes. Los agregados encajan perfectamente unos en otros y dejan un sistema de grietas inclinadas. Es típica de horizontes B con contenidos arcillosos medios o con arcillas poco expansibles. Representante genuina de las estructuras de fragmentación.
- h) Estructura prismática: Es muy parecida a la poliedrica pero la dimensión vertical predomina sobre la horizontal. Cuando es muy gruesa constituye una transición a la estructura masiva. Es propia de los horizontes B.
- i) Estructura columnar: Constituye en realidad una variación de la estructura prismática que se produce cuando hay una dispersión fuerte de la arcilla provocada por altas concentraciones de Na. Las arcillas sodicas al secarse forman una masa muy compacta que se resquebraja en grandes prismas muy duros e impenetrables por el agua; el agua cargada de coloides fluye fundamentalmente por las grietas que quedan entre los agregados y esto hace que las partículas en suspensión erosionen la parte alta de los agregados y le den un aspecto de cupula. En estas condiciones también se dispersa la materia orgánica, por lo que esa suspensión impregna la superficie de los agregados que quedan revestidas de oscuro y se les conoce como columnas enlutadas. Es frecuente que las sales queden impregnando la parte superior y cristalicen al secar, lo que provoca una cubierta blanca. Es propia de los horizontes B de suelos salinos sodicos.
- j) Estructura esquistosa o laminar: Similar a las anteriores con la diferencia que la dimensión vertical es mucho menor que la horizontal. Es propia de horizontes C.
- k) Estructura escamosa: Posee forma de lámina delgada y curvada con aspecto concavo. Se presenta en zonas anegadas que luego se secan. Al secarse, las partículas gruesas no cambian de volumen ni forma, mientras que la fracción fina y coloidal se contrae. Resulta ser una estructura temporal ya que al momento de llover o aplicarse riego la estructura regresa a su forma original.

DENSIDAD

La densidad se define como la masa por unidad de volumen (M/V).

Se puede distinguir dos tipos de densidades de acuerdo a la densidad de sus componentes sólidos y la del conjunto del suelo, incluyendo los espacios intersticiales entre los poros de los agregados del suelo. Los tipos de densidades por lo tanto serán:

- a) Densidad real: Constituye la densidad de la fase sólida del suelo. Es un valor muy permanente pues la mayor parte de los minerales arcillosos presentan una densidad que está alrededor de 2.65 gramos por centímetro cúbico.

Los carbonatos presentan una densidad algo menor así como la materia orgánica, que puede llegar a valores de 0.1; debido a lo cual en horizontes muy orgánicos o carbonatados se debe reconsiderar el valor de 2.65. En el caso de los orgánicos puede calcularse aplicando los valores citados a los contenidos relativos de fracción mineral y orgánica.

- b) Densidad aparente: Refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que incluya tanto a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella. Para establecerla debemos tomar un volumen suficiente para que la heterogeneidad del suelo quede suficientemente representada y su efecto atenuado.

¿CÓMO PUEDE DETERMINARSE LA DENSIDAD APARENTE?

En base a lo planteado por Chavarria, F. (2007) citando a UEX (2005), el método para determinar densidad aparente del suelo, consiste en extraer muestra de suelo sin perturbar con cilindro de volumen conocido (cercano a 100 cc), se hace recorte de los excedentes del suelo en los extremos y con uso de herramienta apropiada se extrae la muestra del cilindro, teniendo cuidado de no perder ningún gramo de suelo se coloca la muestra en un contenedor para luego someterla a temperatura de 105° C. hasta alcanzar peso constante. Luego se pesa. La densidad resulta de la relación entre el peso seco y el volumen del cilindro.

¿CÓMO INTERPRETAR LA DENSIDAD APARENTE?

Con el valor obtenido podemos establecer equivalencias entre las relaciones masa/masa, que son la forma habitual de medir los parámetros del suelo, y las masa/superficie que son las utilizadas en la aplicación de fertilizantes o enmiendas para corregir deficiencias o problemas de acidez.

A fin de tomar decisiones de adicionar un elemento que se halla encontrado deficitario en análisis de suelo, hemos de conocer la masa de suelo que corresponde a una superficie definida para un espesor concreto. Usualmente se utiliza como unidad de superficie la hectárea y como profundidad la correspondiente a la capa arable que se establece como promedio en 30 cm. De este modo, la masa de una hectárea podemos calcularla multiplicando la densidad aparente por su volumen, que vendría expresado por el producto del espesor deseado en metros multiplicado por 10.000 que es su superficie en

metros cuadrados. Una vez conocido ese valor ya es posible aplicar cualquier relacion masa/masa obtenida en la determinacion del parametro a corregir, sin mas que adecuar convenientemente las unidades.

POROSIDAD

La porosidad se define por el volumen que ocupan los poros (y este se encuentra ocupado por gases y liquidos) con relacion al volumen total ocupado por el suelo. La porosidad esta inversamente relacionada con la densidad del suelo. (Hogson, 1985)

El tamano de los poros y por lo tanto la porosidad del suelo, depende del tamano de las particulas del suelo y del tamano de los agregados de particulas.

Hogson (1985) definio cinco clases de porosidad en los suelos, considerando los poros menores de 60 μm y el % del volumen del suelo ocupado.

Tabla 2: Clasificacion de la porosidad (Fuente: Hogson, 1985)

Clase	% ocupado por poros
Muy debilmente poroso	< 5,0
Debilmente poroso	5,0 - 9,9
Moderadamente poroso	10,0 - 14,9
Muy poroso	15,0 - 20,0
Extremadamente poroso	> 20,0

¿CÓMO PUEDE OBTENERSE LA POROSIDAD DE UN SUELO?

Segun UEX (2005), para determinar porosidad se utilizan metodos indirectos como la permeabilidad, la relacion entre las dos formas de determinar la densidad o la retencion de agua. Todos estos metodos a pesar de que nos brindan informacion acerca del volumen total de poros, de la existencia de macroporos continuos o del valor de la microporosidad. No nos permite conocer la proporcion en que se distribuyen los poros, ni su forma, ni su orientacion. Un metodo mas correcto por lo tanto es la observacion de la micromorfologia, acompanada de una correcta micromorfometria.

PROFUNDIDAD

La profundidad de un suelo esta expresada por el espesor en centimetros del suelo hasta el lecho de roca, en unos casos, o hasta el estrato u horizonte cementado, en otros.

La profundidad es un factor determinante del desarrollo y productividad de los cultivos, al condicionar el desarrollo radicular y el volumen de agua disponible para las plantas.

En base a clasificacion de la FAO, (1976a) y citada por Chavarria, F (2007), la profundidad efectiva del suelo que puede trabajarse con maquina o manualmente, se clasifica a la profundidad en cuatro clases. Siendo estas las siguientes:

Tabla 3: Clasificación de profundidad de suelos.

Profundidad	Clasificación
< 20 cm	Muy someros
20-50 cm	Someros.
50-90 cm	Moderadamente profundos
> 90 cm	Profundos.

PEDREGOSIDAD

La pedregosidad esta definida por la proporcion relativa de piedras gruesas (de 25 cm de diametro medio) que se encuentran dentro o en la superficie del suelo.

Segun Soil Survey Staff del U.S.D.A (1951) la pedregosidad de los suelos con fines de aprovechamiento agrario se clasifica en seis clases fundamentales, las que se describen a continuacion:

Tabla 4: Clasificación de pedregosidad superficial

Clase	Porcentaje cubierto
Clase 0:	< 0,01
Clase 1:	0,01-1
Clase 2:	1-3
Clase 3:	3-15
Clase 4:	15-90
Clase 5:	> 90

PROPORCIÓN DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS

La proporcion de afloramientos rocosos se refiera a la proporcion relativa de la superficie del suelo cubierto por roca firme en forma continua.

Clasificación de la proporcion de afloramientos rocosos

- Clase 0: Porcentaje de afloramientos rocosos superficiales inferior al 2% del area. No dificulta el laboreo del suelo.
- Clase 1: 2-10% de recubrimiento superficial. Interfiere, pero no impide el cultivo a escarda.
- Clase 2: Impracticable el cultivo a escarda; 10-25% de recubrimiento de los afloramientos rocosos.
- Clase 3: Impide el uso de maquinaria, excepto la muy liviana; 25-50% de recubrimiento superficial.

- Clase 4: Hace imposible el uso de maquinaria. Recubrimiento superficial del 50-90%.
- Clase 5: Suelos en los que mas del 90% de la superficie esta cubierta por afloramientos rocosos.

DRENAJE INTERNO

El drenaje interno del suelo esta referido a la evacuacion de forma natural del exceso de agua en el interior del suelo.

Se distinguen dos tipos de drenaje; siendo estos el drenaje superficial, que interesa a la capa de suelo propiamente dicha y el drenaje profundo, que interesa al sustrato, a veces muy profundamente, e influye directamente en la localizacion y capacidad de los acuíferos de agua subterránea.

Segun Brigg (1977), citado por Chavarria, F (2007) la clasificacion del drenaje del suelo se puede medir:

Tabla 5: Pedregosidad de los suelos

Tipo de drenaje	Condiciones de Drenaje
Libre	No existe acumulacion de agua en los primeros 80 cm, excepto durante los 4 primeros dias tras una fuerte lluvia
Moderado	Encharcamiento por encima de los 60 cm durante un periodo inferior a un mes
Imperfecto	Encharcamiento a una profundidad menor de 60 cm de forma continua durante mas de un mes
Pobre	Encharcamiento durante largos periodos. Incluso en la epoca seca
Muy pobre	Encharcamiento casi continuo

PERMEABILIDAD

Se refiere a la capacidad de los suelos para dejar fluir o transmitir agua o aire a traves de el. La importancia de la permeabilidad radica en la determinacion del potencial del suelo en actividades tales como fosas septicas (peligro de infiltracion de contaminantes hacia las capas freaticas), respuestas de drenaje del suelo y capacidad de regadio.

La permeabilidad se mide en terminos de la velocidad del paso de agua a traves de una unidad de seccion transversal de suelo saturado de humedad en una unidad de tiempo.

3. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

La agricultura desde su aparición se basa en la explotación del suelo. En muchos lugares por el mal uso que se le ha dado a los suelos, se ha perdido su fertilidad o bien lo han contaminado de manera que ahora atraviesan serios problemas de pobreza y hambre. Situación que los hace propensos a enfermedades, a la pérdida de autoestima, a la violencia, a la dependencia de otros, entre tantas consecuencias. Los suelos para reponer sus minerales requieren de las arcillas y de la materia orgánica. La materia orgánica se puede reponer. En cambio la arcilla proviene de la meteorización tanto física como química de las rocas.

La materia orgánica constituyente del suelo tiene su origen en restos vegetales y animales que se depositan sobre los suelos, que luego de varios procesos se incorporan. Generalmente la materia orgánica fresca es la que compone los horizontes o capas del suelo denominados H y O.

PRINCIPALES COMPONENTES DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Las propiedades químicas de los suelos, están determinadas principalmente por la materia orgánica y las arcillas, por ser estos las fuentes principales aportadoras de nutrientes.

Sanchez, B.; Ruiz, M. y Rios, M.M. (1992) citando a Schnitzer (1991) define a la materia orgánica presente en el suelo como una “mezcla heterogénea de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente a partir de los productos de degradación, de los cuerpos de microorganismos vivos y muertos, pequeños animales y sus restos en descomposición”. La materia orgánica cualquiera sea su origen, es junto a las arcillas los elementos esenciales para que se den una serie de aportes de nutrientes en los suelos. La relación carbono/nitrógeno del suelo desde el punto de vista químico, constituye un índice de gran utilidad en la interpretación de la calidad de la materia orgánica respecto a su fertilidad.

En la tabla siguiente se muestra las principales categorías de acuerdo a la relación C/N.

Tabla 6: Relación C/N según calidad de materia orgánica.

Calidad de la materia orgánica	C/N
Muy Buena	7-8
Buena	8-12
Mediana	12-15
Deficiente	15-20
Mala	20-30
Muy Mala	30-50

Fuente: (Schnitzer 1991, citado por Sanchez, B. et al (1992)

PH

El pH indica el grado de acidez de la solución del suelo, pero no la acidez total del suelo. El pH debido a la influencia que tiene sobre el desarrollo de las plantas y la fauna del suelo, incide además en la velocidad y calidad de los procesos de humificación y mineralización así como en el estado de determinados nutrientes.

En los suelos los hidrogeniones se encuentran tanto en la solución, como en el complejo de cambio, dando origen a los dos tipos de acidez conocidas; la activa o real (en solución) y la acidez de cambio o de reserva (para los adsorbidos). Ambas están en equilibrio dinámico. Si se eliminan H^+ de la solución se liberan otros tantos H^+ adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH, está fuertemente tamponado.

En base a USDA (Soil Survey Staff, 1965), la acidez de los suelos se clasifica según sus valores en las categorías que se citan en la tabla 7, que se presenta a continuación:

Tabla 7: Clasificación de acidez del suelo

pH de solución del suelo	Categoría
Menor de 4	Suelo extremadamente ácido
4.5 – 5.0	Suelos muy fuertemente ácidos
5.1 – 5.5	Suelos fuertemente ácidos
5.6 – 6.0	Suelos medianamente ácidos
6.1 – 6.5	Suelos ligeramente ácidos
6.6 – 7.3	Suelos neutros
7.4 – 7.8	Suelos medianamente básicos
7.9 – 8.4	Suelos moderadamente básicos
8.5 – 9.0	Suelos fuertemente básicos
Mayor 9.1	Suelos muy fuertemente básicos

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE SABER EL PH DE UN SUELO?

El pH de un suelo influye en la mayoría de las reacciones de los suelos. Entre otras influencias se puede mencionar:

- Incide sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos.
- Un pH neutro es el mejor para las propiedades físicas de los suelos.
- A pH muy ácido se da intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable.
- A pH alcalino, la arcilla se dispersa, destruyéndose la estructura, dando origen a malas condiciones físicas.

- El pH influye la asimilación de nutrientes del suelo pudiendo bloquear cuando el pH es ácido o bien cuando es alcalino según el tipo de nutriente.
- pH entre 6 y 7,5 resulta ser el mejor rango para el buen desarrollo de las plantas.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ACIDEZ DE LOS SUELOS

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente:

- Naturaleza del material original: Según que la roca sea de reacción ácida o básica.
- Factor biótico: Los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida.
- Precipitaciones: Tienden a acidificar al suelo y desaturarlo al intercambiar los H^+ del agua de lluvia por los Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ de los cambiadores.
- Complejo adsorbente: Según que está saturado con cationes de reacción básica (Ca^{++} , Mg^{++} ...) o de reacción ácida (H^+ o Al^{+++}). También dependiendo de la naturaleza del cambiador variará la facilidad de liberar los iones absorbidos.

CAMBIO IÓNICO

El cambio iónico se define como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambas fases.

Las causas que originan el intercambio iónico son los desequilibrios eléctricos de las partículas del suelo. Para neutralizar las cargas se adsorben iones, que se pegan a la superficie de las partículas. Quedan débilmente retenidos sobre las partículas del suelo y se pueden intercambiar con la solución del suelo.

La Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC) es la más importante, y más conocida.

En el suelo son varios los materiales que pueden cambiar cationes. Los principales cambiadores son las arcillas y la materia orgánica.

Las causas de la capacidad de cambio de cationes de las arcillas son:

- Sustituciones atómicas dentro de la red.
- Existencia de bordes (superficies descompensadas).
- Disociación de los OH de las capas basales.

En cuanto a los factores que hacen que un suelo tenga una determinada capacidad de cambio de cationes son varios.

- Tamaño de las partículas: cuanto mas pequeña sea la partícula del material, mas grande sera la Capacidad de Intercambio.
- Naturaleza de las partículas: La composición y estructura de las partículas influirá en las posibilidades de cambio de sus cationes

La capacidad de Intercambio es variable, en los minerales o compuestos del suelo. En la tabla siguiente se señalan los principales materiales y sus valores de CIC.

Tabla 8: Valores de CIC según material.

Tipo de material	CIC, meq/100g
Cuarzo y feldespatos	1-2
Oxidos e hidrox. Fe y Al	4
Caolinita	3-15
Ilita y clorita	10-40
Montmorillonita	80-150
Vermiculita	100-160
Materia organica	300-500

Como vemos la naturaleza del cambiador confiere mayor a menor capacidad de cambio. Cada 1% de arcilla puede repercutir en medio miliequivalente en la capacidad de cambio de cationes del suelo. Si en vez de arcilla nos referimos a la materia organica, cada 1% puede repercutir en 2 miliequivalentes mas ($\text{miliequivalente} / 100\text{gr} = \text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$).

¿CUÁL ES LA IMPORTANCIA DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO?

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , entre otros.
- Interviene en los procesos de floculación - dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

4. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS

LA VIDA EN EL SUELO

La presencia de organismos dentro del suelo es una señal inequívoca de la calidad que posee dicho ecosistema. Muchas veces basta con observar la presencia de organismos vivos para saber como se encuentra el suelo y para que lo podemos usar. Como ha sido explotado o sencillamente saber que problemas podríamos enfrentar al establecer un cultivo determinado.

En los suelos es necesario determinar dos parámetros que indican su calidad biológica; estamos hablando de la diversidad y la abundancia. El tener abundancia a veces puede tener ciertas complicaciones porque significa que los suelos se encuentran afectados o fueron afectados al haber desequilibrio entre las especies. (Chavarria, D. y Torrez, M. 2010)

En el suelo se encuentra representada la gran mayoría de los componentes del reino animal, teniendo predominio los invertebrados.

La función principal de los organismos vivos en los suelos es precisamente el enriquecimiento del mismo a través de la transformación de la materia orgánica y modificación de algunas propiedades físicas como la porosidad, aireación, drenaje, etc.

En los suelos dependiendo su ubicación y la interrelación con otros factores y componentes ecológicos, podremos encontrar casi todas las especies con excepción de peces. En el caso de los vertebrados los más abundantes son los mamíferos, sobre todo roedores como la taltuza, ratas, topes, conejos, entre otros. Los que lo utilizan para construir sus madrigueras, contribuyendo con ello a la remoción de suelo y permitiendo la aireación, drenaje y retención de humedad, entre otros beneficios (cuando se trata de áreas no cultivadas). En el suelo también se pueden encontrar especies de reptiles y aves, aunque estos al igual que los mamíferos no pueden considerarse meramente fauna edáfica. (UEX, 2005)

Refiriéndonos a los invertebrados se encuentran especies pertenecientes a las clases de los nematodos, anélidos, artrópodos y moluscos pero también especies microscópicas pertenecientes a los reinos (monera, protista, fungi y plantae). Entre seres microscópicos en los suelos tenemos protozoos, bacterias, actinomicetos, hongos y algas.

PRINCIPALES CLASES DE INVERTEBRADOS

ARTRÓPODOS

Dentro de la clase de los artrópodos se encuentran los insectos y dentro de estos deseamos estudiar a los colembolos.

Las especies pertenecientes a esta clase de invertebrados prefieren lugares húmedos propios de la hojarasca en putrefacción y otros restos vegetales. Estas especies raramente se comportan como carnívoras (de pupas de dípteros y bacterias), siendo que la mayoría se alimenta estrictamente de micelios de hongos y de esporas.

Como todo en nuestro planeta, algunas especies son perjudiciales para los humanos al dañar los cultivos, pero en lo general tienden a ser beneficiosos para los suelos al congregarse y acumularse en las zonas más porosas y aireadas. Algunas especies como *Odontella armata* y *Odontella lamellifera* pueden utilizarse como indicadores del pH del suelo, (la primera es basófila mientras que la segunda es acidófila).

Los colembolos contribuyen de dos formas a la formación de los suelos; por una parte extraen materiales que son ingeridos por ellos y luego aportan sus heces al suelo, mejorando la calidad del mismo. Los excrementos de los colembolos junto a los de los ácaros, pueden llegar a constituir horizontes llamados “mull de insectos”.

Otras especies de importancia dentro de los artrópodos son propias de la familia de los miriápodos, lo que se caracterizan por presentar respiración traqueal, dos antenas y cuerpo largo y dividido en numerosos anillos, cada uno de los cuales lleva uno o dos pares de patas.

En el suelo están representadas solo dos subclases: diplopodos o milpies y quilópodos o ciempies.

Los Diplopodos o comúnmente conocidos como milpies, se caracterizan por tener en la cabeza un par de ojos simples, un par de antenas, un par de mandíbulas y otro de maxilas. El cuerpo es de forma cilíndrica y presenta de 25 a 100 segmentos, con un par de patas cada uno. El torax está formado por cuatro, y los restantes son considerados abdominales. En cada segmento abdominal existe un par de espiráculos. Localizados en el extremo anterior se encuentra un par de orificios genitales. En la mayoría de las especies los apéndices del séptimo segmento están especializados para la cópula. (Johnson, B. 2010)

Aunque pueden alimentarse de materia fresca prefieren hacerlo de la hojarasca medio descompuesta porque no son capaces de digerir la celulosa. Son excelentes trituradores y mezcladores mecánicos. Se debe tener cuidado de no plantar raíces y tubérculos cuando se halla realizado aplicación de abonos orgánicos ya que los milpies se pueden convertir en una verdadera plaga. (Chavarría, F. 2007, citando a UEX 2005)

En el caso de los quilópodos o ciempies, se caracterizan por tener el tronco compuesto por numerosos segmentos no soldados dos a dos, con los apéndices del primero convertidos en forcículas y con el orificio urogenital en el penúltimo segmento. Cada segmento del tronco tiene un par de patas excepto los cuatro últimos que son apodos. En total tienen más de veinticinco pares de patas. Son depredadores. Los más conocidos son los ciempies.

Se comportan como higrofilos y lucífugos. Al secarse la parte superficial del suelo se ven obligados a desplazarse hacia las capas del suelo más profundas.

ANÉLIDOS

Los Enquitreidos pertenecen a la clase de los anelidos.

Los Enquitreidos ingieren restos vegetales mezclados con tierra, con una especial predilección por las bacterias y sobre todo, por los hongos; es posible que aunque se alimentan de hongos y bacterias, los efectos mecánicos del paso de grandes cantidades de plantas y material mineral por su intestino puedan compensarse con la estimulación del crecimiento de la microflora.

Los Enquitreidos pueden ser carnívoros y comerse a otros miembros de la fauna de menor tamaño, tal es el caso de los nematodos, dentro de los cuales prefieren a los parásitos de las plantas, posiblemente en su primer estadio en que están en el suelo y poseen un desarrollo incompleto y un tamaño menor.

Las que viven en el horizonte A, concentran en sus excrementos los componentes fungicos.

En cambio en las especies propias de zonas más profundas del suelo (horizonte B), tienen un mayor contenido de sílice en sus excretas.

En cuanto a las lombrices Reilly, J.P., Trutmann, P. y Rueda, A. (2004) señalan a estas como un anélido que a través de su metabolismo mejora la estructura del suelo además de mejorar algunas características químicas de los suelos.

Las lombrices contribuyen a mejorar las características físicas al construir sus galerías y remover el suelo y mezclar verticalmente las sustancias orgánicas de la capa arable. Existen lombrices que perforan galerías en todas las direcciones, y en esta acción segregan una mucosa que da firmeza a las paredes de las mismas, y por lo general, son excavaciones más profundas que las realizadas por los arados. Algunas lombrices llegan hasta los 4 metros de profundidad, con la ventaja de que no destruyen la estructura del suelo. Además, al construir sus galerías. Contribuyen a mejorar la circulación del aire y del agua.

Con las deyecciones o excrementos que almacenan en la superficie del suelo, a la entrada de las galerías, en cantidades que fluctúan entre 10 a 90 toneladas por manzana al año aportan entre 3 a 4 veces más nutrientes disponibles que un suelo sin lombrices.

Las lombrices a través de la deposición de sus excretas aumentan de tres a once veces el nivel de fósforo, potasio y magnesio disponible en el suelo; elevan de cinco a diez veces el nivel de nitratos y de calcio, disminuyendo la acidez de la tierra (Reilly, J.P., Trutmann, P. y Rueda, A. 2004).

Por los aportes a la calidad de los suelos de parte de las lombrices de tierra se debe promover su aplicación pero además se requiere de implementar otras prácticas agrícolas y culturales como son las rotaciones y asociaciones de cultivos, uso de abonos orgánicos, abonos verdes, rastrojos incorporados o sin incorporar, terrazas, zanjas de infiltración o evacuación según sea el caso.

C Ejercitación

TRABAJO EN EQUIPO

1) Formamos equipos de trabajo con un numero de cuatro personas maximo, nombramos un relator, un controlador de tiempo y un comunicador y resolvemos las siguientes preguntas:

- a) ¿Para que servira conocer la capacidad de campo que posee un suelo?
- b) ¿Que procedimiento considerarian para el calculo de humedad gravimetrica de un suelo?
- c) ¿Que elementos debe considerar para el calculo de balance de humedad en el suelo?
- d) ¿De que utilidad es el conocimiento de las propiedades fisicas de un suelo?
- e) Describa procedimiento para lograr la determinacion de la densidad de un suelo. ¿Que requiere para lograrlo?
- f) ¿Que efectos tiene la pedregosidad en el laboreo del suelo?
- g) En la CIC principalmente interviene.
 - El pH.
 - El potencial redox.
 - La naturaleza del cambiador.
 - El tamano de las particulas.
 - Los Ca y Mg de cambio.

Detalle porque su respuesta.

h) La acidificacion de los suelos se debe a la presencia alta de:

- Al
- Ca
- Na
- K
- Mg

Detalle porque su respuesta.

i) El componente con mas alta capacidad de cambio ionico es:

- Moscovita.
- Clorita.
- Alofana.
- Caolinita.
- Materia organica.

Detalle porque su respuesta.

j) ¿Que importancia tienen los invertebrados en la calidad de los suelos?

k) ¿Que debemos de hacer para mantener esa calidad biologica?

l) ¿Que papel desempenan las lombrices?

2. Elaboramos un informe basados en las preguntas planteadas y lo presentamos al profesor.

3. Sustentamos el trabajo ante la clase y el docente para realimentar los aprendizajes.

IMPORTANTE

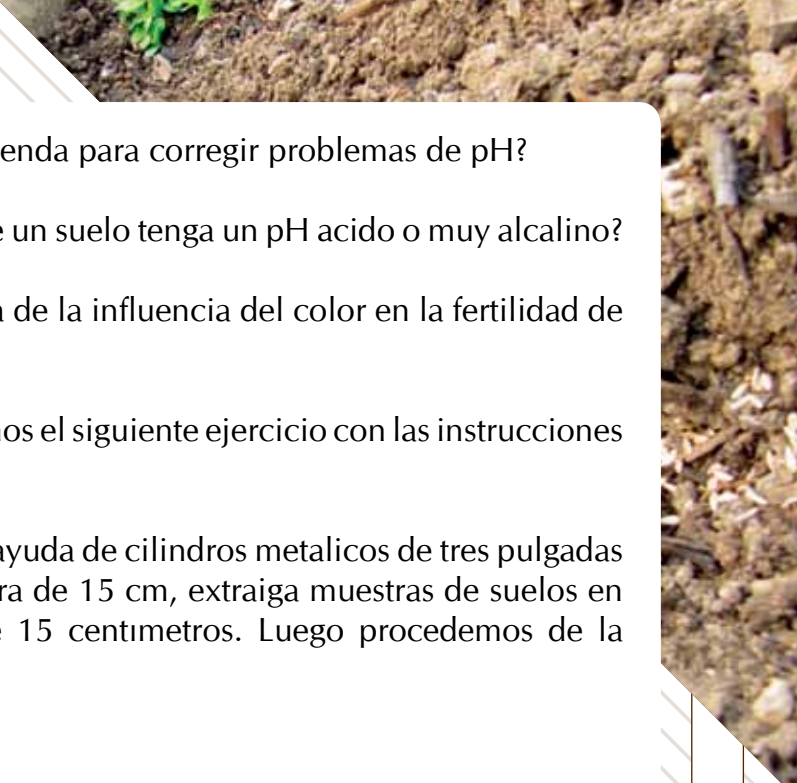
Luego de realizar la exposicion, si se diera el caso que el auditorio le planteara preguntas, pueden responder los miembros del equipo de trabajo. Se sugiere tomar nota de los aportes del plenario a la exposicion del grupo. Incorpore al informe los aportes que crea pertinente.

D *Aplicación*

TRABAJO EN EQUIPO

1. Organizados en equipos de trabajo elegimos los roles de relator, controlador de tiempo y comunicador, visitamos una unidad de produccion cercana, hacemos un recorrido por las areas de cultivos y luego indagamos con el propietario sobre lo siguiente:

- a) ¿Que incidencia ha tenido sobre los rendimientos productivos el uso de nitrogeno?
- b) ¿Como ha impactado en la produccion y sus rendimientos el uso de abonos organicos?
- c) ¿Que pH poseen los suelos en la unidad de produccion visitada?

- 
- d) ¿Ha sido necesario aplicar alguna enmienda para corregir problemas de pH?
- e) ¿Que problemas nos puede acarrear que un suelo tenga un pH ácido o muy alcalino?
- f) ¿Cual es la opinión del productor acerca de la influencia del color en la fertilidad de sus suelos?
2. En los mismos equipos de trabajo, realizamos el siguiente ejercicio con las instrucciones que a continuación se relacionan.
- a) Pidamos permiso al productor y con la ayuda de cilindros metálicos de tres pulgadas de diámetro y de peso conocido y altura de 15 cm, extraiga muestras de suelos en tres sitios diferentes a profundidad de 15 centímetros. Luego procedemos de la manera siguiente:
- Pese muestras + cilindro
 - Reste tara (peso de cilindro)
 - Seque las muestras a temperatura ambiente durante tres días bajo sombra
 - Pese muestras secas a temperatura ambiente
 - Someta las muestras a temperatura de 105° C. durante 24 horas
 - Peselas para determinar peso seco
- b) Con los datos obtenidos, calcule:
- Densidad de suelo
 - Porosidad total
 - Porosidad ocupada por agua
 - Humedad gravimétrica (%) de cada una de las muestras
 - Humedad volumétrica (%) de las muestras
- c) ¿Cual de las muestras contiene mayor cantidad de humedad? ¿Es eso bueno o malo para nuestros cultivos? ¿Por que?
- d) ¿Existe presencia de invertebrados en los suelos analizados?
- e) ¿De que tipos?
- f) ¿Cuantos individuos existen de cada una de las clases estudiadas?
- g) ¿Por que están en ese sitio?
- h) En caso de no encontrar individuos invertebrados, respondamos ¿Debido a que se da la situación?

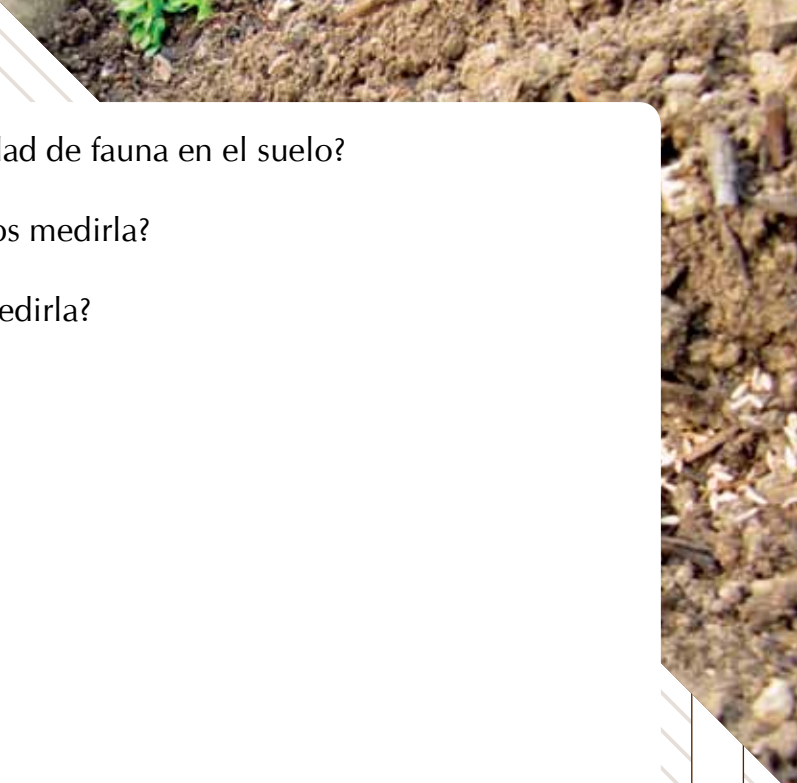
EN PLENARIA

1. Socializamos el trabajo desarrollado con los demás compañeros de clase, teniendo en cuenta los roles establecidos al interior de cada equipo.
 - a) El relator del grupo expone las conclusiones hechas en el equipo de trabajo con respecto al ejercicio anterior.
 - b) Los integrantes del equipo de trabajo respondemos las inquietudes que se presenten en la plenaria.
 - c) Los miembros de los grupos de trabajo debemos incorporar al informe los aportes obtenidos de otras exposiciones o señalamientos hechos por el plenario.
 - d) Con ayuda del docente aclaramos dudas que hayan surgido luego de la exposición.

Complementación

TRABAJO INDIVIDUAL

1. En forma individual consulto en internet en la página: <http://web.usal.es/javisan/hidro/practicas> o en la biblioteca, según lo indicado por el profesor para resolver los siguientes interrogantes para complementar mis aprendizajes.
 - a) ¿Que otros métodos existen para calcular Capacidad de Campo de un suelo?
 - b) ¿Que otros métodos existen para calcular Punto de Marchitez Permanente de un suelo?
 - c) ¿De que otras formas puedo determinar la velocidad de infiltración en un suelo?
 - d) ¿Como se puede calcular la velocidad de infiltración de un suelo?
 - e) Determinemos la textura de una muestra de suelo utilizando Método del tacto.
 - f) ¿Como se puede regular el pH de un suelo ácido?
 - g) ¿Que síntomas de deficiencia de N se presentan en los cultivos?
 - h) ¿Que síntomas de deficiencia de P se presentan en los cultivos?
 - i) ¿Que síntomas de deficiencia de K se presentan en los cultivos?

- 
- j) ¿Como podemos determinar la diversidad de fauna en el suelo?
 - k) ¿Que es abundancia? y ¿Como podemos medirla?
 - l) ¿Que es riqueza? y ¿Como podemos medirla?

BIBLIOGRAFÍA

- CHAVARRIA, F. (2007). Curso de Suelos I. UNAN Managua.
- CHAVARRIA, F. (2008). Compendio de riego. UNAN Managua.
- CHAVARRIA, D. y TORREZ, M. (2010). Evaluacion de macrofauna asociada a SAF Cacao y fragmentos boscosos en municipio de Waslala-RAAN. 2009-2010.
- FAO. (2006). Evapotranspiracion del cultivo. Guias para la determinacion de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia.
- JOHNSON, B. T. (2010). An introduction to the study of insects. 6ta. Edicion. IBSN 0-03-025397-7.
- REILLY, J.P, Trutmann, P y Rueda, A (2004). Guia Salud de Suelos. Manual para el cuidado de la salud de suelos. Universidad de Cornell y Zamorano, Grupo de trabajo sobre suelos, Tegucigalpa, Honduras C. A. ISBN:1-885995-59-8
- SANCHEZ, J. (2005). Balance Hídrico. Departamento de Geologia, Universidad de Salamanca. Recuperado en noviembre 2006 En <http://web.usal.es/javisan/hidro/practicas>
- SANCHEZ, B.; RUIZ, M. y RIOS, M.M. 1992. Materia organica y actividad biologica del suelo en relacion con la altitud, en la cuenca del rio Maracay, Estado Aragua.
- Universidad de Extremadura. (2005). Edafologia para Ciencias Ambientales. Area de Edafologia y Quimica Agricola. Facultad de Ciencias.

UNIDAD 3

LOS NUTRIENTES

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Explicar la dinamica de los distintos nutrientes en los suelos y su papel como elementos fundamentales en la nutricion de las plantas.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Explica la importancia de los nutrientes esenciales del suelo y su relacion directa con la productividad.

1. ELEMENTOS ESENCIALES



TRABAJO EN EQUIPO

- 1) Organicémonos en grupos de trabajo y resolvamos las actividades que se nos han asignado. Para ello elijamos a un relator y un moderador para que garanticemos que todos podamos participar.
- 2) Leamos y analicemos el párrafo siguiente.

En los últimos años a nivel mundial se ha experimentado el alza alarmante en los precios de los alimentos. Esto ha impactado de sobremanera a los habitantes de los países en vías de desarrollo. Las causas de estos incrementos en los precios son diversos, entre ellos está el asunto de la degradación de los suelos, lo que conlleva a la pérdida de fertilidad y por ende la baja de los rendimientos productivos. Para incidir de manera eficiente en este asunto, primeramente se debe conocer el papel que juegan los diferentes nutrientes en las plantas, conocer la fertilidad que posee el suelo, las condiciones climáticas, topografía, el papel de la materia orgánica, entre otros y en base a ello planificar el uso sostenible de los suelos.

En compañía de los miembros de su equipo de trabajo¹ de no más de cuatro compañeros de respuestas a lo siguiente:

- 1) En nuestras comunidades ¿ha habido cambios sustantivos en los precios de los alimentos? ¿Por qué se ha dado estos cambios?
- 2) ¿Se realiza abonamientos a los suelos en nuestras comunidades?
- 3) ¿Cuál es la base principal de dichos abonamientos?
- 4) ¿Por qué en los suelos sin abonamientos, las cosechas son menores?

EN PLENARIA

- 1) El relator expone ante la plenaria los aportes que como grupo hemos hecho.

¹ Es aconsejable que la formación de los grupos de trabajo obedezca a cierta afinidad entre sus integrantes en caso de estudiantes que ya se conozcan. En caso contrario el docente facilitador deberá realizar la selección.

- 2) Junto a nuestro relator respondemos a inquietudes de plenaria.
- 3) Tomamos apuntes sobre las exposiciones de los grupos restantes de la clase.
- 4) Nuestro coordinador de grupo solicita al docente la valoración del trabajo presentado. El docente valora el trabajo y fortalece los aspectos en que se haga necesario profundizar o aclarar.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO

Como grupo realicemos lo siguiente.

- 1) El coordinador de nuestro subgrupo, lea en voz alta parte del texto que nos haya sido asignada por el docente.
- 2) Los integrantes del subgrupo escuchamos con mucha atención la lectura y tomamos apuntes sobre los aspectos más importantes.

NUTRIENTES DEL SUELO

¿QUÉ ES FERTILIDAD DE SUELOS?

Primeramente se debe señalar que la fertilidad del suelo es una cualidad que depende de la interacción entre las diferentes características de un suelo. Es decir de sus características físicas, químicas y biológicas. La fertilidad consiste en la capacidad que posee el suelo de suministrar condiciones necesarias para el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas.

AHORA BIEN ¿QUÉ ES UN SUELO FÉRTIL?

Un suelo es fértil cuando es capaz de garantizar a las plantas buenas condiciones para su desarrollo y el logro de buenas cosechas.

La fertilidad de un suelo depende de la manera en que se relacionan sus características físicas, químicas y biológicas.

Y ¿QUÉ FACTORES INCIDEN PARA QUE UN SUELO SEA FÉRTIL?

Son muchos los factores que se involucran en la fertilidad de un suelo. Estos factores se agrupan en las características físicas, las características químicas y las características biológicas.

- Características físicas: Entre las principales se señalan:
 - Textura
 - Estructura
 - Densidad aparente
- Características químicas:
 - pH
 - Contenido de materia orgánica
 - Capacidad de intercambio catiónico
 - El grado de salinidad:
- Características biológicas:
 - La cantidad de seres vivos (Biodiversidad)
 - La relación entre las plantas y microorganismos.

Los factores antes mencionados a la vez influyen en la disponibilidad de nutrientes en los suelos. y desde allí las plantas los podrán tomar para poder desarrollarse, florecer y fructificar.

¿QUÉ SON LOS NUTRIENTES?

Los nutrientes son todos los minerales que la planta necesita para madurar y fructificar normalmente.

Generalmente no se percibe la necesidad de un elemento cuando se desconoce su función. Es por ello que nosotros debemos conocer primeramente las funciones de los nutrientes y en base a ello realizar los manejos apropiados para garantizar su suministro.

Es necesario señalar que para que las plantas puedan absorber los nutrientes, se debe garantizar lo siguiente:

1. Los nutrientes deben estar en el suelo en forma asimilable
2. Deben estar al alcance del sistema radicular
3. Deben estar disueltos en agua
4. La velocidad de difusión debe ser considerada (movimiento en dirección de la raíz)
5. La planta debe fotosintetizar lo más posible (CO_2 , luz, agua)

Los nutrientes dependen de la variedad y especie del cultivo.

2. NITRÓGENO Y OTROS ELEMENTOS

Todos los nutrientes son esenciales para que las plantas puedan desarrollarse y poder producir buenas y abundantes cosechas. Sin embargo existen algunos elementos que por la cantidad en que son requeridos por las plantas son llamados macro elementos, elementos primarios o mal llamados elementos esenciales. Recordemos todos son esenciales. Un desbalance entre ellos crearia serios problemas de calidad y cantidad en la cosecha.

Entre los macroelementos tenemos al nitrógeno (N), al fósforo (P), al potasio (K), al calcio (Ca), al magnesio (Mg) y al azufre (S).

Cada elemento tiene sus propias funciones y en base a esas funciones que desempeñan en las plantas así mismo deben estar disponibles en el momento apropiado, pues de lo contrario se crearán situaciones de deficiencias que pondrán en riesgo la salud de la planta, sus rendimientos y la calidad de la producción esperada.

NITRÓGENO

En el caso del N, este tiene numerosas funciones en las plantas, entre estas:

- Ayuda al buen crecimiento de las plantas.
- Da el color verde a las hojas. Esencial para el proceso de fotosíntesis.
- Contribuye a la obtención de buenas cosechas.
- Cuando se aplica nitrógeno en exceso se demora la floración y fructificación.
- Contribuye a que se de buena absorción de otros nutrientes como fósforo y potasio entre otros.

El N se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+).

La solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, por lo que su disponibilidad normalmente también es alta bajo determinadas condiciones.

Para garantizar una nutrición nitrogenada óptima, la estrategia es optimizar el balance de nitrógeno en el suelo, lo que se consigue maximizando las entradas y minimizando las salidas. El balance varía según:

- Cultivo y variedad
- Suelo (principalmente la textura)
- Fertilización (tipo de fertilizante, frecuencia, dosis, forma de aplicación)
- Nivel de materia orgánica
- Prácticas agronómicas (manejo del cultivo)

Las principales entradas de nitrógeno al sistema considerando su concentración se dan a través de fijación biológica y procesos simbióticos. Este proceso consiste en capturar nitrógeno del aire en forma de N_2 y transformarlo en NH_3^- y NH_4^+ .

La fijación del nitrógeno es un proceso en el cual el nitrógeno atmosférico (N_2) se convierte en amonio (NH_4^+). Es la única forma en la que los organismos pueden obtener nitrógeno directamente de la atmósfera. En la fijación intervienen microorganismos como Azotobacter, Cianobacterias, Anabaena, Rhizobium, Beijerinckia y algunos hongos.

Algunas bacterias, por ejemplo las del género Rhizobium fijan N por procesos metabólicos.

El amonio producido por el nitrógeno que fijan las bacterias nitrificantes es incorporado rápidamente a proteínas y otros compuestos nitrogenados.

El nitrógeno orgánico pasa a convertirse en mineral (NO_3^- , NO_2^-) a través del proceso de nitrificación:

La nitrificación requiere la presencia del oxígeno y de bacterias nitrificantes como las nitrosomas que pasan compuestos amoniacales a nitritos y las nitrobacter que pasan los nitritos a nitratos.

Los iones de amonio de carga positiva se unen a partículas y materias orgánicas del suelo que tienen carga negativa, evitando ser lixiviado. El ion nitrato de carga negativa no se mantiene en las partículas del suelo y puede ser lavado del perfil.

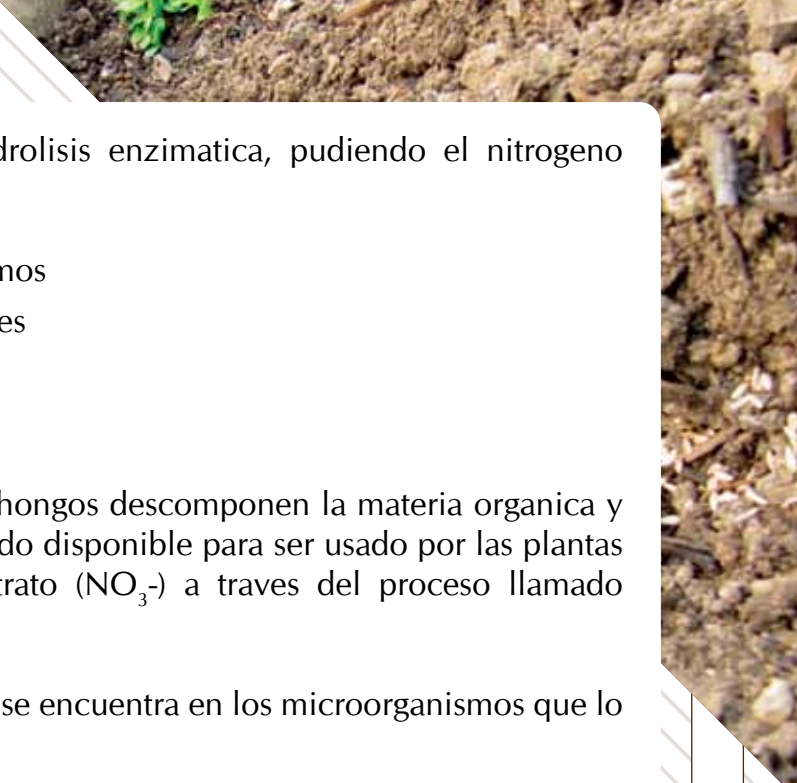
Esto lleva a una disminución de la fertilidad del suelo y a un enriquecimiento de nitrato en aguas superficiales y subsuperficiales.

Para que se de proceso de nitrificación se requiere:

- Aireación: procesos oxidantes.
- Que la temperatura esté en un rango óptimo de $27^\circ - 32^\circ C$, con temperaturas mínimas de 1.5° y como máximo $51^\circ C$.
- Es necesario cierto grado de humedad. En terrenos anegados o muy secos no hay actividad de parte de los microorganismos.
- Terrenos calcáreos que estimulan la nitrificación.
- Fertilizaciones, las que estimulan el proceso.

Los nitratos pueden:

- Ser utilizados por los microorganismos del suelo.
- Ser usados por las plantas.
- Perderse por lavado debido a escorrentías superficiales.
- Perderse debido a volatilización por efectos del sol o el viento.



La amonificación se da a través de la hidrólisis enzimática, pudiendo el nitrógeno amoniacal seguir cuatro caminos posibles:

- 1) Consumo por parte de los microorganismos
- 2) Consumo por parte de plantas superiores
- 3) Ser fijado por las arcillas
- 4) Nitrificarse (oxidación del amonio)

Al morir los organismos, las bacterias y los hongos descomponen la materia orgánica y parte del N se convierte en amonio, quedando disponible para ser usado por las plantas o para transformaciones posteriores en nitrato (NO_3^-) a través del proceso llamado nitrificación.

El mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan: bacterias, hongos y nematodos.

Las pérdidas de nitrógeno del suelo se dan principalmente por:

- Lixiviación
- Volatilización
- Cosecha
- Erosión

DESNITRIFICACIÓN

A través de la desnitrificación, las formas oxidadas de nitrógeno como el nitrato y el nitrito (NO_2^-) se convierten en N_2 y, en menor medida, en gas óxido nítrico (N_2O) y óxido nítrico (NO). La desnitrificación es un proceso anaeróbico realizado por bacterias desnitrificantes como algunos bacilos y pseudomonas.

VOLATILIZACIÓN

Mediante la volatilización se da la pérdida de aproximadamente el 20% del nitrógeno de los suelos. Los nitratos y nitritos pasan a hiponitritos (HNO) que es volátil o bien a óxido nítrico (N_2O) en presencia de pH mayores de 7 y a óxido nítrico (2NO) en presencia de suelos con pH menores de 6.

DÉFICIT Y EXCESO

La falta de nitrógeno provoca color verde pálido en las hojas tirando a amarillo. Empieza primero por las hojas más viejas. La planta no crece, aunque puede florecer. En cambio si existe exceso de nitrógeno, el crecimiento es exagerado, puede bajar la calidad del cultivo, la planta es débil y tierna y, por tanto, más propensa a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia, al granizo y al frío.

FÓSFORO (P)

Es un elemento importante en la nutrición de las plantas. Entre sus papeles en las plantas podemos mencionar:

- Contribuye a que las plantas sean menos susceptibles ante el ataque de plagas y enfermedades.
- Coadyuva al buen crecimiento de las plantas.
- Contribuye a la formación de sistema radicular fuerte y abundante.
- Contribuye a la formación y maduración de los frutos.
- Es indispensable en la formación de las semillas.

Para poder entender el funcionamiento del P en el sistema suelo-planta se necesita conocer dos aspectos básicos:

- 1) Su dinámica en el suelo.
- 2) La fisiología del cultivo.

Desde un punto de vista práctico, interesa conocer las entradas y salidas de P del sistema suelo-planta y cómo es la movilidad del nutriente en el suelo.

Las entradas de P en el sistema se pueden dar por dos vías:

- 1) Agregado de fertilizantes con fuentes de fósforo.
- 2) Fósforo orgánico o inorgánico.

Del total de P en los suelos solo un porcentaje muy bajo (entre 0,1 ppm y 0,3 ppm) se encuentra realmente en solución, lo que lo hace disponible para plantas y microorganismos.

Debido a la poca movilidad del P en el suelo debería ser colocado, en el cultivo, en el momento de su siembra y lo más cerca posible de las semillas.

En siembra directa, la fertilización al momento de la siembra, es de suma importancia.

La eficiencia de la fuente de fósforo varía según:

- Tipo de suelo (pH y tipo de arcillas).
- Fuente de fósforo aplicada.
- Técnica de aplicación (Voleo, circular, media luna, enterrado, sin enterrar)

En la disponibilidad del P influyen:

- pH del suelo.

- Presencia de Fe, Al, y Mn solubles.
- Presencia de minerales que contienen Fe, Al y Mn.
- Minerales de calcio y magnesio disponibles.
- Cantidad y descomposicion de materia organica.
- Actividad de microorganismos.

El pH juega un papel importante en la variacion de la disponibilidad de P en los suelos:

- En suelos con pH entre 3-4 se da minima solubilidad.
- En suelos con pH de 5,5, el P se encuentra quimicamente combinado con Fe y Al.
- Cuando el pH es de 6, el P comienza a precipitarse como fosfato calcico.
- En suelos con pH de 6,5, se da formacion de sales de calcio insolubles debido a lo cual el fosforo no se encuentra disponible para las plantas ni para microorganismos.
- En suelos con pH > 7 puede darse formacion de apatita que es un compuesto muy insoluble.

En un rango de pH cercano a 6,5 en el que el fosfato se mantiene soluble, pero puede presentar cierto riesgo de lixiviacion.

Las plantas absorben unicamente el fosforo que esta en la solucion del suelo en forma de HPO_4^{2-} (ion fosfato monoacido) y $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ (ion fosfato diacido).

El equilibrio quimico dinamico del P (Reposicion) se consigue a traves de tres procesos:

- 1) Mineralizacion del humus.
- 2) Fracciones mas labiles de las arcillas.
- 3) Desde la mineralogia primaria (este proceso es lento).

En suelos bien provistos de P, en donde se realizan aplicaciones de P de reposicion, las diferencias entre aplicar al voleo o en lineas a la siembra, se reducen considerablemente.

Las salidas de P se deben fundamentalmente a cuatro situaciones:

- 1) Extraccion por las cosechas del cultivo
- 2) Procesos erosivos
- 3) Escurrimiento
- 4) Lixiviacion

A fin de estimar la dosis de P a aplicarse a un cultivo, es necesario realizar analisis de suelo previo a la siembra y analisis foliares durante el desarrollo y fructificacion.

Los indices quimicos de determinacion de P en suelo, son eficientes para evaluar la

disponibilidad o la capacidad de suministro de P para las plantas por parte del suelo, en terminos relativos, pero no la cantidad que el suelo puede fijar en formas no disponibles y por lo tanto cuanto de lo aplicado queda para la planta. Por ello, es que la dosis requerida depende mas del suelo y de su capacidad de retencion de P que de la disponibilidad medida por medio de un extractante.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE P

Los sintomas de deficiencia de P se presentan en las hojas viejas. La característica es un color verde palido, hojas con bordes secos y un color entre violeta y castano. La floracion es baja y el sistema radicular es pobre.

POTASIO (K)

Es un elemento fundamental para la nutricion de las plantas al realizar las funciones siguientes:

- Ayuda a la planta a formar tallos fuertes y vigorosos.
- Favorece el crecimiento vegetativo, la fructificacion, la maduracion y la calidad de los frutos.
- Ayuda al balance de agua en las plantas.
- Contribuye a la fotosintesis.
- Ayuda a la planta a la formacion de azucares, almidones y aceites.
- Da a la planta resistencia a las enfermedades.
- Mejora la calidad de las cosechas.

El K en el suelo puede provenir de:

- Meteorizacion de los minerales (relacionado con el tipo de material parental y la pedogenesis)
- Minerales arcillosos (fuente principal de K en el suelo)
- Mineralizacion de los residuos organicos
- Fertilizantes incorporados

El potasio intercambiable lo constituye la forma ionica (K^+) unido electrostaticamente a los materiales que componen la fase solida coloidal mineral y organica de los suelos.

El sistema radicular produce una rapida disminucion en la concentracion de K de la solucion del suelo cercana a el. Lo que da origen a un proceso de difusion, con liberacion del K intercambiable adsorbido por las cargas de las arcillas y de la materia organica.

Los aportes de K por el uso de fertilizantes son necesarios para reponer las posiciones en especial en aquellos suelos con baja saturacion y baja regulacion potasica, sometidos a agricultura continua, tal es el caso de cultivos perennes o bien areas destinadas para producir para el autoconsumo.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE K

- Las hojas se mantienen verdes pero con los bordes amarillentos y marrones.
- Se reduce la floración, fructificación y desarrollo de toda la planta.
- Cuando la deficiencia es leve, los síntomas se observan en las hojas viejas; pero al agravarse la carencia los brotes jóvenes son los más severamente afectados, llegando incluso a secarse. Las hojas jóvenes se ven como rojizas.
- La textura juega un papel importante para que se de la deficiencia de K en suelos arenosos y suelos con alto contenido de calcio, es donde mayormente se manifiestan los síntomas de deficiencia.

CALCIO (Ca)

El Ca juega un importante papel en la fertilidad de los suelos al permitir entre otras funciones, lo siguiente:

- Ayuda a que se de un buen crecimiento de la raíz y del tallo de la planta.
- Permite que la planta tome del suelo los alimentos fácilmente.
- Ayuda a reducir nitratos en las plantas.
- Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta.
- Influye indirectamente en los rendimientos de los cultivos al reducir la acidez de los suelos.
- Contribuye a la fijación del N al ser requerido por las bacterias fijadoras.
- Otorga turgencia a las plantas haciéndolas más eficientes en el uso de agua y reduciendo las pérdidas por evapotranspiración.

Las principales fuentes del calcio son:

- Calcita
- Dolomita
- Yeso
- Superfosfato simple y superfosfato triple

La cantidad total de Ca en el suelo es variable, ya que en suelos áridos y calcáreos, los niveles de Ca son muy altos. En cambio en suelos viejos de los trópicos, el nivel de Ca es bajo. En el caso de los suelos arcillosos contienen más Ca que los suelos arenosos.

El calcio es absorbido por las plantas en forma del catión Ca^{++} . Debido a que el Ca existe como un catión, este nutriente está gobernado por los fenómenos del intercambio catiónico al igual que los otros cationes, y se mantiene adherido como Ca^{++} intercambiable en la superficie de los coloides cargados negativamente. Generalmente es el catión dominante en el suelo, aun a valores de pH bajos.

MAGNESIO (Mg)

El Mg entre otras funciones tiene:

- Ayuda a la formación de aceites y grasas.
- Es el principal elemento en la formación de clorofila. La clorofila es la sustancia que le da el color verde a las hojas. Sin clorofila las plantas no pueden formar azúcares.

El magnesio proviene de minerales como biotita, hornablenda, dolomita y clorita. Al igual que el calcio está sujeto a fenómenos del intercambio catiónico. El magnesio se encuentra en la solución del suelo y se absorbe en las superficies de las arcillas y la materia orgánica.

Los suelos generalmente contienen menos Mg que Ca debido a que el Mg no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo y puede perderse más fácilmente por lixiviación.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE Mg

El principal síntoma de carencia de Mg se presenta en hojas viejas en donde se observan espacios entre las nervaduras de color amarillo. La coloración de las hojas también puede ser rojiza y con manchas amarillas.

Al agravarse la deficiencia las hojas jóvenes se ven afectadas también. En casos severos se da defoliación total de la planta.

AZUFRE (S)

El azufre es absorbido por las plantas como sulfato, en forma aniónica (SO_4^{2-}).

El azufre también puede entrar a la planta por las hojas en forma de gas (SO_2), que se encuentra en la atmósfera, donde se concentra debido a los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica, combustión de carburantes y fundición de metales.

- Forma parte constituyente de aminoácidos (cistina, cisteína, metionina) y de vitaminas (biotina).
- Constituyente de las distintas enzimas.
- Actúa en el ciclo de los hidratos de carbono y en los lípidos.
- Interviene en los mecanismos de oxidación-reducción de las células.
- Actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos.
- Actúa en la formación de la clorofila.
- Ayuda a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas.

El azufre en el suelo se ve limitado por factores como:

- pH del suelo
- Contenido de materia organica
- Salinidad del suelo

Las fuentes principales del azufre son:

- Material permeable del suelo
- Azufre cristalino
- Roca madre (basalto)
- En aguas y rios
- Piritita (blenda)

Sintomas de deficiencia de azufre

- Crecimiento lento.
- Debilidad estructural de la planta, tallos cortos y pobres.
- Clorosis en hojas juvenes.
- Amarillamiento principalmente en los “nervios” foliares e inclusive aparicion de manchas oscuras (por ejemplo, en la papa).
- Desarrollo prematuro de las yemas laterales.
- Formacion de los frutos incompleta.

En la tabla siguiente se resumen las principales funciones por cada elemento y el momento en que deben ser suministrados en caso de no estar suficientemente disponibles en el suelo.

Tabla 1. Funciones y momento critico

SIMBOLO	FUNCION	MOMENTO CRITICO
N	Promueve el desarrollo de las hojas y crecimiento de los brotes	Durante la etapa inicial del cultivo
P	Contribuye a la formacion de las flores y raices.	Durante la etapa inicial del cultivo, floracion y la maduracion del fruto.
K	Favorece la resistencia de la planta a las enfermedades y mejora la calidad el fruto	Durante la maduracion de los frutos.
Ca	Fortalece la estructura de la planta	Durante la floracion y formacion de frutos
Mg	Participa en la construccion de la clorofila	Durante la etapa inicial del cultivo
S	Participa en la formacion de la semilla y en el desarrollo de vitaminas y aromas	Durante la etapa inicial del cultivo

Fuente: Pastora, M. y Averruz, B. (2011)

3. OLIGOELEMENTOS

Las plantas necesitan de otros elementos que se encuentran en los suelos o deberían aplicarse. Estos elementos al ser requeridos en menor cantidad se les conocen como elementos menores.

Cuando los elementos menores no se encuentran en las concentraciones adecuadas en los suelos, las hojas de las plantas muestran amarillamientos y se deforman, pueden aparecer torcidas, arrugadas, o encrespadas en sus bordes.

Entre los nutrientes menores se encuentra:

- Boro (B)
- Zinc (Zn)
- Hierro (Fe)
- Manganeseo (Mn)
- Cobre (Cu)
- Molibdeno (Mo)
- Cloro (Cl)

Fuentes de oligoelementos en el suelo:

- Material original (rocas y minerales).
- Impurezas en fertilizantes, productos de encalado, plaguicidas y aguas residuales.
- Residuos industriales, productos de combustión de materiales fósiles, materiales volcánicos.

Los oligoelementos del suelo los podemos encontrar:

- Solubles en agua.
- Como cation de cambio.
- De forma complejada por la materia orgánica.
- De forma ocluida en óxidos de Fe y Mn.
- Como minerales primarios y formando parte de arcillas por sustituciones isomórficas del Fe y Al de las capas octaédricas.

La disponibilidad de los oligoelementos va a estar regulada por el pH, que va a modificar su comportamiento en el suelo según su: solubilidad, adsorción e inmovilidad.

BORO (B)

El Boro se encuentra en la fase sólida del suelo en tres formas:

- En los minerales silicatados.

- Absorbido en minerales arcillosos en la materia organica.
- En los hidroxidos de aluminio y hierro.

El Boro que forma parte de estos minerales no se encuentra disponible para la planta, al menos, en corto plazo.

El Boro se encuentra en la disolucion del suelo como acido borico, formando complejos con Ca o unido a compuestos organicos solubles.

Los factores del suelo que influyen en su asimilacion son:

- El B queda fijado por el suelo cuando el pH es de 8 a 9.
- En suelos de textura liviana el B puede ser facilmente lixiviado, mientras que en suelos de textura arcillosa su movilidad es practicamente nula.

Normalmente, el Boro soluble se encuentra en los horizontes superficiales de los suelos bien drenados, unido a la materia organica. En periodos secos la planta es incapaz de absorber el B de estos horizontes.

En suelos con exceso de cal se reduce su disponibilidad.

SÍNTOMAS DE CARENCIA

La deficiencia de Boro se observa en los tejidos de crecimiento: raiz, hoja, tallo y provoca un crecimiento lento.

ZINC (Zn)

El Zinc tiene como origen materiales silicatados, sulfuros, oxidos y carbonatos.

En la disolucion del suelo se encuentra fundamentalmente como Zn^{2+} , sin que tenga propiedades redox.

El Zinc se encuentra mas disponible en los suelos acidos que en los alcalinos, siendo su minima disponibilidad para pH por encima de 7.

Aproximadamente el 66% del Zn asimilable se encuentra en la capa arable.

La utilizacion del Zn por la planta se da como:

- Zinc soluble, presente en la disolucion del suelo.
- Zinc intercambiable, adsorbido por los coloides.
- Zinc fijado. Puede alcanzar valores importantes debido a que es capaz de sustituir a algunos elementos de la estructura de la arcilla (Al, Mn, Fe), permaneciendo inaccesible para la planta.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE Zn

- La deficiencia se manifiesta sobre todo en las hojas mas juvenes.
- Los entrenudos se acortan en los brotes, formando rosetas de hojas amarillentas. Las hojas viejas aparecen bronceadas y se caen facilmente.

La deficiencia en Zn se da en una amplia variedad de suelos como son los sueltos, los calcareos, margosos y arenosos pobres en materia organica, aunque sobre todo en estos ultimos.

HIERRO (Fe)

El Fe se encuentra en la naturaleza tanto en forma de Fe (III) como de Fe (II), dependiendo del estado redox del sistema.

El hierro se encuentra en el suelo en cantidad suficiente formando distintos compuestos como oxidos e hidroxidos. Sin embargo, la cantidad total no se correlaciona con la cantidad disponible para las plantas.

El hierro contribuye a los colores de los suelos. La coloracion es debida, en su mayoria, a la presencia de oxidos libres. Los colores amarillo-pardo de las zonas templadas-frías se deben a la presencia de oxidos hidratados como la goetita. En cambio las coloraciones rojas de suelos de regiones aridas son debidas a oxidos no hidratados como la hematita.

Las formas del Fe son:

1) Soluble:

- Se encuentra en condiciones reductoras, como Fe^{2+} y sus formas hidroxiladas $Fe(OH)_{n-2-n}$ en la disolucion del suelo.
- Cuando el potencial de oxidacion y la acidez sean altos se encuentra como Fe^{3+} y sus formas hidroxiladas $Fe(OH)_n$ 3-n.
- En combinaciones organicas formando complejos, en forma divalente y trivalente.

2) Insoluble:

- Como oxihidroxidos ferricos (goetita, hematita, maghemita, lepidocrocita, ferridrita, otros).
- En forma de oxihidroxidos mixtos de Fe (III) y Fe (II) como la magnetita o el oxido ferrosico.
- En forma de $FeCO_3$, siderita, en suelos muy reducidos.

Los contenidos de arcilla y materia organica influyen tambien en la disponibilidad del Fe. En los suelos arcillosos, existe una tendencia a retener el Fe. Un contenido adecuado de materia organica, actua de forma favorable en cuanto al aprovechamiento del Fe por parte del cultivo, debido a sus caracteristicas acidificantes y reductoras, así como a la

capacidad de determinadas sustancias humicas para formar quelatos en condiciones adversas de pH.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE Fe

La deficiencia de Fe se manifiesta primero en las hojas juveniles pero tambien pueden aparecer en las mas viejas. Las hojas quedan amarillas con los nervios verdes, despues todas amarillas, se enrollan y finalmente caen. Dejando a la planta sin la capacidad de fotosintesis.

Es importante de senalar que la deficiencia se ve favorecida en presencia de suelos con alto contenido en calcio que insolubiliza al hierro y no puede ser tomado por las plantas.

MANGANESO (Mn)

El manganeso que existe en el suelo proviene de oxidos, carbonatos, silicatos y sulfatos.

Debido a sus diferentes grados de oxidacion (II, III y IV) y a la propiedad de pasar con facilidad de unas formas a otras, el comportamiento del Mn en el suelo es complejo.

Las formas en que el Mn se puede presentar en los suelos son:

- Ion manganeso Mn^{2+} en la solucion del suelo. En esta forma es intercambiable y disponible para las plantas.
- Oxidos e hidroxidos (MnO_2 , $MnOOH$) o asociado a hidroxidos de hierro.
- Sales poco solubles (fosfatos de Mn (II) y Mn (III), carbonatos de Mn (II)), sobre todo en suelos calizos y alcalinos.
- Participando en compuestos organicos.
- La presencia del Mn disponible, Mn (II), depende tanto del pH como del potencial redox. A pH superior a 5,5 se favorece la oxidacion por accion biologica en suelos bien aireados, por lo que disminuye su disponibilidad. A su vez, las formas oxidadas se reducen, pasando a ser mas disponibles, a pH mas acido y en suelos reducidos.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Existe complejidad en cuanto a distinguir sintomas carenciales de manganeso debido a los sintomas son parecidos a los del hierro, es decir hojas amarillas con nervaduras que permanecen verdes. Se puede diferenciar porque en este caso aparece una aureola verde alrededor de los nervios. Las causas de la carencia son por suelos calcareos y por suelos arenosos muy lavados.

COBRE (Cu)

La principal fuente de suministro de Cu en los suelos lo constituyen los sulfuros. Entre los mas comunes se encuentra el sulfuro cuproso (SCu_2), el sulfuro ferrico-cuproso (S_2FeCu) y el sulfuro cuprico (SCu).

El Cu se encuentra en forma cuprica (Cull), en la fase solida del suelo, formando parte de las estructuras cristalinas de minerales primarios y secundarios. En menor porcentaje se encuentra en la materia organica, fijado como cation intercambiable al complejo coloidal arcilloso.

En la solucion del suelo se encuentra fundamentalmente como Cu_2^+ y formando complejos estables con las sustancias humicas del suelo.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

El principal sintoma es que en las hojas juvenes se presentan manchas amarillas. La carencia se presenta sobre todo en suelos calcareos. Los que a su vez se encuentran en zonas con precipitaciones bajas.

MOLIBDENO (Mo)

El Mo se encuentra basicamente en forma anionica (MoO_4^{2-}).

La disponibilidad de molibdeno esta determinada en forma directa por el pH del suelo y los contenidos en oxidos de hierro y aluminio.

Cuando se realizan fertilizaciones edaficas con altas dosis de fosfatados sobre todo en suelos acidos se favorece la absorcion de Mo por la planta.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

La deficiencia se ve como una clorosis general, empezando por las hojas viejas, que luego se enrollan y finalmente se desprenden de la planta.

CLORO (Cl)

El Cl se encuentra en la naturaleza principalmente como anion cloruro. Su contenido en el suelo, varia entre amplios margenes (50-3,000 kg Cl/ha), dependiendo de las sales presentes como el cloruro sodico y, en menor medida, cloruro calcico y magnesico.

Generalmente, el nivel de cloruros en los suelos es suficiente para cubrir las necesidades de las plantas.

Los cloruros provienen de:

- Descomposicion de la roca madre, principalmente de las rocas igneas.
- Degradacion de restos organicos.
- Aportaciones realizadas por las lluvias.
- Aporte de las aguas de riego, presencia de fertilizantes y plaguicidas.

Presentan alta solubilidad y se fija con facilidad al complejo coloidal. Una pequena parte se puede insolubilizar en forma de cloruros de plata, mercurio, cobre o plomo.

TÉCNICAS PARA CONOCER FERTILIDAD DE LOS SUELOS

A fin de reducir los efectos contaminantes, los costos de producción y elevar los rendimientos productivos, existen técnicas que permitan conocer la fertilidad de los suelos, con lo cual se podrán realizar intervenciones adecuadas y oportunas.

Para conocer el nivel de fertilidad del suelo podemos usar dos técnicas:

- 1) Análisis de laboratorio para conocer las características físicas, químicas y biológicas del suelo (análisis de suelo) así como del cultivo (análisis foliares).
- 2) Diagnóstico en campo que permite complementar información obtenida en la técnica anterior. El objetivo es determinar profundidad efectiva del suelo, su estructura, pendiente del terreno, procesos erosivos, vegetación, manejo del área y del cultivo, áreas compactadas. Además de ello se deberá contar con información climática (precipitación, temperatura, velocidad de viento, humedad relativa, etc).

Para lograr el análisis de suelo y análisis foliar se debe muestrear. Para lo cual existen procedimientos que garantizan la confiabilidad.

Suarez, A. (1994, 1994a), recomienda en primer lugar definir el tamaño de la muestra. Espinosa, J. (2000), señala oportunamente que la precisión del análisis depende del número de submuestras tomadas para formar la muestra compuesta que irá al laboratorio. Igualmente es importante conocer la mejor época para realizar muestreos, la frecuencia, profundidad y/o parte de la planta en el caso de análisis foliar.

En la tabla siguiente se muestra el tipo de nutrientes, la época de muestreo, frecuencia y profundidad a muestrear.

Tabla 2. Muestreo de suelos

Determinaciones	Momento de muestreo	Frecuencia	Profundidad en cm
Nitratos	Previo a la siembra de los cultivos y/o en el momento decidir fertilizar	Cada vez que se realiza un cultivo	0-20, 20-40 y 40-60 o 0-20, 20-40
Fosforo disponible	En cualquier época del año preferentemente elegir los mismos meses del año.	Cada dos años dependiendo del nivel del suelo	0-20
Materia orgánica total y joven	En cualquier época del año preferentemente elegir los mismos meses del año	Cada dos años dependiendo del nivel del suelo	0-20
Textura	En cualquier época del año	Una sola vez	0-20
Capacidad de intercambio catiónico	En cualquier época del año	Cada 5 años	0-20

Determinaciones	Momento de muestreo	Frecuencia	Profundidad en cm
pH (actual y potencial)	En cualquier época del año preferentemente elegir los mismos meses del año.	Cada dos años dependiendo del manejo	0-20 Preferentemente en capas de 20 cm hasta la tosca o napa
Conductividad eléctrica	En cualquier época del año preferentemente elegir los mismos meses del año.	Depende del origen del problema	Como mínimo tres capas de 20 cm hasta 60 cm
Humedad total del suelo	Previo a la siembra de los cultivos y/o en el momento decidir fertilizar	Cada vez que se realiza un cultivo	En capas de 20 cm hasta la tosca o napa freática

En base a estudios citados por Suarez, A (1994) se aconseja tomar de 10 a 20 submuestras para parcelas comprendidas entre 5.000 y 10.000 m². Pero esto podría también ser válido para áreas mayores si estas tienen características homogéneas en cuanto a profundidad, topografía, tipo de cultivo, manejo de cultivo y del suelo, etc (Chavarria, F. 2009).

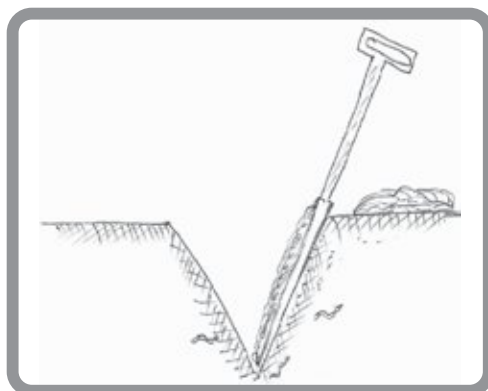
Procedimiento para muestreo de suelos

- Tomar una muestra individual de cada lote que tiene topografía, tipo o color de suelo diferente, o que haya estado sujeto a diferentes prácticas de manejo. Por lo tanto, un campo grande debe ser dividido en lotes con suelos uniformes, o en lotes con el mismo historial de cultivos, dependiendo de cada sitio en particular. A cada lote se debe asignar un número permanente de identificación y se deben registrar estos números de campo. Es aconsejable tener un mapa de las áreas de muestreo. Para la toma de muestra se puede utilizar barreno (preferible si es para propiedades físicas), si no se cuenta con ello se usa pala cuadrada.
- Usar un balde plástico limpio.
- La profundidad de muestreo para cultivos anuales es de 15 a 20 cm y de 7 a 10 cm para pastos.
- Se pueden recolectar también muestras del subsuelo para evaluar la capacidad total de suplemento de nutrientes, y para determinar si existe pérdida excesiva de nutrientes como el N.
- Recolectar al menos 20 submuestras, las que se depositarán en el balde para posteriormente formar muestra compuesta. Dependiendo de la herramienta de muestreo utilizada (barreno, pala, machete, etc.), la muestra compuesta podría pesar 500 gramos o 1 kg (depende de requerimiento de laboratorio).



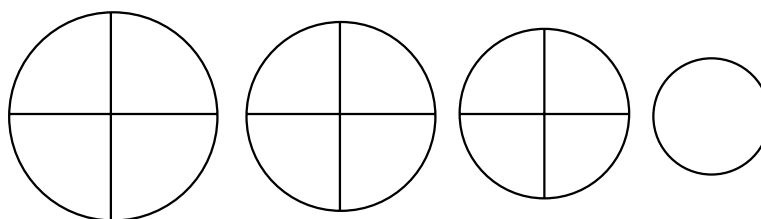
Gráfica 1. Preparación de submuestra
(Foto Cuesta, P., Villanada, E.)

Al hacer el muestreo con la ayuda de pala cuadrada se hace insertandola a profundidad deseada con un angulo de inclinacion de mas o menos 45° y en forma de V (como se muestra en la grafica 2).



Grafica 2. Extraccion de submuestra (Elaboracion propia)

- Romper la estructura (terrones) con los dedos mientras se mezcla todo el suelo. Mezclar bien las submuestras, para luego proceder a separar la muestra compuesta a través del metodo de cuarteo (grafica 3). Este paso es extremadamente importante. La mezcla inapropiada de las submuestras puede resultar en errores graves de muestreo.
- La muestra compuesta se deposita en doble bolsa plastica (nuevas, limpias y fuertes). La bolsa interna contiene la muestra, mientras que entre la bolsa interna y la externa se coloca la hoja de informacion con la identificacion de la muestra.
- Llenar completamente la hoja de informacion con los datos pertinentes.
- Muestrear los lotes cada 2 o 3 anos... con mas frecuencia si es necesario.



Grafica 3. Metodo del cuarteo (Elaboracion propia)

El metodo del cuarteo consiste en mezclar las submuestras en una superficie lisa (plastico o lona), luego dividirla en cuatro partes iguales, separar dos de la partes opuestas y mezclar las dos que quedan, dividirlas nuevamente en cuatro partes y seguir el mismo procedimiento hasta dejar mas o menos los 500 gramos o el kilogramo de la muestra compuesta.

MUESTREO FOLIAR

Para que el analisis foliar sea plenamente confiable en primer lugar se debe garantizar la coherencia de los datos y que estos tambien sean homogeneos, es decir provengan de lotes con caracteristicas similares entre si (Suarez, A. 1994a).

T.L. Roberts y J.L. Henry (sf), señalan que los procedimientos que resultan en muestreos con altos niveles de precision y exactitud, garantizan una muestra que representa el campo y que cuyos resultados son reproducibles.

Estudios realizados muestran que no se conseguira mayor precision aunque el numero supere 100 submuestras, por lo que se podrian realizar muestreos confiables que incluyan 25 plantas por lotes homogeneos, tomando dos pares de hojas de cada planta (Holland *et al* 1967, citado por Suarez, A 1994a). Lo optimo seria tomar todas las plantas en el muestreo pero eso no es practico ni economico. Por lo que se muestrea solo una parte del lote, esta parte debe ser representativa sin necesidad de haberla escogido de manera directa. Para garantizar que la muestra no sea seleccionada por conveniencia se puede realizar dos tipos de muestreos:

- Muestreo sistematico, tomando como unidad de muestreo cada tercer o quinto surco por ejemplo.
- Muestreo al azar. Se toman las submuestras al azar dentro del sitio o unidad de muestreo definida.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Con los resultados de analisis de laboratorio tanto de suelo como foliares, se procede a interpretar. La interpretacion se inicia estableciendo si el nivel de nutrientes es suficiente o no. El siguiente paso consiste en determinar porque existe la insuficiencia especifica y la forma de corregirla. Finalmente determina como prevenir que la insuficiencia aparezca en el siguiente cultivo (Espinosa, J. 2000).

Para poder interpretar los resultados se deben conocer los niveles optimos, medios, bajos o muy bajos de nutrientes en los suelos. Los niveles de fertilidad dependeran de metodo que maneje el laboratorio.

Determinacion de pH.

El pH del suelo se determina en agua, en una relacion 1:2,5 suelo: agua de acuerdo a la metodologia convencional. Los indices o categorias de pH se senalan a continuacion:

Tabla 3. Rangos de pH de suelo

Rango Categoria	pH en Agua
Moderadamente acido	< 4.5
Muy fuertemente acido	4.6 – 5.0
Fuertemente acido	5.1 – 5.5
Extremadamente acido	5.6 – 6.0
Debilmente acido	6.1 – 6.5

Determinacion de fosforo (P).

El fosforo extractable se determina por el metodo de Olsen, utilizando bicarbonato de sodio, 1 M, a pH 8,5. Las categorias de disponibilidad corresponden a rangos expresados en partes por millon (ppm) o miligramos por kilogramo (mg/kg).

Tabla 4. Niveles de Fosforo

Rango Categoria	Fosforo Olsen ppm (mg/kg)
Muy bajo	< 5.0
Bajo	5.1 - 10.0
Medio	10.1 - 20.0
Alto	20.1 - 30.0
Muy alto	30.1

Determinacion de bases de intercambio (Ca, Mg, K y Na)

Las bases de intercambio se determinan por extraccion con acetato de amonio y analizadas por absorcion atomica. Las diferentes categorias de disponibilidad se senalan a continuacion:

Tabla 5. Niveles de Calcio

Rango Categoria	Calcio intercambiable Cmol (+)/kg
Muy bajo	< 2
Bajo	2.01 - 5.0
Medio	5.01 - 9.00
Alto	9.01 - 15.00
Muy alto	> 15.01

Tabla 6. Niveles de Magnesio

Rango Categoria	Magnesio intercambiable Cmol (+)/kg
Muy bajo	< 2
Bajo	0.26 - 0.50
Medio	0.51 - 1.00
Alto	1.01 - 2.00
Muy alto	> 2.01

Tabla 7. Niveles de Potasio

Rango Categoria	Magnesio intercambiable Cmol (+)/kg
Muy bajo	< 0.12
Bajo	0.13-0.25
Medio	0.26-0.51
Alto	0.52-0.64
Muy alto	> 0.65

Tabla 8. Niveles de Sodio

Rango Categoria	Sodio intercambiable Cmol (+)/kg
Muy bajo	< 0.15
Bajo	0.16-0.20
Medio	0.21-0.30
Alto	0.31-0.40
Muy alto	> 0.41

Tabla 9. Suma bases intercambiables

Rango Categoria	Suma de bases intercambiable Cmol (+)/kg
Muy bajo	< 3
Bajo	3.01-6.0
Medio	6.01-11.00
Alto	11.01-15.00
Muy alto	> 15.01

Cada cation (o base de intercambio) debe encontrarse en el complejo de intercambio entre ciertos limites relativos, que son los siguientes:

- Calcio (Ca) 60 a 80 % de la CIC*
- Magnesio (Mg) 10 a 20 % de la CIC
- Potasio (K) 2 a 6 % de la CIC
- Sodio (Na) 0 a 3 % de la CIC

PROCEDIMIENTOS PARA LOGRAR DETERMINAR CANTIDAD DE NUTRIENTES

En primer lugar se deben realizar conversiones de unidades de medida dadas en los resultados de laboratorio.

1) Conversion de ppm a Kg/ha del nutriente

Por definicion, partes por millon (ppm) es el equivalente entre el peso de 1 hectarea en kilos dividido por un millon de kilos. Este valor se multiplica por el valor en ppm de los siguientes elementos reportados por el laboratorio: fosforo, azufre y elementos menores (hierro, cobre, manganeso, zinc y boro).

Kilos por hectarea = Peso (ha) x ppm del nutriente

*ppm = partes por millon = relacion 1 en 1.000.000 o 1/1.000.000

2) Conversion de Porcentaje del nutriente a Kg/ha

Este calculo solo se aplica en el caso de nitrogeno asimilable.

Para calcular el porcentaje de N asimilables primero se calcula el Nitrogeno total (%); el cual equivale a la cantidad de materia organica del suelo dividida por 20. en donde veinte (20) es una Constante (por definicion, de 100 partes de M.O. en el suelo, 20 corresponden al N total).

$$\% \text{ NT} = \% \text{ M.O./20}$$

En segundo lugar se calcula el N asimilable (NA), siendo que $\text{N Asimilable (\%)} = \% \text{ NT (0.015)}$.

El nitrógeno del suelo tiene dos componentes, N orgánico y N inorgánico. Los microorganismos del suelo hacen la conversión de la forma orgánica a inorgánica, que es la que absorben las plantas. Se estima que entre 1.5% y 3% del N total del suelo corresponde a N inorgánico; usualmente se trabaja con 1.5% o sea 0.015.

La cantidad de N por hectárea equivale a NA (%), multiplicada por el peso de 1 hectárea, dividido por 100.

$$\text{Kg / ha de N} = \text{N asimilable (\%)} \times \text{P(ha)}/100$$

3) Conversion de Miliequivalentes (Meq) o centimoles por kg (cmol+/Kg) a Kg/ha

Para esta conversión se debe tener en cuenta el peso atómico y la valencia del elemento, al igual que la densidad aparente y la profundidad de las raíces del cultivo en el área de estudio.

Para el cálculo de la cantidad de kilos/ha del elemento, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Kg/ha} = (\text{Pa/Va}) \times \text{Dap} \times \text{PER} \times \text{Meq/100g de suelo}$$

Donde:

Pa = Peso atómico de los elementos (P = 30.97; K = 39,10; Ca = 40.08; Mg = 24.30; S = 16.03 y Cl = 35.45).

Va = Valencia de los elementos (K = 1, Ca = 2 y Mg = 2).

Dap = Densidad aparente en g/cm^3

PER = Profundidad de Raíces del cultivo en cm

Meq/100 g de suelo o cmol+ /kg = Resultado del análisis de suelo reportado por el laboratorio.

Ejemplo de aplicación de cálculos de nutrientes en los suelos y determinación necesidad de fertilizar.

Se cuenta con los datos siguientes:

$$\text{Dap} = 0.81 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PER} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{pH} = 5.1$$

$$\text{Materia Orgánica} = 9.97\%$$

$$\text{P} = 24 \text{ ppm}$$

$$\text{K} = 0.35 \text{ meq/100 gr suelo.}$$

Tomando el procedimiento resolvemos:

- a) Interpretación de los resultados del análisis de suelos. Estos valores se comparan con los de las categorías para interpretación de resultados; de ello deducimos que el pH es extremadamente ácido, los valores de materia orgánica, fósforo y potasio se encuentran en rango medio.

- b) Determinación de la disponibilidad de nutrientes en el suelo

Calculamos primeramente el peso de la hectárea en Kg. y posteriormente se hace la conversión de las unidades del análisis de suelo (porcentaje, ppm o mg/Kg, meq/100 de suelo o cmol+/kg) a kilogramos por hectárea.

b1) $\text{Peso (ha)} = 100.000 \times \text{Dap} \times \text{PER} = 100.000 \times 0.81 \text{ g/cm}^3 \times 20 \text{ cm} = 1.620.000 \text{ Kg de suelo.}$

Calculo del nitrógeno:

$\text{N Total} = \% \text{ M.O./20} = 9,7/20 = 0.535 \% \text{ de Nitrógeno Total}$

$\text{N asimilable} = \text{NT} \times 0.015 = 0.485 \times 0.015 = 0.00727\% \text{ de N asimilable}$

$\text{Cantidad de Nitrógeno asimilable} = \% \text{ NA} \times \text{Peso (ha)} = (0.00727 \times 1.620.000)/100 = \underline{118 \text{ Kg NA/ha}}$

b2) $\text{Cantidad de Fósforo} = 1/1.000.000 \times \text{Peso (ha)} \text{ Kg} \times \text{Fósforo (ppm)}$

$= 1/1.000.000 \times 1.215.000 \times 24 \text{ ppm} = \underline{38.88 \text{ Kg de P/ha.}}$

$= 38.88 \text{ Kg P/ha} \times 2.29^* = \underline{89 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}}$

2.29 es el Factor de conversión para pasar Kg. de P a Kg. de P_2O_5

b3) $\text{Cantidad de potasio} = \text{Pa/Va} \times \text{Dap} \times \text{PER (cm)} \times \text{K (Meq/100 g del análisis del suelo)}$

$= 39/1 \times 0.81 \text{ g/cm}^3 \times 20 \text{ cm} \times 0.35 \text{ Meq/100 g suelo} = \underline{221 \text{ kg K/ha}}$

$= 221 \text{ Kg/ha de K} \times 1.21 = \underline{267.4 \text{ Kg de K}_2\text{O/ha}}$

1.21 es el Factor de conversión para pasar kg de K a Kg de K_2O

4. CAPACIDAD DE USOS DE SUELO

Los suelos como todo ser vivo se encuentra en constante cambio (Jenny *et al* citado por Chavarria, F 2009), muchas veces los cambios degradativos y ocasionados por el hombre o la misma naturaleza.

Los suelos sufren cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Dichos cambios afectan positiva o negativamente los usos de los suelos.

Se hace necesario la aplicación de sistema de evaluación de la aptitud de uso de los suelos que utilice parámetros objetivos y que pueda ser aplicado en cualquier escala, desde el reconocimiento hasta el planeamiento individual de propiedades, que sea adecuado a las condiciones locales y que considere los aspectos económicos involucrados en cada tipo de uso de la tierra, así como que sea aplicable a la mayoría de las situaciones de disponibilidad de recursos naturales.

Resende *et al.*, 1995 (citado por Chavarria, F 2009) menciona que en la clasificación de suelos, los casos individuales son agrupados en función de pocas características de interés práctico y específico, relacionadas sobre todo con el comportamiento agrícola de los suelos, involucrando los aspectos físicos y socio-económicos y resultando así un trabajo de naturaleza interdisciplinaria.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO

El Sistema fue estructurado por el Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos, desarrollado por Klingebiel y Montgomery (1961) y adaptado y divulgado en Brasil por Marques (1971). Después fueron efectuadas otras aproximaciones, como las hechas por Lepsch (1983) y Lepsch (1991).

Lepsch (1991) recomienda la utilización de este sistema para fines de planeamiento de prácticas de conservación del suelo, al nivel de propiedades o empresas agrícolas, o para pequeñas cuencas hidrográficas. En caso de uso para otras finalidades, como en el caso de estudios regionales, debe ser hecho con adaptaciones y con acompañamiento de estudios que consideren las condiciones socioeconómicas y aptitud agroclimática de los cultivos.

El sistema está basado en interpretación de las características y propiedades intrínsecas del suelo, así como del medio físico y el nivel tecnológico que poseen los agricultores. De esta forma, el sistema toma en cuenta las limitaciones permanentes de la tierra, relacionándolas con las posibilidades y limitaciones de uso de la misma.

Este sistema es jerarquizado de la siguiente forma:

- a. Grupos de capacidad de uso (A, B y C): establecidos en base a los tipos de intensidad del uso de las tierras.

- b. Clases de capacidad de uso (I a VIII): basadas en el grado de limitacion del uso.
- c. Subclases de capacidad de uso (Ile, IIle, IIIa, etc.): basadas en la naturaleza de la limitacion del uso.
- d. Unidades de capacidad de uso (Ile-1, Ile-2, IIIa-1, etc.): basadas en condiciones especificas que afectan el uso o manejo de la tierra.

Son por lo tanto ocho clases organizadas en tres grupos, con la intensidad de uso en escala decreciente de I a VIII. El grupo A contiene tierras cultivables con cultivos anuales, perennes, pasturas y/o reforestacion y/o vida silvestre, comprendiendo las clases I, II, III y IV. El grupo B comprende tierras adaptadas a las pasturas y/o reforestacion y/o vida silvestre, incluyendo las clases V, VI y VII. El grupo C son tierras no cultivables, pero apropiadas para proteccion de la flora y de la fauna silvestre, recreacion y almacenamiento de agua, abarcando la clase VIII.

Las clases II a VII, excepto la V, son subdivididas en subclases en funcion de sus limitaciones permanentes, relacionadas con erosion (e), suelo (s), agua (a) y clima (c). Las unidades de capacidad de uso tornan mas explicita la naturaleza de las limitaciones, o sea, facilitan el proceso de establecimiento de las practicas de manejo.

El grupo de capacidad. Es un agrupamiento de una o mas unidades de mapeos que tienen potencialidades similares asi como tambien limitantes y riesgos permanentes.

Clase de capacidad: son grupos de subclase o unidades que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones. Las limitaciones del suelo en cuanto al uso aumentan progresivamente desde la clase I hasta VIII.

La clase de capacidad se basa en la interpretacion de las propiedades del suelo y de sus características asociadas. Las propiedades de los suelos que afectan su capacidad de uso, se infieren de su morfología y de sus características asociadas (pendiente, erosion actual, pedregosidad y riesgo de inundacion).

Las propiedades que se infieren son: Riesgo de erosion, riesgo de sequia, drenaje y fertilidad.

LAS CLASES DE SUELO SEGÚN USDA SON:

Clase I a IV: En estas clases se encuentran los suelos que permiten ser arados para facilitar la emergencia y labores de manejo de los cultivos. Las clases se agrupan de acuerdo a potencialidades y limitaciones. Se prestan para una produccion continua de cultivos que no requieren de tratamientos particulares.

Clase V a VIII: En estas clases se encuentran los suelos que no permiten aradura. Se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para el establecimiento de cultivos perennes y a los riesgos de destruccion y dano si son mal manejados.

ABORDAJE DE CADA UNA DE LAS CLASES DE SUELOS

Clase I: Son suelos bastante profundos, bien drenados, faciles de trabajar, poseen buena retencion de agua y buena fertilidad. Se pueden trabajar sin limitaciones mas que el manejo de fertilidad y cuido ante dano por procesos erosivos.

Clase II: Son suelos con limitantes moderadas, sobre todo por el riesgo de erosion, pero que son subsanables con algunas practicas agronomicas y culturales como las Buenas Practicas Agricolas (BPA) y Buenas Practicas Ganaderas (BPG).

Dentro de las limitaciones que presentan los suelos de esta clase se encuentran: Contenido moderado de sodio, pendientes suaves, poca profundidad, estructura desfavorable, ocasionales inundaciones y desfavorable laborabilidad.

Clase III: Los suelos de esta clase presentan limitaciones severas. Tienen alto riesgo de erosion y por lo tanto requieren de la aplicacion de tecnicas especiales de proteccion. Poseen pendientes moderadas, poca profundidad de suelo, baja fertilidad, baja retencion de humedad y frecuentes inundaciones.

Clase IV: Limitantes muy severas. Se pueden usar para cultivos densos, usando laboreo convencional. Es recomendable mantenerlos cubiertos con pasturas sin laboreo convencional cuando hay riesgo elevado de erosion.

Las limitantes pueden ser: Inundaciones, pendientes muy pronunciadas, elevada sodicidad o salinidad, baja retencion de humedad, alto riesgo de erosion.

Clase V: Mal drenaje, Pedregosidad. Presentan bajo riesgo de erosion si son cubiertos por pastizales o bosques. Suelen tener riesgo de erosion.

La realizacion de obras de drenaje puede cambiar su capacidad de uso. Haciendo que los suelos tengan un uso agricola o pecuario.

Clase VI: Suelos con muy alto riesgo de erosion y sequia. Se encuentran por lo general en areas con fuertes pendientes. Son suelos superficiales. Cuando se encuentran en pendientes que asi lo permitan pueden ser utilizados para pastoreo teniendo el cuidado de evitar sobrepastoreo y garantizar que se establezcan sistemas silvopastoriles (en cualquiera de sus modalidades).

Clase VII: Grandes limitaciones para su uso, para pastoreo o bosques. Son suelos pantanosos, o con fuertes pendientes, suelos superficiales, alto contenido de sodio, pedregosidad alta.

Clase VIII: Suelos sin uso productivo agropecuario. Pueden usarse para recreacion (playas), o como canteras o bien areas de reserva.

C Ejercitación

TRABAJO EN EQUIPO

1) En equipos de trabajo conformados por no mas de cuatro companeros, resolvamos lo siguiente:

Calcule los requerimientos de fertilizantes de una hectarea establecida con cafe en plena produccion. Sabiendo que los resultados del analisis de suelos fueron los siguientes:

Densidad aparente = 1.25 g/cm^3

Profundidad de muestreo = 25 cm.

pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	N	C
	Cmol (+)/kg-				mg/kg-					%	%
6.2	0.12	10.51	2.80	0.24	4.1	12.5	5.5	40	133	0.34	3.47

Los datos corresponden a resultados de analisis de laboratorio (CATIE-Turrialba Costa Rica) sobre una area productiva de cafe en el Municipio El Cua, Departamento de Jinotega.

2) Una vez resuelto el problema, expondremos ante nuestros companeros los resultados.

IMPORTANTE

Luego de realizar la exposicion, si se diera el caso de que el auditorio le planteara preguntas, pueden responder los miembros del equipo de trabajo.

Se sugiere que se tomen notas de aportes del plenario a la exposicion de su grupo.

Incorpore al informe los aportes que crea pertinente.

D *Aplicación*

TRABAJO EN EQUIPO

Con la participación de los compañeros del grupo, resolvamos sobre lo siguiente:

- 1) Un productor que posee 10 hectáreas de cultivo, ha enviado muestras de suelo a laboratorio y en base a los resultados se le recomienda fertilizar con 45 kg de P/ha y 72 kg de N/ha. Si dispone de fosfato diamónico (fórmula 18-46-0) y Urea al 46 % (46-0-0).

¿Cuanto fertilizante debe aplicar?

¿En que proporción deberá hacerlo?

¿Cuándo debería realizar las aplicaciones? ¿Porque?

- 2) Un suelo que ha sido cultivado durante 8 años consecutivos, fue muestreado y enviada las muestras a laboratorio, resultando que posee las características químicas siguientes:

- Materia Orgánica: Antes 6%; ahora 2.5%.
- CIC: Antes 20; ahora 10 meq/100 gr.
- Porcentaje de saturación de bases: Antes 70%; ahora 45%.
- K intercambiable: Antes 20%; ahora 12%.
- P total: Antes 750; ahora 450 ppm.
- Densidad aparente: 1,25 g/cm³.
- Capa arable: 20 cm.

En base a datos anteriores calcular:

- ¿Cuántos kg de materia orgánica por hectárea se han perdido?
- ¿Cuanto potasio había antes y cuanto hay ahora. Mostrar datos en meq/100 g y en kg de K/ha?
- ¿Cuanto Kg de P total/ha se ha perdido en los años de uso?

EN PLENARIA:

El relator del grupo o a quien haya seleccionado el grupo se encargará de exponer las conclusiones de nuestro equipo de trabajo con respecto a la asignación.

Los integrantes del equipo de trabajo responderemos a inquietudes del plenario.

Los miembros de los grupos de trabajo debemos incorporar al informe los aportes obtenidos de otras exposiciones o señalamientos hechos por el plenario.

Con ayuda del docente se aclararan dudas que hayan surgido luego de la exposicion.

E *Complementación*

TRABAJO INDIVIDUAL

1) Con ayuda de Internet o material bibliografico de la biblioteca. Investiguemos:

- a) ¿Que sintomas de deficiencia de N se presentan en los cultivos?
- b) ¿Que sintomas de deficiencia de P se presentan en los cultivos?
- c) ¿Que sintomas de deficiencia de K se presentan en los cultivos?
- d) ¿Como podemos mejorar la fertilidad de nuestros suelos?

Podemos consultar bibliografia en la biblioteca o bien hacer uso de sitios en Internet.

Consultar: <http://ipni.com>
<http://web.usal.es/javisan/hidro/practicas>



BIBLIOGRAFÍA

CHAVARRIA, F. (2009). Curso de Suelos II. UNAN Managua.

ESPINOSA, J. (2000). Analisis Foliar: Fundamentos y Metodos de Evaluacion. Federacion Nacional de Cultivadores de Cereales. FENALCE. Bogota, Colombia.

LOPEZ, R.J. y LOPEZ, M.J. (1990). El diagnostico de suelos y plantas. Metodos de campo y laboratorio. Ed. Mundi-Prensa 4ª Ed. 363 p. Madrid.

MUNOZ, P.A. y VILLANADA, E. (sf). El analisis de suelos: Toma de muestras y recomendaciones de fertilizacion para la produccion ganadera.

RAMIREZ, F. (2005). Muestreo de Suelos. INTA, Costa Rica.

ROBERTS, T.L y HENRY, J.L. (sf). El muestreo de suelos: Los beneficios de un buen trabajo.

SANCHEZ, B.; RUIZ, M. y RIOS, M.M. 1992. Materia organica y actividad biologica del suelo en relacion con la altitud, en la cuenca del rio Maracay, Estado Aragua.

SUAREZ, A (1994). Manual de Tecnicas de Muestreo Foliar para Recomendacion de Fertilizacion. Fundacion Hondurena de Investigacion Agricola. Cortes, Honduras.

SUAREZ, A. (1994a). Manual de Tecnicas de Muestreo Foliar para Recomendacion de Fertilizacion. Fundacion Hondurena de Investigacion Agricola. Cortes, Honduras.

VILLANUEVA, G.; OSINAGA, R.; CHAVEZ, A. 2004. El Uso Sustentable de los Suelos. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.



UNIDAD 4

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Clasificar y evaluar el suelo brindando elementos clave para su conservación.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Clasifica los suelos de acuerdo a sus características físicas y químicas y propone acciones para su apropiada utilización y conservación.

TRABAJO EN EQUIPO

- 1) Organicémonos en grupos de trabajo y resolvamos las actividades que se nos han asignado. Para ello elijamos a un relator y un moderador para que garanticemos que todos podamos participar.
- 2) Juntos, leamos y analicemos el párrafo siguiente.

La clasificación en cualquier rama de las ciencias naturales es un tema altamente conflictivo. De esto no escapa la Sistemática de Suelos. Lo que se debe a dos causas principales. Siendo una de ellas que los suelos presentan unos caracteres muy particulares. Los suelos forman en la naturaleza un verdadero conjunto continuo. La separación entre las unidades es gradual, la mayor parte de las veces, y los suelos no se derivan los unos de los otros, por lo menos en el sentido en que lo hacen los vegetales y los animales. De esta manera no se puede aplicar ni el sentido de la similitud máxima en el interior de las unidades, ni el parentesco y ni la filiación. Otra de las causas que ocasiona mayor complejidad en la clasificación de los suelos es que además de clasificar las unidades superiores, agrupar a los grandes tipos de suelos mundiales, suministrar un cuadro general que sirva de base a la Edafología, debe proporcionar a los cartógrafos un instrumento cómodo que permita la cartografía a gran escala, para estudios muy detallados de pequeñas áreas de terreno (a nivel de clase), con finalidades prácticas.

En compañía de los miembros de su equipo de trabajo de no más de cuatro compañeros de respuestas a lo siguiente:

- 1) ¿Cómo podríamos clasificar a los suelos de nuestra comunidad?
- 2) ¿Qué características podríamos considerar para clasificar a los suelos de nuestras parcelas?
- 3) ¿Por qué es necesario que podamos clasificar los suelos?
- 4) ¿Conocemos de algún estudio que clasifique los suelos de nuestra comunidad o al menos a nivel de provincia o departamento?

EN PLENARIA

- 1) El relator expone ante el plenario los aportes que como grupo hemos hecho.
- 2) Junto a nuestro relator respondemos a inquietudes del plenario.

- 3) Tomamos apuntes sobre las exposiciones de los grupos restantes de la clase.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO:

Junto a nuestros compañeros de grupo, realizamos lo siguiente.

- 1) El coordinador de nuestro subgrupo, leera en voz alta parte del texto que nos haya sido asignado por el docente.
- 2) Los integrantes del subgrupo escuchamos con mucha atencion a la lectura y tomamos apuntes sobre los aspectos mas importantes.

1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Como se mencionaba al inicio de esta unidad, existen muchas contradicciones para poder clasificar de manera homogenea los suelos, lo que ha dado lugar a que existan numerosas clasificaciones de suelos, las que han sido desarrolladas bajo muy diferentes puntos de vista. Historicamente podemos destacar las siguientes.

- Fallou creo una de las primeras clasificaciones con base a la geologia (en funcion del tipo de roca madre).
- Gedroitz en base a quimica o sea al grado de saturacion del complejo absorbente.
- Von Sigmond siempre en base a la quimica pero sobre todo a cation dominante del complejo absorbente.
- Pallman en base a la quimica pero observando la intensidad, direccion y elementos del lavado.
- Con base climatica: Dokuchaiev, clasifico a los suelos en zonales (evolucion dependiente del clima), en suelos intrazonales (evolucion independiente del clima) y suelos azonales (poco evolucionados, no se conoce todavia como sera su evolucion).
- Con bases mixtas: se utilizan caracteres diferenciadores de distinto tipo.
- Con bases geneticas: observa el grado de desarrollo del perfil, grado de alteracion, tipos de humus, hidromorfia, propiedades quimicas, mineralogia, entre otros.

1.1 PRINCIPALES CLASIFICACIONES DE SUELOS

- a) Clasificación de Kubiena constituye la primera clasificación moderna (1953). Caracteres diferenciadores: horizonación, morfología, física, química y micromorfología. Es una clasificación muy didáctica, las clases van desde los suelos poco evolucionados a los de mayor evolución. Establece tres grandes divisiones: subacuáticos (debajo de capas de agua), semiterrestres (con hidromorfia) y terrestres (para los suelos normales). Las clases se encuentran minuciosamente descritas y espléndidamente ilustradas. Se trata de una clasificación muy importante que marco un hito en su tiempo aunque hoy ha quedado totalmente obsoleta.
- b) Clasificación francesa, que data de 1967. En líneas generales sigue la de Kubiena aunque con bases más modernas. Hoy se puede considerar también en desuso.
- c) Con bases morfométricas: utilizan propiedades medibles del suelo, bien directamente en el perfil o analizando muestras en el laboratorio. Representa actualmente la tendencia más aceptada en las modernas clasificaciones de suelos, como la Soil Taxonomy y la de la FAO/UNESCO.
- d) En España la única genuina clasificación de suelos fue presentada por Huguet del Villar en 1927. Se publica en su célebre libro, "España en el mapa internacional de suelos"; al que siguieron "Suelos de España" (1929) y "Los suelos de la península Luso-Iberica" (1937; edición internacional en castellano e inglés). A pesar de esta pionera investigación los trabajos posteriores de los edafólogos españoles no se han materializado en el establecimiento de ninguna clasificación propia para los suelos de nuestro país.
- e) Otras clasificaciones importantes han sido la clasificación alemana, la rusa, la canadiense y la australiana.

Tomando en consideración sus aportes y facilidad de aplicación existe en la actualidad la tendencia a utilizar dos clasificaciones que pueden ser calificadas como internacionales, estas son la Soil Taxonomy, presentada por el Soil Survey Staff de los Estados Unidos, y la desarrollada por la FAO/UNESCO para la obtención de un mapa de suelos a nivel mundial. Las clasificaciones de carácter nacional están siendo abandonadas o utilizadas con carácter complementario de estas dos clasificaciones globales.

Tanto la Soil Taxonomy como la desarrollada por la FAO/UNESCO utilizan como caracteres diferenciadores a propiedades del suelo medibles cuantitativamente. Además estos caracteres diferenciadores son muy numerosos, de manera que las clases establecidas quedan definidas de una manera muy rigurosa y precisa. Al utilizar criterios cuantitativos, las clases definidas resultan ser mutuamente excluyentes.

Ambas clasificaciones evitan al máximo la subjetividad, a diferencia de lo que ocurría con las clasificaciones que las han precedido.

Las clasificaciones se hacen mas confiables por las siguientes razones:

- Al utilizar siempre propiedades que pueden ser cuantificadas de alguna manera. Aquellos criterios de “alto contenido en materia organica”, “pobres en bases”, etc., que se prestaban a una enorme confusion, (por ejemplo, el termino “alto” se interpretaba de muy distinta manera en funcion de los suelos a que cada investigador estaba acostumbrado) han sido sustituidos por “porcentaje en materia organica superior al 1%”, “grado de saturacion < 50%”, etc.
- Se evitan las consideraciones geneticas, que al ser subjetivas de distintas interpretaciones pueden crear confusiones. No obstante, dada la importancia de los procesos de formacion del suelo, se utilizan como caracteres diferenciadores a aquellas propiedades que son el resultado directo de la actuacion de estos procesos. Es por ello que aunque estrictamente hablando se trata de clasificaciones morfometricas, las podemos calificar como morfogeneticas.
- Se refieren tanto a los suelos virgenes como a los agricolas.

La nomenclatura ABC utilizada en las anteriores clasificaciones esta definida sobre criterios geneticos cualitativos, lo que provoca importantes disparidades de uso entre los edafologos. Para evitar este inconveniente el Soil Survey Staff de USA introdujo el concepto de horizontes diagnosticos, cuyo uso se ha impuesto en todo el mundo.

Un horizonte diagnostico es un horizonte definido morfometricamente, con la mayor precision posible, con datos de campo y de laboratorio, para su utilizacion en la clasificacion del suelo.

Por otra parte existen otros caracteres diferenciadores que no son horizontes y son llamadas propiedades diagnosticas. Son elementos esenciales para la clasificacion y son definidos de manera similar a como se hace con los horizontes diagnosticos.

Aunque con jerarquias y desarrollos absolutamente distintos, basicamente estas dos clasificaciones utilizan la misma filosofia: el empleo de horizontes diagnosticos como claves de clasificacion y de propiedades diagnosticas como caracteres diferenciadores de menor rango.

Los horizontes diagnosticos y propiedades diagnosticas no son todos comunes para ambas clasificaciones. Tampoco las definiciones de los horizontes y propiedades estan definidos exactamente de la misma manera en ambos sistemas.

La FAO ha optado para la denominacion de sus clases de nombres populares, utilizados en clasificaciones anteriores (se han descartado todos los terminos populares que se prestasen a confusion, por ej., suelos pardos, suelos aridos, etc). Tambien otra diferencia con respecto a la Soil Taxonomy radica en la ausencia de los regimenes de humedad y temperatura de uso tan frecuente en la clasificacion americana.

La FAO/UNESCO ha desarrollado dos sistemas para trabajar con suelos:

- a) El “Legend of the Soil Map of the Word” fue establecido en 1974 y posteriormente fue revisado “Revised legend of the Soil Map of the Word” en 1988. En un principio la clasificación FAO fue diseñada para proporcionar un arma de trabajo común para todos los edafólogos del planeta. Concretamente como leyenda de un Mapa Mundial de Suelos, de escala pequeña (1:5.000.000), para realizar una primera valoración de los recursos edáficos del mundo. Fue pues elaborada para trabajar con escalas pequeñas (mapas generales). Representa un sistema de clasificación bastante intuitivo, muy eficaz desde un punto de vista didáctico y muy útil para estudios no muy detallados de suelos.
- b) La FAO/UNESCO (1998) introdujo profundas modificaciones en su esquema de clasificación desarrollando el “World Reference Base for Soil Resources”. En esta Base de Referencia para los Suelos del Mundo aunque se continúa con el esquema básico definido por la primitiva Leyenda para el Mapa Mundial de Suelos (1974/1988) se han introducido profundos cambios en todos sus niveles (Horizontes diagnósticos, propiedades diagnósticas, materiales diagnósticos, grupos de suelos y unidades de suelos).

En base a estudios del CRIES (The Comprehensive Resources Inventory and Evaluation System), se presentan las características de las principales ordenes de suelos.

SUELOS VERTISOLES (SONZOCUITE)

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son suelos minerales de desarrollo reciente, con horizonte superficial de poco espesor, muy arcillosos, que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas y profundas y durante la estación lluviosa se expanden, tienen formación de micro relieve en la superficie, son de muy profundos a moderadamente profundos (que no tienen contacto rocoso a menos de 50 cm. de profundidad), la fertilidad del suelo es de alta a baja, formados de sedimentos lacustres o lagunares, de tobas, basaltos y otras rocas ricas en bases y fácilmente meteorizables, en pendientes de 0-8%, también se encuentran en pendientes de hasta 15%.



Figura 1: Perfil mostrando un suelo Vertisol (Fuente EUMEX)

DRENAJE:

El drenaje natural de estos suelos es de imperfecto a moderado, pobre y muy pobre.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

Las características del orden de los Vertisoles son: la textura del horizonte superficial varía de franco arcilloso a arcilloso pesado, con colores que gradúan de negro a gris oscuro y es de poco espesor, con un subsuelo de textura muy arcilloso (con > 60% de contenido

de la fracción arcilla, principalmente montmorillonita) y colores gris oscuros; son suelos de muy profundos a moderadamente profundos (60 a > 120 cm.).

Los vertisoles en épocas secas se contraen y forman grietas anchas y profundas (1 cm. o más de ancho y hasta 1 m o más de profundidad) y en épocas lluviosas se expanden; generalmente presentan macro relieve de planicie depresional y micro relieves por la gran cantidad de arcillas.

Las grietas permanecen abiertas (a menos que estén irrigados) por 90 días acumulativos o más durante el año, pero no durante todo el año. Son extensivos en depresiones, llanos y en planicies con escurrimiento superficial lento.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

El contenido de materia orgánica en los Vertisoles tiene valores de moderadamente alto a bajo, el pH es de extremadamente ácido a ligeramente ácido, la capacidad de intercambio catiónico es de muy alto a medio, tienen altos contenidos de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na), el porcentaje de la saturación de bases es alto y muestran diferencias en el porcentaje de carbonatos.

USO POTENCIAL:

Debido a las limitaciones texturales y de drenaje interno estos suelos en su gran mayoría son adecuados, con riego, para cultivos como arroz, caña de azúcar, sorgo y bosques de explotación.

SUELOS ENTISOL

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son suelos minerales de formación reciente que tienen poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos, la mayoría no poseen el horizonte superficial con algún nivel de desarrollo, pero cuando se encuentra tiene colores claros (epipedón ocríco) u oscuros (epipedón umbríco), la profundidad varía de profundos a muy superficiales, relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad del suelo es alta a baja, en algunos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa.

DRENAJE:

El drenaje interno de estos suelos varía de excesivo, moderadamente bueno, bueno, pobre a muy pobre.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

Las texturas tanto superficiales como del subsuelo varían de arenosas a arcillosas, con colores que van desde oscuros a pardos. Las profundidades son de muy superficiales a superficiales (< 25–40 cm.) en relieves escarpados y sujetos a erosión activa; muy



Figura 2: Perfil de suelo Entisol
(Fuente EUMEX)

superficiales a profundos (< 25 a > 90 cm.) en las planicies, con un contacto lítico (rocoso) a menos de 50 cm. de profundidad, o con un subsuelo de gran espesor que no tiene evidencia de desarrollo y que presenta texturas gruesas, con granulometría variable, con o sin fragmentos gruesos dentro del perfil del suelo o sobre la superficie. El nivel freático oscila de muy superficial a muy profundo e inundaciones muy frecuentes y prolongadas en algunas áreas durante la estación lluviosa.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

El contenido de materia orgánica en estos suelos varía de alto a bajo, el pH es de extremadamente ácido a medianamente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico tiene valores de medio a muy bajo y el porcentaje de saturación de bases es de alto a bajo.

USO POTENCIAL:

Estos suelos no son recomendables para cultivos agrícolas, su uso adecuado es Forestal o Vegetación natural, variedades de pastos adaptables a las condiciones y conservación de la flora y la fauna.

SUELOS INCEPTISOL

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son suelos minerales de desarrollo incipiente, de poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedon ocríco) o de colores oscuros (epipedon umbríco) y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cambíco) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructura de suelo o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen; con inundaciones ocasionales y prolongadas en algunas áreas, donde el contenido de aluminio fluctúa de alto a medio. Se presentan en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad se presenta de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, de cenizas volcánicas, de rocas básicas y ácidas.



Figura 3: Fotografía de Inceptisol
(Fuente EUMEX)

DRENAJE:

El drenaje natural interno de estos suelos varía de muy pobre a bien drenados y el nivel freático de muy superficial a muy profundo, con inundaciones ocasionales o prolongadas durante las épocas lluviosas.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

La textura superficial de estos suelos varía de acuerdo a su ubicación: sus texturas son de arena franca hasta arcillosa, con coloraciones de pardo a pardo rojizo y pardo grisáceo; pero en zonas lluviosas es generalmente de franco arcilloso a arcilloso, con coloraciones de pardo claro a pardo rojizo y grisáceo, esto se debe al Hidromorfismo; en cambio en las zonas secas o menos lluviosas su textura y coloración es franco arcilloso y franco

arcillo arenoso, pardo oscuro y en algunos casos con coloraciones pardo rojizo oscuro, las profundidades son de poco profundo a muy profundo (60 a > 120 cm.). En algunas áreas donde se encuentran estos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

El contenido de materia orgánica en estos suelos es de muy alto a muy bajo, el pH varía de extremadamente ácido a neutro, la capacidad de intercambio catiónico es de muy bajo a alto y el porcentaje de saturación de base de muy bajo a alto.

USO POTENCIAL:

Estos suelos son aptos para un gran número de cultivos como algodón, ajonjolí, cacao, maíz, hortalizas, banano, plátano, piña, café, cítricos. En algunos casos por riesgo o susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica y/o eólica se recomiendan para bosques o reforestación en su defecto y en otros casos debido a deficiencias del drenaje interno de los suelos, presencia de tabla de agua alta, inundaciones frecuentes y prolongadas, fertilidad del suelo muy baja o relieve con pendientes del terreno muy pronunciadas es recomendado para protección de la flora y la fauna.

Estos suelos son aptos para cultivos anuales y semiperennes, perennes y bosque, en tierras con pendientes < 15%, en pendiente de hasta 30% para silvopastura, agroforestería y bosques, en pendiente de hasta 50% agroforestería y bosque, en pendientes > 50% para bosque de protección y conservación.

SUELOS MOLLISOLES

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedon mollico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cambico cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas.

DRENAJE:

El drenaje interno del suelo es de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

Las características de estos suelos son: texturas del suelo y subsuelo de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y



Figura 4: Suelo del orden Mollisol
(Fuente EUMEX)

pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos (60 a > 120 cm.), en algunas áreas se encuentra una o varias capas de talpetate de diferentes colores y grados de cementación, a diferentes profundidades, otros poseen piedras en la superficie y gravas en el perfil

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el pH es de fuertemente ácido a muy fuertemente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de bajo a alto y el porcentaje de saturación de bases es de bajo a alto.

USO POTENCIAL:

De acuerdo a las características edafológicas y climáticas estos suelos están aptos para cultivos como algodón, ajonjolí, maíz, sorgo, arroz, caña de azúcar, estos cultivos son adecuados para pendientes con rangos de 0–15% tomando en cuenta las debidas medidas de conservación y manejo. Los suelos con rangos de pendientes de 15–30% son apropiados para cultivos como pastos, pino, algunos frutales, silvopasturas, agroforestería y bosque. Los suelos con rangos de pendientes de 30–50% son para bosques de explotación, bosque de protección, bosque de conservación y para agroforestería. Los suelos con pendientes $> 50\%$ son apropiados únicamente para bosque de protección y conservación de la flora y fauna.

SUELOS ALFISOLES

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Suelos minerales maduros, bien desarrollados. Con un horizonte superficial de color claro (epipedon ocríco) o de color oscuro (epipedon umbríco) y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (horizonte argílico); de muy profundos a poco profundo (60 a > 120 cm.). En relieve de plano a muy escarpado, con una fertilidad de baja a media; desarrollados a partir de rocas ácidas, básicas, metamórficas, materiales indiferenciados y estratos sedimentarios de lutitas.



Figura 5: Suelo del orden Alfisol
(Fuente EUMEX)

DRENAJE:

El drenaje interno en estos suelos varía de pobre, moderado a bien drenados, encontrándose en algunas áreas, durante épocas lluviosas, el nivel freático fluctuante a una profundidad de 20 cm.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

Las Características de estos suelos son: texturas de arcillosos a franco arcillosos y franco arenosos, con colores que varían de pardo grisáceo muy oscuro a pardo rojizo y pardo amarillento, volviéndose a más claro a mayor profundidad; el drenaje interno del suelo varía de pobre a bien drenados, con profundidades que varían de muy profundo a poco profundo.

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Las Características de estos suelos son: el contenido de materia orgánica varía de alto a muy bajo, el pH es de muy fuertemente ácido a neutro, con un porcentaje de saturación de bases que oscila de alto a bajo y presentan una capacidad de intercambio catiónico de alto a muy bajo.

USO POTENCIAL:

Estos suelos están aptos para cultivos como maíz, sorgo, ajonjolí, caña de azúcar, yuca, arroz, plátano, papa, etc., en pendientes con rangos de 0–15% tomando en cuenta las debidas medidas de conservación y manejo; algunas áreas con problemas de drenaje interno del suelo (imperfecto y pobre) son aptos para pastos. Los suelos con rangos de pendientes de 15–30% son apropiados para cultivos como pastos, papa, algunos frutales, silvopasturas, agroforestería, con prácticas de conservación de; bosques de producción, protección y conservación, con sus debidos planes de manejo. Los suelos con rangos de pendientes de 30–50% son aptos para agroforestería, con sus prácticas de conservación; bosque de explotación, bosque de protección y bosque de conservación y los suelos con pendientes > 50% son aptos únicamente para bosques de protección y conservación, en todos los casos con sus respectivos planes de manejo forestal.

SUELOS ULTISOLES

CARACTERISTICAS GENERALES:

Son suelos que tienen un drenaje interno natural de imperfecto a bien drenados, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural tiene valores de baja a media, con un contenido variable de aluminio, se han desarrollado de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales.

DRENAJE:

El drenaje interno natural de estos suelos varía de imperfecto a bien drenados, en algunas áreas donde el drenaje natural es imperfecto el nivel freático en épocas lluviosas se mantiene entre los 40–50 cm. de profundidad para bajar a más de un metro de profundidad en épocas secas.

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS:

Los Ultisoles presentan las siguientes características morfológicas: texturas superficiales franco arcilloso y arcilloso, textura del subsuelo de arcilloso a muy arcilloso; colores pálidos en el suelo superficial, pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento claro, en el subsuelo los colores varían de pardo oscuro a pardo rojizo oscuro, en algunos casos los colores en el subsuelo varían producto del Hidromorfismo de gris pardusco claro a gris claro.



Figura 6: Suelo del orden Ultisol
(Fuente EUMEX)

CARACTERISTICAS FISICO QUIMICA:

Valores de muy fuertemente ácido a medianamente ácido, el porcentaje de saturación de bases es de muy bajo a medio, la capacidad de intercambio catiónico es de bajo a medio, el porcentaje de aluminio intercambiable es de bajo a muy alto, el porcentaje de hierro libre es de alto a bajo y el porcentaje de fósforo asimilable es de bajo a medio.

USO POTENCIAL:

De acuerdo a sus Características edafoclimáticas estos suelos, en tierras en pendientes con rangos $< 15\%$, son aptos para cultivos anuales como sorgo, maíz, hortalizas, algodón, frijoles, arroz, yuca; para cultivos semiperennes como caña de azúcar, banano, plátano, pina; para cultivos perennes como frutales, cítricos, palma africana, pastos y bosque; con sus respectivas prácticas de conservación y planes de manejo forestal. Los suelos con pendientes de hasta 30% son aptos para manejo silvopastoril, agroforestal y bosque, con sus prácticas y planes de manejo. Los suelos con pendientes de $30-50\%$ son aptos para agroforestería y bosque, con prácticas y planes de manejo. Los suelos con pendientes $> 50\%$ son aptos para bosques de protección o conservación de la flora y la fauna.

SUELOS OXISOLES***CARACTERISTICAS GENERALES:***

Son suelos minerales seniles, en la última etapa de intemperización química, con un horizonte superficial de colores claros que descansa sobre un subsuelo muy grueso de color rojo amarillento, muy profundos, moderadamente estructurado, con altas concentraciones de Hierro (Fe) y Aluminio (Al), bien drenados, muy ácidos, con un alto contenido en aluminio intercambiable, de relieve ondulado a escarpado, fertilidad muy baja, desarrollados de rocas ultrabásicas (diabasa o basalto ultrabásico).

DRENAJE:

El drenaje interno de estos suelos es bueno, la permeabilidad es rápida debido al alto grado de porosidad.

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS:

Tienen un horizonte superficial delgado (ocrico), arcilloso, de color rojo amarillento y con estructura moderada y en el subsuelo presenta un horizonte oxicó muy grueso (110 cm.), arcilloso, de color rojo amarillento, con estructura moderada a débil, que sobreyace a un horizonte grueso ($> 60\text{ cm.}$), arcilloso, de color rojo, con veteados pardos a pardo oscuro, sin estructura definida.

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Tienen un contenido de materia orgánica moderadamente alto en el primer horizonte, moderado en el segundo horizonte y bajo en el tercer horizonte, el pH es muy fuertemente ácido en los dos primeros horizontes y fuertemente ácido en el tercer horizonte. La capacidad de intercambio catiónico es baja en el primer horizonte y muy baja en el resto del perfil, la saturación de bases es muy baja en todos los horizontes. El fósforo asimilable y el potasio son bajos en todos los horizontes.

USO POTENCIAL:

Los Oxisoles presentan severas limitaciones para fines agropecuarios. Todo intento de mejoramiento resultaría antieconómico, debido al excesivo lavado de nutrientes del suelo y el alto riesgo de desencadenar procesos de erosión irreversible, por lo que se recomienda dejarlo como reserva forestal, con fines de conservación de la flora y la fauna y determinar el manejo adecuado.

SUELOS HISTOSOLES

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son suelos orgánicos muy profundos con un horizonte superficial de gran espesor, que contiene más del 20% de materia orgánica, por el alto contenido de tejido orgánico; con drenaje interno pobre a muy pobre, en relieve plano depresional y áreas pantanosas, con fertilidad baja a alta, desarrollados a partir de acumulación de depósitos orgánicos y sedimentos lacustres y fluviales. La mayor parte del año, tienen el nivel freático en o sobre la superficie del suelo.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

El espesor del horizonte orgánico es muy variable (40–80 cm.), de textura franco limoso a franco arcillo limoso, de color negro y sin estructura definida; el horizonte subsuperficial permanece casi siempre saturado con agua, es muy grueso (> 150 cm.), franco arcillo limoso a arcillo limoso, de color negro, sin estructura.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

El contenido de materia orgánica decrece con la profundidad de muy alto a medio, con un pH que es de muy fuertemente ácido a fuertemente ácido, la capacidad de intercambio catiónico es alta; el hierro, el aluminio y el fósforo son bajos, el potasio varía de medio a bajo y el porcentaje de la saturación de bases es muy alta.

USO POTENCIAL:

Debido a que se encuentran inundadas la mayor parte del año y saturadas permanentemente de humedad, se recomiendan para protección de la fauna.



Figura 7: Suelo del orden Histosol
(Fuente EUMEX)

Tabla 1. Referencia de Grupos de Suelos

1. Suelos con gruesos horizontes organicos	Histosoles
2. Suelos intensamente influenciados por la accion humana debido a:	
Uso agrario intensivo y prolongado	Anthrosoles
Suelos ricos en artefactos humanos (ceramicas, etc.)	Technosoles
3. Suelos con impedimentos al desarrollo radicular debido a:	
Permafrost a escasa profundidad o pedregosos y con hielo	Cryosoles
Suelos someros o muy pedregosos	Leptosoles
4. Suelos intensamente influenciados por su contenido en agua debido a:	
Ciclos de encharcamiento-deficit de agua ricos en arcillas expandibles	Vertisoles
Suelos en llanuras de inundacion y zonas intermareales	Fluvisoles
Suelos alcalinos	Solonetz
Suelos enriquecidos en sal a causa de una intensa evaporacion	Solonchaks
Suelos afectados por aguas subterraneas someras	Gleysoles
5. Suelos cuya dinamica se encuentra afectada por la quimica Fe/Al	
Suelos ricos en alofanos o los complejos hierro-humus	Andosoles
Suelos con queluviacion y quiluviacion	Podzoles
Acumulacion de hierro en condiciones hidromorfas	Plinthosoles
Suelos con arcillas de baja actividad, fijacion de fosforo y fuerte estructura	Nitisoles
Suelos muy ricos en caolinita y sesquioxidos	Ferralsoles
6. Suelos afectados por el estancamiento de agua	
Suelos con una discontinuidad textural abrupta	Planosoles
Suelos con una discontinuidad estructural o moderadamente textural	Stagnosoles
7. Suelos ricos en material organica y bases	
Con un horizonte tipicamente molico	Chernozemes
Suelos en transicion a climas secos	Kastanozems
Suelos en transicion a clima humedo	Phaeozems
8. Suelos con acumulacion de sales poco solubles o sustancias no salinas	
Suelos con acumulacion de yeso	Gypsisoles
Suelos con acumulacion de silice	Durisoles
Suelos con acumulacion de carbonato calcico	Calcisoles
9. Suelos con enriquecimiento de arcilla en profundidad	
Suelos con transicion sinuosa (penetraciones) de horizontes de lavado y argilicos	Albeluvisoles
Suelos con bajo estatus en bases y arcillas de alta actividad	Alisoles
Suelos con bajo estatus en bases y arcillas de baja actividad	Acrisoles
Suelos ricos en bases y arcillas de alta actividad	Luvisoles
Suelos con alto estatus en bases y arcillas de baja actividad	Lixisoles
10. Suelos relativamente juvenes o sin desarrollo de horizontes	
Suelos con un horizonte superficial acido y oscuro (Rico en Carbono)	Umbrisoles
Suelos Arenosos	Arenosoles
Suelos moderadamente desarrollados	Cambisoles
Suelos sin un desarrollo significativo del perfil edafico	Regosoles

2. HORIZONTES DE SUELOS

En vista que la edafización actúa desde la superficie y va perdiendo su intensidad conforme profundiza en el perfil del suelo, el material se altera de un modo diferencial y como resultado de la actuación de estos procesos de meteorización y translocación se pasa de un material homogéneo o uniforme, como es la roca, a un material heterogéneo, estratificado en capas con diferentes propiedades como es el suelo; es decir, se produce la horizonación del material. Y es precisamente esta característica, representada por la variación regular de las propiedades y constituyentes del suelo en función de la profundidad, la característica más representativa de los suelos, rasgo que los diferencia claramente de las rocas. (Chavarria, 2008, citando a diversos autores). A estas capas se les denomina horizontes y su superposición constituye el perfil del suelo.

Los horizontes constituyen las unidades para el estudio y para la clasificación de los suelos.

Para poder conocer los horizontes de un suelo se hace necesario que se excave una calicata (agujero de 1 m x 1 m x 1 m de profundidad).

Los horizontes edáficos son capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno. Se establecen en función de cambios de las propiedades y constituyentes (que son el resultado de la actuación de los procesos de formación del suelo) con respecto a las capas inmediatas.

Los horizontes se ponen, normalmente, de manifiesto en el campo, en el perfil del suelo, pero los datos de laboratorio sirven para confirmar y caracterizar a estos horizontes.

Generalmente bastan solo tres propiedades para establecer la horizonación de un suelo: color, textura y estructura, aunque otras propiedades, como la consistencia, son a veces de gran ayuda. El más mínimo cambio detectado (en una sola o en varias de estas propiedades) es suficiente para diferenciar un nuevo horizonte.

2.1 NOMENCLATURA PARA LOS HORIZONTES DEL SUELO

La designación de horizontes constituye uno de los pasos fundamentales en la definición de los suelos.

Para designar a los horizontes del suelo se usan un conjunto de letras y de números.

2.1.1 HORIZONTES PRINCIPALES

H. Acumulaciones de materia orgánica sin descomponer (> 20-30%), saturados en agua por largos periodos. Es el horizonte de las turbas.

O. Capa de hojarasca sobre la superficie del suelo (sin saturar agua; > 35%), frecuente en los bosques.

- A. Formado en la superficie, con mayor % materia orgánica (transformada) que los horizontes situados debajo. Típicamente de color gris oscuro, mas o menos negro, pero cuando contiene poca materia orgánica (suelos cultivados) puede ser claro. Estructura migajosa y granular.
- E. Horizonte de fuerte lavado. Típicamente situado entre un A y un B. Con menos arcilla y óxidos de Fe y Al que el hor. A y el hor. B. Con menos materia orgánica que el A. Muy arenosos y de colores muy claros (altos valores). Estructura de muy bajo grado de desarrollo (la laminar es típica de este horizonte).
- B. Horizonte de enriquecimiento en: arcilla (iluvial o in situ), óxidos de Fe y Al (iluviales o in situ) o de materia orgánica (solo si es de origen iluvial; no in situ), o también por enriquecimiento residual por lavado de los carbonatos (si estaban presentes en la roca). De colores pardos y rojos, de cromas (cantidad de color) mas intensos o hue (tonalidad del color) mas rojo que el material original = hor. C). Con desarrollo de estructura edáfica (típicamente en bloques angulares, subangulares, prismática).
- C. Material original. Sin desarrollo de estructura edáfica, ni rasgos edáficos. Blando, suelto, se puede cavar con una azada. Puede estar meteorizado pero nunca edafizado.
- R. Material original. Roca dura, coherente. No se puede cavar.

2.1.2 HORIZONTES DE TRANSICIÓN

Se presentan cuando el límite entre los horizontes inmediatos es muy difuso, existiendo una capa ancha de transición con características intermedias entre los dos horizontes. Se representan por la combinación de dos letras mayúsculas (p.ej., AE, EB, BE, BC, CB, AB, BA, AC y CA). La primera letra indica el horizonte principal al cual se parece mas el horizonte de transición.

2.1.3 HORIZONTES MEZCLA

En algunas ocasiones aparecen horizontes mezclados que constan de partes entremezcladas. Están constituidos por distintas zonas en cada una de las cuales se puede identificar a un horizonte principal (en la misma capa existen trozos individuales de un horizonte completamente rodeados de zonas de otro horizonte). Se designan con dos letras mayúsculas separadas por una raya diagonal (p.ej. E/B, B/C); la primera letra indica el horizonte principal que predomina.

2.1.3.1 LETRAS SUFIJO MÁS USUALES

Las letras minúsculas se usan como sufijos, para calificar a los horizontes principales especificando el carácter dominante de este horizonte. Las letras minúsculas van inmediatamente después de las letras mayúsculas.

p horizonte arado, (de plow = arar). Prácticamente siempre referida al horizonte A, (Ap).

h acumulación de materia orgánica (h de humus). Normalmente por mezcla, en el

horizonte A de suelos virgenes (Ap y Ah son excluyentes) y solo en los podzoles, por iluviacion, en el horizonte B (Ah Bh).

w horizonte B de alteracion, (de weathering = meteorizacion) reflejada, con respecto al horizonte inferior, por: la arcilla (alto contenido, formada in situ), y/o el color (mas rojo o mas pardo), y/o la estructura (edafica, no la de las rocas originales). Si en el material original habia carbonatos el B se puede formar simplemente por lavado de estos carbonatos (hor. de enriquecimiento residual). Bw.

t acumulacion de arcilla iluvial, (de textura, o sea granulometria). Bt.

k acumulacion de carbonatos secundarios (k de kalcium). Llamado "ca" en otras terminologias). En B (frecuente), en C (muy frecuentemente) y a veces en A (Ak Bk Ck).

y acumulacion de yeso. Ay By Cy

z acumulacion de sales mas solubles que el yeso ($y + z = sa$, en otras terminologias). Az Bz Cz.

s acumulacion de sesquioxidos, tipico de los podzoles. Bs, tambien en los ferralsoles.

g moteado (abigarrado) por reduccion del Fe. Manchas de colores pardos/rojos y gris/verde. Hidromorfia parcial. Bg Cg y mas raramente Ag.

r reduccion fuerte, como resultado de la influencia de la capa freatica, colores gris verdoso / azulados (hidromorfia permanente, o casi). Cr Br.

m fuertemente cementado. Frecuentemente por carbonatos (Bmk), pero en otras condiciones puede ser por materia organica (Bmh), por sesquioxidos de Fe (Bms) o por silice (Bmq)

b horizonte de suelo enterrado (paleosuelo) o biciclico (p.e. Btb), (de buried = enterrado).

2.1.3.2 CIFRAS SUFIJO

Se usan las cifras sufijos para indicar una subdivision vertical de un horizontes del suelo. El numero sufijo siempre va despues de todas las letras simbolo. La secuencia numerica se aplica solo a un conjunto de letras determinado, de tal forma que la secuencia se empieza de nuevo en el caso de que el simbolo cambie (p.e. Bt1 - Bt2 - Btg1 - Btg2). Sin embargo, una secuencia no se interrumpe por una discontinuidad litologica (p.e. Bt1 - Bt2 - 2Bt3 - 2Bt4 - 3Bt5).

2.1.3.3 CIFRAS PREFIJO

Se usan las cifras prefijos, para indicar discontinuidades litologicas, indican que el material que formo el suelo no era homogeneo, (por ejemplo, suelo formado a partir de distintos estratos sedimentarios superpuestos).

2.1.4 DESCRIPCIÓN DE HORIZONTES

Para el estudio de los horizontes ha de hacerse una completa descripción de sus características morfológicas, en el campo, junto a un completo análisis de sus propiedades físicas y químicas, en el laboratorio.

En líneas generales los datos se refieren:

1. Al medio ambiente en el que se encuentra el suelo: localización geográfica, roca, relieve, vegetación y uso, clima, drenaje)
2. A los horizontes en sí mismos. Con datos de campo (espesores, textura, estructura, color, consistencia y límite) y datos del análisis del suelo en el laboratorio: análisis físicos (granulometría, retenciones de agua, densidades,...), químicos (materia orgánica, N, CaCO_3), físicoquímicos (pH, capacidad de cambio iónico, pH, conductividad) y micromorfológico.

Con todos estos datos podrán establecerse interesantes conclusiones acerca de la clase de suelo, de sus propiedades, de su formación, de su fertilidad y de su uso más racional.

2.1.4.1 HORIZONTES DIAGNÓSTICOS

Un horizonte diagnóstico es un horizonte definido morfométricamente, con la mayor precisión posible, con datos de campo y de laboratorio, para su utilización en la clasificación del suelo.

Estos horizontes se definen de una manera mucho más completa que como se hace para la nomenclatura ABC, además se utilizan criterios cuantitativos, los cuales estaban totalmente ausentes en la terminología ABC.

2.1.4.1.1 HORIZONTE A MÓLICO

Es un horizonte rico en materia orgánica ($> 1\%$). De color muy oscuro (croma $< 3,5$ en húmedo y $< 3,5$ en húmedo y $< 5,5$ en seco). De gran espesor (> 10 cm sobre roca; > 18 cm y $> 1/3$ solum, si solum < 75 cm; > 25 cm si solum > 75 cm): Saturado en bases ($> 50\%$). Estructurado. Bajo contenido en fósforo.

2.1.4.1.2 HORIZONTE A ÚMBRICO

Las exigencias del horizonte A umbrico, son comparables a las del A mollico (en el color, materia orgánica, estructura y espesor), pero el horizonte A umbrico tiene, sin embargo, un grado de saturación menor del 50%.

2.1.4.1.3 HORIZONTE A ÓCRICO

Es un horizonte que tiene un color demasiado claro (altos valores y croma), o demasiado poco carbono orgánico, o es demasiado delgado, para ser mollico o umbrico, o es duro y macizo, a la vez, cuando se seca.

2.1.4.1.4 HORIZONTE A FÍMICO

El horizonte A fímico es una capa superficial hecha por el hombre, de 50 cm o más

de profundidad por adiccion intensa de materiales (incluye al horizonte plaggen y al antropico de la Soil Taxonomy). Generalmente contiene artefactos tales como trozos de ladrillo y ceramica.

2.1.4.2 HORIZONTE A HÍSTICO

Es un horizonte H (saturados en agua por largos periodos y con altos contenidos en materia organica) que tiene mas de 20 cm de espesor y menos de 40 cm (puede llegar a <60 cm si las fibras de sphagnum >75% del volumen, o si la densidad aparente en humedo <0,1).

2.1.4.3 HORIZONTE E ÁLBICO

Horizonte de lavado. Es un horizonte E que tiene que cumplir condiciones de suficiente lavado: textura arenosa y suficiente decoloracion (colores claros, altos valores). Los granos de arena se presentan limpios, sin revestimientos.

2.1.4.4 HORIZONTE B ÁRGICO. ANTIGUO ARGÍLLICO

Acumulacion de arcilla iluvial (Bt) o por destruccion de la arcilla en el horizonte A.

Debe de tener (las tres condiciones):

- a) suficiente enriquecimiento en arcilla (segun el contenido en arcilla del horizonte suprayacente: si el horizonte suprayacente <15%, el hor. B debe tener un 3% mas de arcilla; si 15-40%, x 1,2 en el Bt; si >40%, 8% mas en el Bt);
- b) suficiente espesor (al menos 1/10 de la suma de todos los situados encima).
- c) distancia del enriquecimiento 15 cm (o 30 cm. con arcilanes).

No debe ser muy arenoso (>8 % de arcilla).

El hor. suprayacente debe tener mas de 18 cm de espesor, o al menos 5 cm si hay cambio textural brusco.

La presencia de clayskins (películas de arcilla) en las descripciones de campo o arcilanes iluviales (tambien llamados revestimientos de arcilla) en la descriptiva de microscopio facilita enormemente la identificacion de este horizonte. Estas películas son obligatorias si el hor. B contacta directamente con un hor. Ap.

2.1.4.5 HORIZONTE B CÁMBICO

Horizonte de alteracion, puesto de manifiesto por (una o mas):

- Mas % de arcilla que el horizonte subyacente.
- Un color (hue) mas rojo o un croma mas intenso que el horizonte subyacente.
- Lavado de carbonatos.
- Si no hay carbonatos en el material de partida, la alteracion se manifiesta por un desarrollo de estructura de suelo (sin estructura de roca en > 50% volumen horizonte).

Tiene como mínimo 15 cm de espesor y su base está al menos a 25 cm de profundidad. Carece de las características del argico y no es un horizonte A, ni E, ni es de textura muy arenosa ($> 8\%$ de arcilla).

2.1.4.6 HORIZONTE B ESPÓDICO

Acumulación iluvial de materia orgánica y/o sesquióxidos de Fe/Al (Bh y/o Bs). Exclusivo de los podzoles. Generalmente con un horizonte E encima. Perfil muy evolucionado: A-E-Bh-Bs-C.

2.1.4.7 HORIZONTES DIAGNÓSTICOS ABC

2.1.4.7.1 HORIZONTE CÁLCICO

Acumulación (secundaria) de CaCO_3 . Se puede dar en A, B o C.

Tiene que ser: a) acumulación $> 15\%$ CaCO_3 o 5% más que el horizonte más profundo y b) suficiente espesor > 15 cm.

2.1.4.7.2 HORIZONTE PETROCÁLCICO

Horizonte igual al anterior pero endurecido.

2.1.4.7.3 HORIZONTE GYPSICO Y PETROGYPSICO (TAMBIÉN LLAMADOS YÉSICO Y PETROYÉSICO)

Similares a los anteriores pero ahora se acumula yeso.

Tiene que ser: a) acumulación 5% SO_4Ca más que el horizonte C subyacente; b) suficiente espesor > 15 cm y c) espesor $\times \%$ $\text{SO}_4\text{Ca} > 150$.

2.2 MATERIALES ORIGINALES

Son aquellos en los cuales los procesos edáficos todavía no han actuado de manera importante.

Entre los principales materiales originales se pueden mencionar los siguientes:

2.2.1 ANTROPOGEOMÓRFICOS

Materiales resultantes de las actividades humanas, mineral u orgánico, como: rellenos de fosas, escombreras, residuos orgánicos, lodos, canteras, aterrazamientos, nivelaciones, abancalamientos, etc.

Algunos de estos materiales son:

- Arico. Presencia (3% o más en volumen; entre 25 y 100 cm de profundidad) de fragmentos de horizontes de diagnóstico mezclados.
- Garbico. Depósitos de residuos orgánicos (organic wastes).

- Reductico. Residuos que producen emisiones gaseosas (metano, dióxido de carbono) por transformaciones anaerobias.
- Espolico. Materiales terrigenos resultantes de actividades industriales (escombreras, dragados de rios, cunetas de carreteras, etc).
- Urbico. Materiales terrigenos conteniendo restos de construcciones y artefactos.
- Calcaricos. Dan fuerte efervescencia con el HCl al 10% (con mas del 2% de CaCO_3 equivalente).
- Fluvicos. Para suelos formados a partir de aportes recientes traídos por los rios (tambien en lagos y mares). Tambien si ya no se reciben los aportes (por ejemplo, por haber represado el rio, aguas arriba) pero los materiales recibidos, en su dia, todavia no han evolucionado. Presenta perfiles estratificados con numerosas capas (en al menos el 25% del volumen), puesta tambien de manifiesto esta estratificacion por la materia organica que decrece irregularmente con la profundidad, o por lo menos permanece por encima del 0,2% a una profundidad de 100 cm.
- Gypsiferos. Con un mas de un 5% de yeso (en volumen).

2.2.2 ORGÁNICOS

Materiales organicos del suelo son aquellos que:

1. Estan saturados con agua durante largos periodos o estan drenados artificialmente y, excluyendo las raices vivas, (a) tienen como minimo un 18% de carbono organico si la fraccion mineral tiene un 60% o mas de arcilla, (b) tienen como minimo un 12 % de carbono organico si la fraccion mineral no tiene arcilla, o (c) tienen un contenido en carbono organico proporcional, entre 12 y 18%, cuando el contenido en arcilla de la fraccion mineral oscila entre 0 y 60%; o
2. nunca estan saturados con agua durante mas de unos pocos dias y tienen como minimo 20% de carbono organico.

Sulfurosos Materiales encharcados con $>0,75\%$ de azufre (formando sulfuros) y menos de tres veces de sulfuros que de carbonato calcico equivalente; su pH (en agua) es de mas de 3,5.

Tefricos Materiales volcanicos no o ligeramente, consolidados, piroclasticos (por ejemplo, cenizas) o depositos de tefrita reelaborados (eolicos o aluviales).

Tiene el 60% o mas de estos materiales y menos del 0,4% de $\text{Al} + 1/2\text{Fe}$ extraible por oxalico-oxalato a $\text{pH} = 3$.

3. CONSERVACIÓN DE SUELOS

¿Que es conservacion de suelos? Es aplicar tecnicas o practicas que contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. (FHIA. 2004)

Los suelos tienden a degradarse segun el manejo que reciban. En la mayoría de casos, los bajos rendimientos productivos se deben a que los suelos ha medida que se van usando van perdiendo sus contenidos de nutrientes o bien se modifican sus propiedades físicas, con lo cual se limita el crecimiento y desarrollo de los cultivos. (Chavarria, F. 2009b, citando a PCAC 2007)

Para lograr la conservacion de los suelos se deben de implementar un sinnumero de practicas tanto culturales como agronomicas.

El tipo de practica que se vaya a implementar dependera de varios factores a tomar en cuenta. Siendo los principales la pendiente del terreno, la profundidad del suelo, la textura, la precipitacion, capacidad de infiltracion de los suelos, la pedregosidad, fertilidad del suelo, acidez del suelo, acceso a insumos, capacidad de los productores de implementar las practicas, los objetivos del productor y de la finca, entre otros factores.

El principal objetivo de la conservacion de suelos es prevenir, reducir y contrarrestar la erosion, tanto hidrica como eolica.

En las unidades anteriores se ha hablado de las características de los suelos. Una de estas es la pendiente, siendo que esta es de fundamental importancia en los procesos erosivos, se hace necesario saber determinarla. Existen varios metodos e instrumentos para conocer la pendiente de un suelo. Por la facilidad y la disponibilidad de los medios solamente abordaremos algunos de los metodos.

En el campo se puede hacer uso de lo que tengamos a mano, una de las posibilidades es construir un agronivel o tambien conocido como "aparato A" por su forma a una "A". Para construirmos un aparato A, se requiere de los siguientes materiales y herramientas:

- Dos reglas de madera con una longitud de 2 metros y de 2 pulgadas de ancho por una de espesor
- Una regla de madera de 1.1 metros que servira como travesano
- Tres clavos de unos 3 pulgadas (cerca de 8 centimetros)
- Cuerda fina o canamo de costurar sacos
- Lapiz de tinta
- Navaja
- Chapa de 6 mm de espesor
- Un nivel de albanileria o bien uno de burbuja de los usados en cordel. En caso de no

contar con estos se puede usar una piedra, o botella con su tapa o rosca para utilizarla como plomada.

En caso de no contar con la posibilidad de tener las reglas de madera, podemos hacer uso de madera rolliza o varas que sean rectas y que tengan al menos dos pulgadas de diametro. Estas varas rollizas se deberan secar por varios dias antes de fabricar el aparato A.

El procedimiento para construir el aparato A es sencillo ya que solo hay que seguir los siguientes pasos:

- Clave los palos de 2 m en uno de los extremos, mas o menos a 2.5 cm (1 pulgada) del mismo. La cabeza del clavo debe quedar salida para poner la plomada.
- Marcar el lugar donde ira el travesano. Para esto se amarra la cuerda al clavo y con esta extendida se hace una marca a igual distancia en cada pata.
- Clave las 2 estacas o trompos sobre la tierra plana a una distancia de 2 metros.

En la grafica siguiente se muestra:

1. Para trazar curvas con un desnivel de 0.5% tome una chapa que tenga 6 milímetros de espesor y coloquela sobre uno de los trompos.
2. Coloque una pata del nivel "A" sobre la chapa y la otra pata sobre el otro trompo y observara que la burbuja o gota del nivel de cuerda no esta nivelada.

Proceda a buscar un punto en el suelo en donde la burbuja del nivel de cuerda quede nivelada. De no quedar nivelada, proceda a raspar con la navaja el punto en donde colocara el nivel de cuerda hasta que la burbuja quede a nivel, hagale las marcas con lapiz de tinta en ese punto y fije el nivel de albanil con ayuda de hule de neumatico o cabuya.

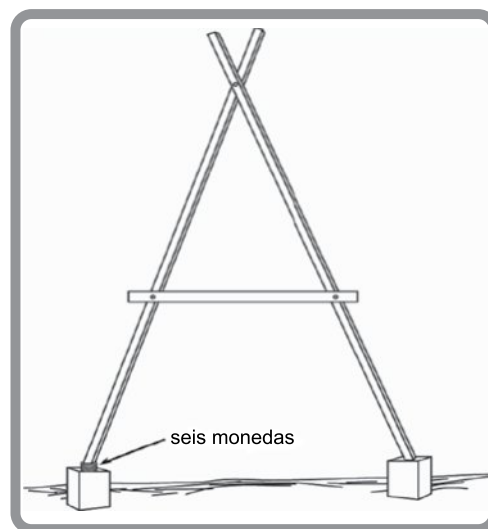


Figura 8. Trazo de curvas a desnivel del 0.5% (Fuente FHIA. 2004)

3. Proceda a marcar en la regla horizontal el punto de la direccion del desnivel, colocando una flecha hacia el lugar a donde va el desnivel. De esta forma, el nivel "A" queda listo para trazar curvas a nivel o desnivel segun sea el caso.
4. Amarre la plomada (hecha con la botella o la piedra) en la cabeza del clavo de tal manera que quede debajo del travesano. Si esta trabajando con el nivel de burbuja o de albanil, amarrelo encima del travesano.

Para realizar correctamente el trazado de curvas a nivel o de zanjas de evacuación de agua de exceso se debe realizar calibración del agronivel o aparato "A". Para lograr calibrar el aparato se deben seguir los pasos siguientes:

- Coloque el nivel en un terreno inclinado y marque donde las patas tocan el suelo.
- Haga una marca en el travesano en el punto donde lo cruza la cabuya de la plomada.
- Dele media vuelta al nivel "A" o agronivel, de tal manera que cada pata quede sobre la marca donde estaba la otra anteriormente. Ponga una marca con lápiz en el travesano en el punto donde lo cruza la cabuya. El centro entre ambas marcas se debe marcar; este indicará el nivel a seguir para trazar curvas a nivel.

Para comprobar si realmente el nivel "A" queda bien calibrado y listo para trazar curvas a nivel, coloque el aparato en los trompos, enterrando aquel que está más alto hasta que la cabuya roce la marca central. Después, se cambia la posición de las patas, nuevamente la cabuya debe coincidir con la marca central.

Para conocer la pendiente de un terreno haciendo uso de aparato "A" se aplica la ecuación: $P (\%) = (DV/DH) * 100$, donde:

DV es la distancia entre el nivel de terreno y uno de los extremos del aparato sobre la pendiente.

DH corresponde a la distancia entre ambas reglas que componen el aparato "A".

Esa pendiente resulta en porcentaje pero podría convertirse a grados mediante la ecuación: $P (^\circ) = \text{Cot} (\text{Pendiente } \%/100)$.

Con la pendiente y la profundidad de suelo se aplica metodología de Capacidad de Uso del Suelo para planificar el uso del suelo sin tener mayores riesgos de degradación. Con ello se consigue una agricultura sostenible desde todos los aspectos o sea las tres dimensiones que comprende el desarrollo sostenible.

La metodología de Capacidad de Uso del Suelo se abordará posterior al uso de instrumentos.

Como decíamos al inicio de este apartado, la determinación de la pendiente se puede realizar con otros instrumentos. Tratando siempre de que se haga uso de lo que esté accesible.

En la gráfica se muestra en orden de izquierda a derecha. El nivel de burbuja, posteriormente el cordel de 30 metros de longitud (los hay de menos), brújula graduada para determinar pendiente en



Figura 9. Instrumentos con que se puede medir pendiente (Foto Chavarría, F. 2011)

grados y porcentajes, cinta metrica y el eclimetro tambien conocido como clinometro o nivel Agney, que nos da resultados en % y grados.

En esta figura se muestra el aparato conocido como clinometro, el que por su sencillez en su uso asi como la confiabilidad de los datos es ampliamente utilizado en campo, para mediciones de pendiente, el calculo de alturas de arboles, nivelaciones para riego, trazado de zanjas para evacuacion de aguas de esorrentia, trazado de canales o zanjas para enterrar tuberias para conduccion de agua potable, etc.



Figura 10. Clinómetro
(Foto Chavarría, F 2011)

Para la nivelacion con cordel y nivel de burbuja se procede tal como se muestra en la figura 3.

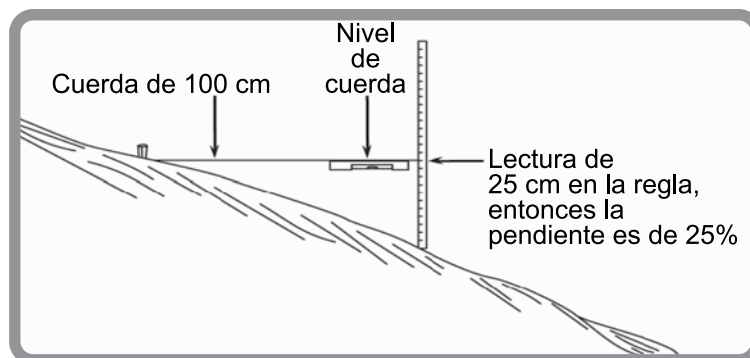


Figura 11. Calculo de pendiente con cordel y nivel de burbuja (FHIA. 2004)

Este procedimiento es mas sencillo de realizar y menos costoso sin perder confiabilidad. El unico inconveniente es que esta influenciado por el viento y la presencia de vegetacion.

Existen diversas practicas agronomicas y culturales que se podrian implementar. Entre estas se encuentran las siguientes:

- 1) Uso de coberturas vivas o muertas
- 2) Barreras vivas
- 3) Barreras muertas
- 4) Siembra a curvas a nivel
- 5) Zanjas a nivel
- 6) Zanjas a desnivel
- 7) Diques
- 8) Cortinas rompevientos
- 9) Asocio de cultivos
- 10) Rotacion de cultivos
- 11) Cero labranza

- 12) Labranza mínima
- 13) Sistema agroforestales
- 14) Sistemas silvopastoriles
- 15) Cultivos en callejones
- 16) Abonos organicos
- 17) Uso de estiercoles
- 18) Uso de residuos de cosecha como pulpa de cafe, cascarilla y otros

En el caso de las coberturas, la mas utilizada es la compuesta por leguminosas, esto debido a que ademas de proteger los suelos contra la erosion, les ayuda en la fijacion de grandes cantidades de nitrogeno atmosferico a traves de la simbiosis con las bacterias que colonizan los nodulos de las leguminosas (Binder, U. 1997)

Entre las leguminosas mas utilizadas estan: *Canavalia ensiforme* (frijol de chanco, frijol machete), *Cannavalia gladiata* (Dolichos gladiatus), *Centrosema brasilianum* (Clitoria brasiliana), *Clitoria ternatea* (conchita azul), *Lablab purpureus* (Dolichos lablab), *Mucura pruriens* (Frijol terciopelo), entre otros.

La Soil and Water Conservation Society (1988) así como Young (1989) basandose en estudios de suelos determinaron el efecto que tiene la cobertura sobre el control de erosion.

En la tabla siguiente se muestra los efectos.

Superficie de suelo protegida con cobertura muerta o viva (%)	Reduccion en la perdida de suelo (%)
1	5
5	45
10	55
15	67
20	80
30	85
40	88
50	90
60	96
70	98
80	99

Fuente: Tracy, F y Perez, R (1994)

El papel desempenado por la cobertura se incrementa al realizarse incorporaciones de sustancias que contribuyen a su descomposicion como algunos EM, levaduras o simplemente melaza diluida en agua.

Al reducirse las pérdidas debido a la erosión se garantiza la sostenibilidad de la agricultura, si consideramos que para que se forme una capa de apenas 2.5 cm de suelo se requieren de hasta 100 años. (Young, 1981 citado en Tracy, F y Perez, R. 1994)

Según algunas normas reconocidas a nivel internacional, existen rangos de erosión tolerable. Las más conocidas son las del USDA que establece rangos de 2.2 hasta 11 ton/ha para suelos poco profundos a suelos profundos sobre material cascajoso. La norma de Hugson para países en desarrollo establece de 5 a 15 ton/ha para suelos poco profundos de alta erodabilidad hasta suelos profundos de baja erodabilidad.

La verdad es que debemos cuidar de nuestros suelos, que es el sustrato de la vida, especialmente para sociedades que dependen de la agricultura y la ganadería para su subsistencia.

A continuación se presenta esquema de capacidad de uso de suelos, modificado por Sheng, 1971, Michaelsen, 1977 y CENICAFE en 1975). En este esquema se reflejan los potenciales usos de los suelos considerando la pendiente del terreno y la profundidad de los suelos. Esto no es una camisa de fuerza pero pudiera ser de mucha utilidad a la hora de platicar los usos de nuestros suelos.

Tabla 3 Esquema de Capacidad de Uso de los Suelos

Profundidad de suelo	Pendiente del terreno (%)			
	> 12	12-50	50-60	60 >
Mayor de 50 cm	Cultivos limpios (Granos básicos, hortalizas, yuca, frutales) con medidas agronómicas (siembras en contorno, rotación, uso de rastrojos y mulch)	Cultivos limpios con medidas agronómicas, barreras vivas, obras físicas hasta el 50 % e suelos altamente resistentes a erosión Cultivos semi limpios (plátanos, frutales) arriba del 25 % en suelos muy propensos a erosión, siempre con medidas agronómicas.	Cultivos densos o pastos manejados adecuadamente	Plantaciones forestales o de protección de flora y fauna
Menor de 50 cm	Cultivos limpios con paquete de medidas agronómicas	Cultivos densos (cana de azúcar, pasto de corte, etc) o cultivos de semi bosque como café con cacao bajo sombra, en suelos con buena resistencia a erosión	Plantaciones forestales	Plantaciones forestales o de protección de flora y fauna

C Ejercitación

TRABAJO EN EQUIPO

- 1) Organizados en equipos de trabajo conformados por no mas de cuatro companeros, resolvamos lo siguiente.

Tratemos de clasificar un suelo que presenta las características siguientes:

- a) Color: Negro
 - b) Profundidad: 1 metro
 - c) Pendiente: menor de 10 %
 - d) Textura: Arcillosa
 - e) Los suelos se expanden en época lluviosa y se contraen durante la época seca
 - f) Se dificulta su laboreo en estado mojado
- 2) Analicemos para que podremos utilizar el área estudiada en el ejercicio anterior
 - 3) Expongamos los resultados ante nuestros compañeros

IMPORTANTE

Luego de realizar la exposición, si se diera el caso de que el auditorio le planteara preguntas, pueden responder los miembros del equipo de trabajo.

Se sugiere que se tomen notas de aportes del plenario a la exposición de su grupo.

Incorpore al informe los aportes que crea pertinente.

D Aplicación

TRABAJO EN EQUIPO

Visitemos una parcela cercana y que se encuentre siendo utilizada para la producción agrícola o pecuaria, y con la participación de los compañeros del grupo, realicemos lo siguiente:

- Determinemos pendiente de uno de los lotes por cualquiera de los metodos estudiados.
- Excavemos una calicata en el suelo (un agujero en forma de cubo con dimensiones de 1 metro ancho x 1 metro de largo x 1 metro de profundidad).
- Revisemos en cada uno de los perfiles (lados), los cambios de coloracion, textura, presencia de raices, piedras y otras características que las diferencien.
- Anotemos cuantas capas (horizontes) presenta cada perfil.
- Anotemos que características prevalecen en sitio de estudio (vegetacion arborea, fuentes superficiales de agua, manejo agricola o pecuario, erosion, etc).
- Tomemos fotografia de cada horizonte observado.
- Extraigamos una muestra de cada horizonte observado.
- Preparemos un informe con los hallazgos encontrados.

EN PLENARIA

El relator del grupo o a quien haya seleccionado el grupo se encargara de exponer las conclusiones de nuestro equipo de trabajo con respecto a la asignacion.

Los integrantes del equipo de trabajo responderemos a inquietudes del plenario.

Los miembros de los grupos de trabajo debemos incorporar al informe los aportes obtenidos de otras exposiciones o senalamientos hechos por el plenario.

Con ayuda del docente se aclararan dudas que hayan surgido luego de la exposicion.

E *Complementación*

TRABAJO INDIVIDUAL

- 1) Con ayuda de Internet o material bibliografico de la biblioteca. Preparemos:
 - a) Album fotografico de los principales horizontes diagnosticos estudiados
 - b) Características principales de cada uno de los horizontes
 - c) Origen de los horizontes en un perfil de suelo



Podremos consultar además en los sitios siguientes:

Publicaciones de WSU:<http://pubs.wsu.edu/>

Publicaciones de OSU:<http://eesc.orst.edu/>

Publicaciones de Uldaho:<http://info.ag.uidaho.edu/>

BIBLIOGRAFÍA

BINDER, U. (1997). Manual de Leguminosas de Nicaragua. Tomo I. PASOLAC y EAGE. Esteli-Nicaragua.

CRIES (The Comprehensive Resources Inventory and Evaluation System). (1992). Clasificación de Suelos.

CHAVARRIA, F. (2008). Curso de Suelos I. UNAN Managua.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Claves para la Taxonomía de Suelos. Decima Edición, 2006

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) (2004). Guía sobre Prácticas de Conservación de Suelos. La Lima-Honduras.

INETER. (1988). Mapa de suelos de Nicaragua.

PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). (2000) Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua. 1a. ed. San Salvador, El Salvador.

TRACY, F. y PEREZ, R. (1994). Manual Práctico de Suelos de Ladera. Secretaría de Recursos Naturales-LUPE. Honduras.

VILLANUEVA, G.; OSINAGA, R.; CHAVEZ, A. 2004. El Uso Sustentable de los Suelos. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.



UNIDAD 5

INFRAESTRUCTURAS HIDROAGRÍCOLAS

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Describir los procesos de absorción y de intercambio de agua que tienen lugar en los suelos.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Reconoce los principales elementos de la estructura hidroagrícola, los factores que afectan su utilización y su influencia en la producción agropecuaria.

TRABAJO EN EQUIPO

1) Organicemonos en equipos de trabajo y juntos resolvamos las actividades que se nos han asignado. Para ello elijamos a un relator y un moderador para que garanticemos que todos podamos participar.

2) Juntos, leamos y analicemos el parrafo siguiente.

Cajina, M.J (2006), citado por CIMDER (2011) senala que en el ano 2002, durante la celebracion de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (WSSD), se formulo un llamado a nivel mundial para que los gobiernos elaboraran estrategias que permitan la Gestion Integral de los Recursos Hidricos (GIRH). Entre los objetivos de las estrategias que se formularian deberian perseguir la reduccion de la pobreza, la seguridad alimentaria, promocion del crecimiento economico y la proteccion de los ecosistemas. Para lograr lo anterior las estrategias deberian estar orientadas al control de inundaciones, mitigacion de efectos de las sequias, dar respuesta a la demanda incrementada de agua y la escasez de los recursos hidricos.

El agua constituye uno de los principales recursos naturales en las cuencas, y como tal es un elemento basico para la vida y elemento integrador de todas las acciones a realizar por los seres humanos (Faustino, 2005). Para poder lograr el desarrollo de las comunidades, la gestion integral de los recursos hidricos, es de suma importancia. Por ello es que se hace necesario conocer los tipos de agua en el suelo, conocer sobre como captar y distribuir el agua de consumo humano como para el riego de los cultivos.

En compania de los miembros de su equipo de trabajo de no mas de cuatro companeros de respuestas a lo siguiente:

- 1) ¿Por que es necesaria el agua en nuestras comunidades?
- 2) ¿Que dificultades se dan en nuestras comunidades con respecto al agua?
- 3) ¿Existen en nuestras comunidades infraestructuras para la captacion, tratamiento y distribucion del agua de consumo como para el riego?
- 4) ¿Hacia que acciones deben estar enfocadas las estrategias para lograr la Gestion Integral de Recursos Hidricos en nuestras comunidades?

EN PLENARIA

- 1) El relator expone ante el plenario los aportes que como grupo hemos hecho.
- 2) Junto a nuestro relator respondemos a inquietudes del plenario.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO:

Para comprender información sobre la gestión integral de los recursos hídricos, con nuestros compañeros de grupo procederemos a lo siguiente.

- 1) El coordinador de nuestro subgrupo, lea en voz alta parte del texto que nos haya sido asignada por el docente.
- 2) Los integrantes del subgrupo escuchamos con mucha atención a la lectura y tomamos apuntes sobre los aspectos más importantes.

1. CLASIFICACIÓN DE AGUA EN EL SUELO

Chow, 2004 señala que producto de la evaporación del agua de la superficie de los océanos, se forman grandes masas de vapor de agua que al condensarse forman las nubes. Las que impulsadas por el viento viajan por la atmósfera y, cuando algún mecanismo climático ocurre provocan las precipitaciones o lluvias.

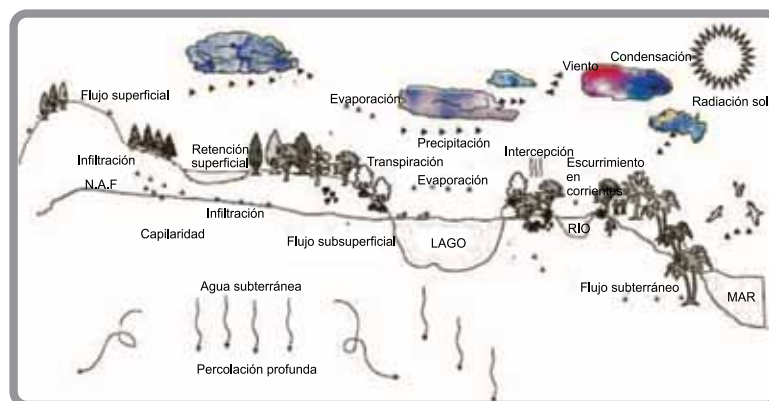


Figura 1: Ciclo hidrológico (Fuente CNA. 2007)

Al darse un evento lluvioso, el agua podrá dividirse en varias porciones, entre ellas: flujo superficial, flujo subsuperficial, flujo subterráneo y agua de intercepción.

Al agua que constituye el flujo superficial se le llama agua de escorrentia superficial, la cual arrastra partículas que han sido cortadas del suelo por el efecto de las gotas o por el mismo flujo. Esta agua llega a las fuentes superficiales (riachuelos y ríos), los que a su vez llegan a fuentes lenticas como lagunas o lagos o bien aportan sus aguas directamente al mar.

Una porción de las aguas de lluvias (flujo subsuperficial) se infiltra en las primeras capas del suelo (horizontes) por donde circula a través de los intersticios hasta encontrar un sitio donde fluir, dando origen a los manantiales o también conocidos como “ojos de agua”. A esta porción de agua se le llama “agua hipodérmica o agua de escorrentia subsuperficial o agua surgente”.

Existe una parte del agua que se infiltra en el suelo profundizándose entre las capas (horizontes) más profundas. A esta porción se le llama “agua subterránea”, la que a la vez da origen a los acuíferos.

Al agua que es interceptada por la vegetación se le llama “agua de intercepción”, la cual una vez retenida podría tomar dos caminos o bien ambos; una porción se evaporaría por la acción del viento y del sol, la otra parte del agua interceptada por efecto de la gravedad caerá al suelo, donde se infiltrará si ya ha pasado el evento lluvioso o bien se incorporará al flujo de la escorrentia superficial si al momento de caer está lloviendo aún y el suelo se encuentra saturado.

A la parte formada por la intercepción, retención e infiltración, se le denomina “perdida”.

En la práctica, los componentes de las pérdidas (intercepción, retención e infiltración), son difíciles de cuantificar por separado, por lo que, en general, se acostumbra calcularlos conjuntamente y considerarlos como infiltración, ya que este componente es el más importante (Chavarria, 2007).

Un infiltrometro es un cilindro enterrado en el suelo, el cual al ser alimentado con agua y medir la variación del tirante a través del tiempo, permite determinar la velocidad de infiltración en ese punto.

El agua que forma las escorrentias superficiales para efectos de drenaje es llamada “Agua libre o gravitacional”, la que por su misma naturaleza es causante muchas veces de procesos erosivos, reacciones químicas en los suelos como reducción y oxidación o bien la acidificación de suelos.

Al momento en que concluye el suministro de agua al suelo por efecto de riego o lluvia, la humedad retenida se desprende de los macro poros, quedando retenida en el suelo solamente la humedad contenida por los microporos llamada “Agua de capacidad de



Figura 2. Estimación de infiltración de agua
(Fuente López, D. Proyecto Relleno Sanitario)

Campo" para efectos de riego. Al consumirse o evaporarse esta porcion de agua, y cuando en la planta se presentan signos de marchitez se dice entonces que el suelo esta en la situacion de coeficiente de marchitez o humedad critica, tambien llamado para efectos de riego como "Punto de Marchitez Permanente".

Para una mayor comprension de la clasificacion del agua en los suelos, consultar la Unidad II de Edafologia.

2. INFRAESTRUCTURA PARA EL AGUA POTABLE

Para poder determinar diseno de la infraestructura para abastecimiento de agua de consumo humano (agua potable) se hace necesario en determinar el requerimiento asi como las precipitaciones, los aportes de las fuentes de agua y las perdidas por evapotranspiracion asi como el consumo que registra la poblacion (numero de habitantes y dotacion).

Para conocer el requerimiento para consumo humano se utiliza comunmente la formula siguiente:

$$Q \text{ (l/s)} = KP \times \text{Dotacion} \times \text{Poblacion} / 86400$$

Donde,

KP = Coeficiente de simultaneidad, depende de la poblacion servida en total, no la servida por ese sistema; adimensional.

D = Dotacion media diaria, litro por cada habitante al dia.

P = Poblacion servida por el sistema (teniendo en cuenta el crecimiento de dicha poblacion en el periodo de vida util de la obra; normalmente 20 anos).

El valor 86.400 resulta de la transformacion de dias en segundos.

La dotacion para consumo humano puede variar entre 70 y 150 l/hab al dia; siendo 100 un valor bastante utilizado. Si se quiere obtener la dotacion por persona como suma de cada uno de los consumos asociados a cada uso, se puede hacer pero debe tenerse en cuenta que varian de una a otra poblacion. Como es evidente los consumos no son los mismos en ambito urbano que en ambito rural (UCA-AISF 2002).

En la siguiente tabla se dan algunos datos acerca del consumo estimado por persona.

Tabla1. Consumo de agua (estimado en l/hab/día)

Uso de agua	Consumo 1
para bebida, cocina y limpieza por habitante y día	20-30
lavado de ropa por habitante y día	10-15
descarga de retrete	10-15
un baño	200
una ducha	20-30
res mayor por día	50
res menor por día	10-15

El siguiente paso una vez conocida la demanda es determinar la disponibilidad. Esto se hace a través de aforaciones. Lo que consiste en medir el caudal de agua existente. Existen varias técnicas para realizar aforo, pero solo abordaremos los principales y que pueden ser realizados sin la necesidad de contar con instrumental costoso. Una de las técnicas es la volumétrica, que consiste en medir el volumen ocupado por el agua de una fuente en cierta cantidad de tiempo.

El procedimiento es sencillo y puede ser realizado entre dos personas, una de ellas se encargará de controlar el tiempo que transcurra para poder llenar el recipiente, cuya capacidad debe ser conocida de antemano. Se puede utilizar baldes o pichingas de bajo peso para facilitar su maniobrabilidad. Los datos resultantes se representan en litros por segundo (lps) o bien en metros cúbicos por hora (m^3ph).

Otra técnica es la utilización de la “ecuación de continuidad”, la que es más recomendada para fuentes superficiales en donde se dificulte hacer uso de aforaciones volumétricas. En este caso se hace uso de la ecuación $Q = V \times A$, en donde Q representa el caudal (m^3/s), V representa la velocidad del flujo, dada en metros por segundo (m/s) y finalmente A que identifica el área de la sección estudiada, esta va a estar dada en metros cuadrados (m^2).

La técnica de la ecuación de continuidad consiste en acondicionar una sección del río o riachuelo de al menos 10 metros de longitud por el ancho y profundidad más uniforme posible. Una vez se ha hecho esto, se procede a dejar caer suavemente un objeto flotante (corcho o poroplast) en la cabecera del tramo, a la señal del encargado de medir el tiempo, luego al llegar al final de tramo se detiene cronómetro y se obtiene el tiempo en que recorrió la longitud del tramo. Esto se hace al menos cuatro veces hasta obtener una lectura media (suma de tiempos y dividir entre número de mediciones realizadas). Con el ancho y la profundidad se determina el área, la cual se multiplica por la velocidad promedio con se desplazó el objeto flotante utilizado.

Conociendo el caudal con que se dispone se puede calcular dimensión de la captación así como del sistema de tratamiento, así como diámetro de la tubería a utilizar. Se debe recordar que no se debe captar toda el agua del riachuelo, ya que ocasionaríamos desequilibrio en el ecosistema. Se debe dejar una parte (caudal ecológico) que circule por el cauce natural y así las especies silvestres puedan suplir sus necesidades de agua. (Chavarria, F. 2007)

DISEÑO DE CAPTACIONES

Para diseñar las captaciones se tomo como referencia lo dispuesto en Tecnologías para el abastecimiento y saneamiento de agua en proyectos de cooperacion al desarrollo en zonas rurales (UCA-AISF 2002)

Antes de hablar de tipos de captaciones se deben senalar condiciones que han de cumplir las obras de captacion de manantiales, siendo las principales las siguientes:

- No alterar la cantidad y calidad del agua: ni por disposiciones constructivas, ni por los materiales empleados. Para lograrlo se debe utilizar materiales inertes que no se degraden y pueden producir obstrucciones a la vena liquida.
- Evitar la penetracion de las aguas exteriores en el manantial, así como de cualquier organismo extraño. Para lo cual se debera impermeabilizar las cubiertas y recubrir los paramentos exteriores con una capa de 20 cm de grosor de asfalto, concreto o arcilla fina pesada.
- Conservar las condiciones fisicas del agua captada: temperatura, etc. esto se logra a traves de dispositivos de ventilacion (rejillas por ejemplo) bien protegidos. Una capa de 0,5 m de tierra que proteja de los cambios de temperatura.
- Regular automaticamente el caudal a conducir. Para ello se debera de disponer un aliviadero y llaves de paso para regular la cantidad de agua que se toma.
- Eliminar las arenas existentes. Disponer de un desarenador.
- Establecer zona de proteccion, en la que no debera permitirse establecimiento de cultivos, entrada de ganado ni construcciones. En vista de que es dificil establecer un area estandar para aplicabilidad generalizada para estas zonas se recomienda que como minimo se deje 100 m a la redonda de donde se encuentra el manantial.

TIPOLOGÍA DE LAS OBRAS

MANANTIAL DE LADERA: Cuando la fuente de agua es un manantial de ladera, la caja de captacion (arqueta) se coloca cortando la vena liquida disponiendo un relleno de grava antes de los orificios de entrada a la camara para producir una ligera filtracion.

Existen dos soluciones:

1. Muros laterales que corten la capa impermeable de forma que concentren el agua.
2. Zanjas de avenimiento en la prolongacion de los muros si la dispersion es muy grande.

Una vez se han concentrado las aguas, la captacion constara de tres partes:

1. Protección del afloramiento.
2. Depósito, el que sirve para regular el agua que va a utilizarse.
3. Cámara de acceso la que sirve para manipular las llaves de paso.

MANANTIAL DE FONDO: Cuando la fuente de agua es un manantial de fondo o de emergencia existen diversas soluciones:

La captación más sencilla consiste en una caja de concreto sin fondo sobre el lugar del afloramiento. Sobre la caja se recomienda instalar una capa de tierra para mantener la temperatura. En la misma arqueta van los dispositivos de toma, de desagüe y de aliviadero. Pero es más aconsejable que la caja de captación esté autónoma a la cámara de acceso o de toma.

La toma debe estar a suficiente altura (unos 15 cm) para permitir el depósito de arena.

Debe disponerse un tubo de ventilación con campana a fin de que el agua esté oxigenada pero no pueda entrar nada desde el exterior.

POZOS: El pozo ordinario consiste en un hueco cilíndrico, excavado en el terreno, con diámetro y profundidad variable, que al atravesar un lecho permeable, permite la afluencia de agua hacia el mismo.

Los pozos empleados en la captación de aguas pueden clasificarse según:

1. Según magnitud: superficiales u ordinarios, con una profundidad relativamente pequeña, y profundos, con una profundidad importante y por tanto más difícil de construir.
2. Según entrada de agua: permeables, con entrada de agua por los laterales, y de pie, con entrada de agua únicamente por el fondo.
3. Según revestimiento: de fábrica, metálicos y especiales, según el material del que estén recubiertas sus paredes interiores.

En función de las características del terreno atravesado será necesario uno u otro tipo de revestimiento, así como fijar un valor para el diámetro del pozo; otro factor a tener en cuenta es el uso granulométrico del terreno natural permeable, en cuanto a la relación entre la velocidad en el flujo del agua de aportación y el arrastre de los finos de dicho terreno.

Debe cuidarse que la velocidad de la circulación de agua sea inferior a estos límites para no incurrir en peligro de desestabilización del terreno. Las velocidades precisas para arrastrar las partículas de arena las podemos obtener en la siguiente tabla:

Tabla 2. Velocidad de arrastre segun diametro de granos

Diametro	Velocidad de arrastre m/s
0,25	0,04
0,5	0,07
0,75	0,09
1,00	0,115
1,25	0,13
1,5	0,15
1,75	0,166
2,00	0,18

Una vez obtenida el agua a traves de captaciones segun su calidad fisico-quimica y bacteriologica se hara necesario realizar tratamiento. Para lo cual veremos lo dispuesto por MIFIC a traves de la Norma tecnica para el diseno de abastecimiento y potabilizacion del agua (MIFIC, 1995)

PROCESOS DE PRETRATAMIENTO

Los pretratamientos mas simples que pueden utilizarse son la captacion indirecta, ya sea como prefiltro vertical u horizontal, sedimentacion laminar, filtracion gruesa rapida y desarenadores. Pueden emplearse independientemente, combinados entre si o con otros procesos para obtener mejores resultados.

CAPTACIÓN INDIRECTA

a- Prefiltro vertical. El prefiltro vertical esta conformado por grava de acuerdo a las características indicadas en la tabla No. 3

Tabla 3. Especificaciones para grava de prefiltro vertical.

Capa	Espesor (m)	Diametro (mm)
1	0.10	10-25
2	0,20	10-15
3*	0,50	5-10

* Capa de fondo

En cambio si se trata de prefiltro horizontal se debera utilizar como referencia los datos de la tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones para grava de prefiltro horizontal

Capa	Espesor (m)	Diametro (mm)
1*	1.00	80-250
2	4,50	30-70
3	4,50	5-12

* Capa de arriba

SEDIMENTACIÓN LAMINAR

La alta turbiedad del agua de una fuente puede reducirse hasta niveles en que se pueden utilizar filtros lentos mediante el empleo de sedimentadores laminares, sin adición de coagulantes.

El sentido del flujo en este tipo de sedimentador es horizontal y combinado con la filtración lenta, puede tratar aguas con turbiedad máxima hasta de 500 UTN, siempre y cuando la turbiedad sea ocasionada por partículas cuyo diámetro sea mayor de una milésima de milímetro.

FILTRACIÓN GRUESA RÁPIDA

La filtración gruesa es un proceso efectuado en una estructura cuyo material filtrante es únicamente grava de $\frac{1}{4}$ de pulgada, acomodada en una caja de concreto ubicada contiguo al filtro lento y tiene por objeto remover la turbiedad excesiva para la posterior filtración. El sentido del flujo es descendente, con una velocidad de filtración de 0.60 m/h lo que es igual a $14 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$.

DESARENADORES

En los casos en que la fuente de abastecimiento de agua sea del tipo superficial, se hace necesaria la instalación de un dispositivo que permita la remoción de la arena y partículas de peso específico similar (2.65 g/cm^3), que se encuentran en suspensión en el agua y son arrastradas por ella. Esta es la función que cumplen los desarenadores, cuyos componentes principales son los siguientes:

- Dispositivos de entrada y salida que aseguren una distribución uniforme de velocidades en la sección transversal.
- Volumen útil de agua para la sedimentación de las partículas, con sección transversal suficiente para reducir la velocidad del flujo por debajo de un valor predeterminado, y con longitud adecuada para permitir el asentamiento de las partículas en su trayectoria.
- Volumen adicional en el fondo, para almacenar las partículas removidas, durante intervalo entre limpiezas.
- Dispositivos de limpieza y rebose.

VOLUMEN ADICIONAL

El volumen adicional necesario para el almacenamiento de arena removida, se determina en base a las concentraciones esperadas durante crecidas y del intervalo previsto entre limpiezas. Si no se tienen datos específicos, es recomendable proveer un volumen de reserva para una concentración de 3.000 mg/lit , durante una crecida de 24 horas de duración. Para el cálculo se adoptará un peso específico del sedimento de 350 kgs/m^3 .

DISPOSITIVO DE LIMPIEZA

El dispositivo de limpieza consistira en un tanque colocado en el primer tercio del desarenador y hacia el cual, el fondo del mismo debera tener una pendiente no menor de 5%. El tanque se conecta con un tubo provisto de una valvula y la limpieza se efectua aprovechando la carga hidraulica sobre la arena.

COTA DE REBOSE

El tubo de rebose debera colocarse cerca de la entrada, para evitar sobre cargas al desarenador. La cota del tubo se fijara en relacion con la altura deseada de agua de acuerdo a las condiciones hidraulicas del diseno.

UBICACIÓN DEL DESARENADOR

El desarenador debera ser ubicado lo mas cerca posible de las obras de captacion. En todo caso la tuberia que une la toma con el desarenador debera tener una pendiente uniforme entre el 2 y 2.5%.

PROCESOS DE TRATAMIENTO

Estos procesos se aplican al agua, despues de que se le haya sometido a uno o mas procesos de pretratamiento, para mejorar su calidad.

AIREACIÓN

La aireacion es un proceso para mejorar la calidad del agua, mediante el cual esta se pone en contacto intimo con el aire. El proceso se utiliza para conseguir:

1. Remocion de sabores y olores (algas)
2. Remocion de gases disueltos que perjudican la calidad del agua (gas sulfidrico y sulforoso)
3. Elevacion de pH del agua por la eliminacion de dioxido de carbono hasta su punto de equilibrio (bajar la corrosividad)
4. Oxidacion de ciertas sustancias existentes en el agua (bicarbonato ferroso y Manganoso)

Una aireacion racional, exige el proyecto y construccion de unidades (aireadores), cuya eficiencia es variable de acuerdo a la calidad y cantidad del agua.

Para este objeto, se da a continuacion algunos datos importantes que facilitaran el calculo y eleccion de aireador.

Remocion de anhídrico carbonico

- a) aguas con menos de 10 gr/m³ hasta 50%
- b) aguas con mas de 10 gr/m³ 60% a 80%
- c) Tiempo de aireacion mas eficiente 15 seg

Remocion de gas sulfidrico - Tiempo minimo de aireacion: 3 seg

Remocion de hierro y manganeso. Teoricamente: 140 gr de oxígeno precipitan 1.000 gr de hierro y 124 gr de oxígeno precipitan 1.000 gr de manganeso.

Practicamente: Deben tomarse el doble de los valores de oxígeno indicados, para reducir la misma cantidad de Fe o Mn.

Tipos de aireadores. A continuacion se indican los diferentes tipos de aireadores con sus respectivos parametros de diseno:

a) Aireadores de gravedad

1. De cascada: Son plataformas circulares de madera o concreto, que se superponen sobre un mismo eje central, en sentido decreciente de sus diametros de abajo hacia arriba, sobre las cuales se hace pasar el agua a airear.

Capacidad 300 a 1.000 m³/dia/m² de la mayor plataforma.

Numero de plataformas 3 a 4

Altura total del aireador 0.80 a 1.60 m

Distancia entre plataformas .. 0.20 a 0.50 m

Entrada del agua Por la parte superior (Conviene usar un tubo central de llegada).

Salida del agua De la plataforma de acumulacion mediante un tubo localizado en fondo de la plataforma.

2. De tableros o bandejas: Esta formado por tableros o bandejas perforadas superpuestas, a traves de las cuales pasa el agua. La primera o superior, se destina a la distribucion del agua, las demas contienen un material poroso como: grava o escorias volcanicas, para aumentar la eficiencia de la aireacion.

Capacidad 300 a 900 m³/dia/m²

Numeros de plataformas o bandeja 3 a 6 unidades

Altura total del aireador 2.10 a 2.70 m

Separacion vertical entre tableros 0.40 a 0.60 m

Orificios de distribucion:

Primer tablero Orificios o 5 a 10 mm

Otros tableros Orificios o 8 a 15 mm, cada 80 a 100 mm centro a centro

Contenido: Primer tablero Solo distribucion
 Demas tableros grava o escoria, tamano 0.012 a 0.025 m
 altura del material 0.20 a 0.25 m
 Deposito inferior Acumulacion del agua.

3. De escaleras: Esta formado por varios peldanos, sobre los cuales pasa el agua facilitando el contacto con el aire.

Numero de escalones..... 2 a 5
 Espesor de la lamina de agua (max) 0.05 m
 Dimension de cada escalon: Altura 0.20 a 0.40 m
 Ancho 0.25 a 0.45 m
 Material..... Concreto o madera
 Perdida de carga..... 1.00 m
 Velocidad..... 1.00 a 1.20 m/s

Debe proveerse de una pestana o saliente en los escalones para evitar la adherencia de la vena liquida.

4. De plano inclinado: Son plataformas con una cierta pendiente sobre las cuales se colocan pequenos obstaculos para agitar y retardar el escurrimiento del agua.

Capacidad 200 a 500 m³/m²/dia
 Pendiente 1: 2.5 a 1: 3.00
 Altura de la vena liquida 0.05m (max)
 Perdida de carga..... 1.00 m
 Velocidad..... 1.00 m/s
 Material..... Concreto o Madera

Es necesario colocar y distribuir convenientemente los obstaculos en la plataforma.

b) Aireadores de boquillas:

Son aireadores en los cuales el agua sale a traves de varias boquillas con cierta presion, originando la formacion de chorros de agua que facilitan el intercambio de gases y sustancias volatiles.

Tiempo de exposicion 1.0 a 2.00 segundos
 Carga de agua 1.25 a 7.50 m

Perdida de carga:
 En el tubo 1/3 de la perdida total calculada como tubo a presion simple.

c) Difusores de aire:

Son aireadores en los cuales el aire es inyectado a traves de difusores, en tanques o camaras contruidos para tal fin.

Los difusores pueden ser: tubos, placas porosas, campanas o cualquier otro sistema que permita una aireacion eficiente.

Caudal de aire 0.35 – 1.50 litros de aire por litro de agua.
 Periodo de retencion de la camara 10 a 30 minutos
 Ancho de la camara..... 3.00 a 9.00 m
 Profundidad de la camara..... 3.00 a 3.70 m
 Entrada del aire 2.70 m bajo el nivel del agua.
 Potencia necesaria..... 0.3 kw/1000m³/dia

TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN LENTA

La filtracion lenta es un proceso de tratamiento del agua, que consiste en hacerla pasar por lecho de arena en forma descendente o ascendente y a muy baja velocidad, siendo sus principales ventajas:

- No hay que utilizar productos quimicos (excepto cloro para desinfeccion)
- Sencillez del diseno, construccion y operacion
- No requiere energia electrica
- Facilidad de limpieza (no requiere retrolavado)

Las principales desventajas son:

- Poca flexibilidad para adaptarse a condiciones de emergencias.
- Pobre eficiencia en remocion de color (20-30%).
- Necesita una gran area para su instalacion.
- Presenta pobres resultados para aguas con alta turbiedad.
- Se necesita una gran cantidad de medio filtrante.

La turbiedad del agua cruda puede limitar el rendimiento del filtro, por lo cual a veces es necesario aplicar algun pretratamiento tal como prefiltrado horizontal o vertical sedimentacion laminar o prefiltracion rapida en medio granular grueso.

Un filtro lento de flujo descendente consiste en una caja rectangular o circular que contiene un lecho de arena, un lecho de grava, un sistema de drenaje, dispositivos simples de entrada y salida con sus respectivos controles y una camara de agua tratada para realizar la desinfeccion.

CRITERIOS DE DISEÑO

a. Calidad del agua

Se debera verificar que la calidad del agua a filtrarse satisfaga en epoca seca y lluviosa los limites de aplicacion del proceso. Los principales parametros seran color (menor de 50 unidades) y Turbidez (menor de 50 UNT).

b. Estructura de entrada

Constara de una camara de distribucion con compuertas y rebose. Se instalara un vertedero triangular de pared delgada para aforar el influente. La entrada del agua al filtro se efectuara por medio de un vertedero muy largo de pared gruesa, para obtener una delgada lamina de agua que se adhiera al muro, para evitar que se formen chorros sobre el lecho, que lo danaria, ademas se colocara sobre el lecho una placa de concreto para que reciba el impacto del agua.

c. Estructura de salida

Consistira en un vertedero de control, localizado a una altura mayor que la cota del extremo superior del lecho, de tal manera que el lecho filtrante quede siempre sumergido, este regulara la carga minima.

d. Tasa de filtracion**e. Medio filtrante.**

Que consiste en una capa de arena de 1.20 m de espesor con las siguientes características:

1. Tamano efectivo: $0.15 \leq TE \leq 0.35$ mm
Coeficiente de uniformidad: $CU \leq 2.00$
2. Grava de soporte en cuatro capas

f. Sistema de drenaje

El sistema de drenaje puede ser de diferentes tipos (1) ladrillos de barro cocidos tendidos de canto, con otros ladrillos encima tendidos de plano dejando un espacio de un centimetro entre los lados. (2) tuberias (PVC) de drenaje, perforadas con orificios no mayores de 1" (2.54 cm), las cuales pueden desembocar en forma de espina de pescado a un conducto o tuberia central o a un pozo lateral con una pendiente del 1% a 2%. (3) bloques de concreto poroso en forma de puente, que confluyen a un canal central.

g. Numero de unidades

Se recomienda el uso de dos unidades como minimo, en cuyo caso cada una de ellas debera disenarse para atender el consumo maximo diario. Debe considerarse una capacidad adicional de reserva como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 5. Unidades de reserva segun poblacion

Poblacion	Unidades	Unidades de reserva
Menor de 2.000	2	100%
2.000 a 10.000	3	50%

h. Caja de Filtro

La caja del filtro puede ser rectangular o circular con un borde libre de 0.20 m, construida de concreto simple o reforzado y debera ser resistente a las diferentes fuerzas que estara sometida durante su vida util, ademas debera ser hermetica para evitar perdidas de agua e ingreso de agentes contaminantes.

En el caso de cajas rectangulares las dimensiones deberan estar en la proporcion que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Relacion entre largo y ancho segun unidades

Numero de unidades	Largo:Ancho
2	1:1.33
3	1:1.50
4	1:2.00

i. Dispositivos de regulacion y control

Estos dispositivos estaran constituidos por: vertederos, valvulas u otros accesorios, instalados en la entrada o salida del filtro, para mantener la velocidad de filtracion a una tasa constante.

MEDIO FILTRANTE

En este caso se recomienda un medio filtrante de granos gruesos para asegurar la obtencion de carreras de filtracion mas largas.

a. Lecho simple de arena:

Espesor (m)	0.70 – 2.00
Tamano efectivo (mm)	0.70 – 2.00
Coeficiente de uniformidad	≤ 1.60
Coeficiente de esfericidad	0.70 – 0.80
Tamano del grano mayor (mm)	2.00
Tamano del grano menor (mm)	0.59

b. Lecho simple de antracita:

Espesor (m)	1.00 – 2.00
Tamano efectivo (mm)	1.00 – 2.00
Coeficiente de uniformidad	≤ 1.60
Coeficiente de esfericidad	0.60 – 0.70
Tamano del grano mayor (mm)	2.40
Tamano del grano menor (mm)	0.70

Este tipo de lecho debera utilizarse cuando se necesita operar con tasas de filtracion muy elevadas.

TASA DE FILTRACIÓN

La tasa de filtracion debe fijarse en relacion con la granulometria del medio filtrante, la calidad de agua cruda y las dosis de sustancias quimicas a ser utilizadas. Esta decision debe ser tomada en base a los resultados de un estudio con filtros pilotos.

Tomando en consideracion el periodo de retencion tan corto de este tipo de planta (solo mezcla y filtracion) y lo vulnerable que son los filtros a una operacion y mantenimiento

deficientes, se recomienda tasas de filtración conservadoras del orden de 120 a 160 m³/m²/día, para lecho simple de arena y de 170 a 240 m³/m²/día para lechos dobles de arena y antracita.

RED DE DISTRIBUCIÓN

Una vez se ha captado, tratado y conducido el agua, se hace la distribución. La cual debido a la dispersión de la población en la mayoría de los casos en el área rural, se decide abastecer a la población mediante puestos públicos. Tal como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Puesto público en la comunidad La Montanita-Esteli
(Fuente Chavarria, F. 2008)

3. INFRAESTRUCTURA PARA AGUA DE RIEGO

Para determinar diseño de infraestructura para abastecer sistemas de riego se debe contar con una serie de datos; entre estos: datos climatológicos (horas luz, precipitaciones, temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, etc), de suelo (características físicas sobre todo), acerca del cultivo (ciclo, fases fenológicas, distanciamiento, etc), fuente de abastecimiento (caudal, calidad química-física y biológica, etc), terreno (topografía, forma, dimensiones, etc), entre tantos otros. (Chavarria, F 2007)



Figura 5. Represa para riego (Foto Chavarria, F. 2008)

La infraestructura de sistemas de riego dependerá sobre todo del tipo de riego que se vaya a establecer así como el área a irrigar y las características físicas del suelo.

En el caso de fuentes superficiales, lo más común es construir pequeñas represas sobre el curso del cuerpo de agua, teniendo el cuidado de dejar correr parte del flujo.

OBRAS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Con la promulgación de leyes que regulan el uso del agua, ya no se permite la construcción de este tipo de infraestructura (represas) a menos de que se trate de proyectos de interés colectivo y obedezca a estudios científicos bien sustentados a fin de evitar o reducir impactos ambientales que superen los beneficios que se vayan a conseguir.

El primer paso para diseñar infraestructura de riego es determinar el volumen que se requiere por parte del cultivo, así como la duración o ciclos de producción que se vayan a implementar. Se debe planificar el uso sostenible e intensivo del sistema que se vaya a construir. Esto a fin de que la inversión sea aprovechable al máximo sin que ello signifique el daño al medio ni a la biodiversidad tanto faunística como florística. De esta manera los productores verán que el esfuerzo vale la pena.

Como uno de los componentes del sistema de riego, esta la captacion. Para decidirse por el tipo de captacion a construir, se deben de cumplir ciertos criterios, entre los cuales se pueden aplicar los siguientes:

Tabla 7: Criterios para seleccion de alternativas de captacion.

No.	CRITERIOS	ESCALA DE ACEPTACION			
		0	1	2	3
1	Facilidad de realizar	dificil	moderado	regular	facil
2	Facilidad de dar mantenimiento	dificil	moderado	regular	facil
3	No necesita mano de obra calificada	mucha	medio	regular	nada
4	Costos de construccion	alto	medio	regular	bajo
5	Volumen de almacenamiento	muy poco	regular	bastante	mucho
6	Acorde a las necesidades de la poblacion	no	regular	medio	alto
7	Uso de material local	no	menos	mucho	todo
8	Aceptabilidad de la tecnologia	no aceptable	regular	medio	aceptable

Fuente: Cajina, M.J. (2006)

Para construir una obra de captacion debemos de ver que sea facil de construir, así como de darle mantenimiento, que no tengamos que recurrir a contratar mano de obra calificada que muchas veces es costosa, que requiera lo menos posible de material foraneo, entre otros criterios.

En la mayoría de los casos las tecnologías aunque muy buenas no son aceptadas por los productores, debido a que no responden necesariamente a sus demandas o deben ser operadas a muy alto costo, lo que les hace que al poco tiempo dejen de ser utilizadas, perdiéndose con ello la inversion realizada.



Figura 6. Captación de agua de tejados

Una de las opciones para captar agua para usos de riego, consumo humano o bien para ganado, es capturar el agua de lluvia que cae sobre los techos de las viviendas rurales, sobre todo en las zonas aridas o donde escasean las fuentes de agua superficiales o la profundidad del mano freatico no hace rentable su extraccion.

A continuacion se presenta lista de requerimientos de materiales y mano de obra para una captacion de agua de lluvia proveniente del techo de construccion. La lista corresponde a una captacion que tiene capacidad de almacenar 33,000 litros de agua. Luego solo se debe de investigar el precio unitario de los materiales y de mano de obra a nivel local. (Experiencia de TROPISEC, en la zona de las Segovias, Nicaragua, 2006)

Tabla 8. Demanda de material y mano de obra (33 m³)

Descripcion de la inversion	UM	Cantidad
Polietileno industrial 48*1000	Metro	63
Canal plastico colonial pvc 6m	Unidad	2
Bajantes de canal plastico pvc	Unidad	1
Tapaderas de canal Plastico pvc	Unidad	2
Uniones de canal pvc	Unidad	40
Tubo pvc sanitario de tres pulgadas	Unidad	1
Codo de tres pulgadas	Unidad	1
Reductor de tres por dos pulgadas	Unidad	1
Manguera de polietileno 1 "	Metro	100
Energia para pegar polietileno 1 kwh	Hora	10 hras
Varilla de hierro mm 1/4 * 6m	Unidad	2
Grapas metalicas	Libra	1
Papel periodico	Libra	3
MANO DE OBRA		
Excavacion de Zanja de almacenamiento 20 x 1.3 x 1	Dia/Hombre	12
Area de descargue	Dia/Hombre	1
Pegado de polietileno	Dia/Hombre	4
Conformacion de zanja	Dia/Hombre	2
Instalacion de sistema SCAPT	Dia/Hombre	4
Elaboracion de estribos metalicos para canal	Unidad	20
TRANSPORTE DE MATERIAL		
Acarreo 1 viaje	Viaje	1
TOTAL		

La lista anterior en su mayoria corresponde a materiales que son faciles de obtener en cualquier centro poblado en el area rural. Pero podrian ser sustituidos por bambu (canales, tubo pvc y manguera), arcilla (polietileno), alambre de puas (estribos), y otros materiales de mas bajo costo y que se podrian encontrar facilmente en las comunidades.

Las lagunetas o reservorios se construyen para almacenar el agua captada desde los techados o bien desde un area de recarga directamente del terreno.



Figura 7. Laguneta en la zona seca Las Segovia (Cajina, M.J)

Se debe darle un talud de descanso para impedir o reducir riesgo de derrumbe. Además debe impermeabilizarse el fondo y paredes con polietileno o con arcilla.

Según el tipo de riego además se deberá construir sistema de filtración, tanques para mezcla de fertilizantes o simplemente para almacenamiento en caso de requerir de mayor presión.

FILTRACIÓN

En el caso de uso de filtros, la elección del modelo de filtro, así como la determinación del momento para la limpieza, se hace en función de las pérdidas de carga que produce. Un filtro de malla limpio debe presentar, para su caudal de funcionamiento, unas pérdidas de carga del orden de 2 metros de columna de agua (m.c.a) y se debe proceder a la limpieza del mismo cuando las pérdidas de carga que se produzcan en la red sean de unos 4-6 m.c.a. Si se permiten mayores pérdidas de carga el filtro pierde eficacia y se puede llegar a romper la malla. Esta cifra de 4-6 m.c.a. es la que hay que tener en cuenta en el cálculo de la instalación (bombas, etc.).

CLASIFICACIÓN DE FILTROS

Los filtros de malla pueden clasificarse también en tres tipos:

- Verticales
- Inclinaos
- Horizontales

VERTICALES: Con orificio de entrada y salida a 90°, las tomas roscadas de 2" y 3", cartuchos de PVC con la malla por el exterior para facilitar su limpieza manual, pudiéndose lavar sin desmontar.

INCLINADOS: Fabricados en Y, desde 2" y 3" (malla exterior) y desde 4" a 10" (malla interior), inclinación a 30° y 45°, según modelo.

HORIZONTALES: Tipos en L utilizados solo para grandes caudales, con malla estándar para goteo, tipo para pivote con malla estándar de 1,5 de luz y automáticos en U con proceso de autolavado automático, desde 3" a 12", con presostato diferencial y mecanismo interno con boquillas aspiradoras.

Los filtros de malla realizan un tamizado superficial del agua, reteniendo aquellas partículas de tamaño superior al de los orificios de malla. Esto hace que su colmatación sea mucho más rápida que la de los filtros de arena. Por esta razón se suelen utilizar con aguas no muy sucias que contengan partículas de tipo inorgánico, o como elementos de seguridad después de hidrociclones, filtros de arena o equipos de fertirrigación. Cuando las aguas contienen algas su uso no está indicado, por que se colmatan rápidamente y dejan pasar las impurezas.

Existe una clasificación que distingue entre "cartuchos" y filtros de malla propiamente dicho. La diferencia entre ambos no es demasiado importante y se refiere exclusivamente al tamaño: Los cartuchos son filtros pequeños para caudales de menos de 10 m³/h.

Están especialmente indicados para la retención de partículas de origen mineral, ya que la materia orgánica con estructura fibrosa, suele colarse con relativa facilidad a través de los orificios de la malla. Estos filtros deben ser capaces de retener partículas cuyo tamaño sea superior a 1/8 del diámetro de mínimo de paso del emisor que se piensa instalar.

En cualquier instalación de riego localizado se debe disponer de al menos un filtro de mallas o anillas de riego localizado, para retener las partículas de origen mineral que puedan llevar el agua en suspensión.

Las mallas que se colocan en el interior del filtro pueden ser de materiales y características diferentes (acero inoxidable o de plástico (poliéster, nylon, etc)). El parámetro que comúnmente se utiliza para evaluar la capacidad de retención del filtro es el número de mesh, que se define como el número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del centro de un hilo, así se dice una malla de 120 mesh o 120 orificios.

En la definición se puede observar que el número de mesh se puede observar que no se refiere en ningún caso al tamaño, sino al número de orificios. Dos cartuchos con el mismo número de mesh pueden presentar tamaños de orificio diferentes, según la malla este construida en uno u otro material, en función del grosor de los hilos que lo constituyen. Los hilos de acero son más finos que los de plástico, por lo que a igualdad de mesh, los orificios de malla de acero son mayores que los de plástico.

El número de mesh puede ser por lo tanto, un dato orientativo sobre la capacidad de filtrado de una malla, pero bajo nuestro punto de vista resultaría más recomendable la adopción de la luz de la malla (tamaño del orificio expresada en mm) como parámetro

para definir la capacidad de retencion del filtro, evitandose las posibles confusiones a que pueda dar lugar el empleo del numero de mesh.

Tabla 9. Tamano de orificio segun mesh.

Nº de mesh	Orificio (μm)	Nº de mesh	Orificio (μm)
3,5	5.600	32	500
4	4.750	35	425
5	4.000	42	355
6	3.350	48	300
7	2.800	60	250
8	2.360	65	212
9	2.000	80	180
10	1.700	100	150
12	1.400	115	125
14	1.180	150	106
16	1.000	170	90
20	850	200	75
24	710	250	63
28	600		

Para mallas de acero inoxidable se puede dar la siguiente tabla, que relaciona el tamano de los orificios con el numero de mesh. Las mallas estandar son las comprendidas entre 100 y 200 mesh.

Para mallas fabricadas en otros materiales se debe consultar a los fabricantes de los cartuchos acerca de la luz de paso de la malla. En las mallas fabricadas en otros materiales, por ejemplo nylon, no se pueden citar valores exactos, pues el porcentaje de huecos depende del grosor del nylon utilizado por cada fabricante. No obstante hemos comprobado que hasta 120 mesh tienen aproximadamente las mismas características que si fueran metalicas.

En la eleccion de un filtro de malla hay que determinar la superficie de la malla y el tamano de los orificios, es decir su numero de mesh. Para esto ultimo un criterio usado comunmente es que el tamano del orificio sea aproximadamente 1/7 del menor diametro de paso del gotero, valor que se puede elevar a un 1/5 en el caso de microaspersion. Ello es debido, ademas de la posible entrada de una partícula por su dimension menor, a que se pueden aglutinar partículas una vez que hayan superado el paso a traves de las mallas. El empleo de mallas mas finas no es recomendable porque aumenta la frecuencia de las limpiezas y los problemas potenciales que acompanan a la colmatacion de las mallas.

La superficie de malla se calcula en funcion del caudal Q , incrementada en un 20 % en concepto de margen de seguridad, y en funcion de los valores aceptables de la velocidad real (velocidad a traves de los orificios).

Tabla 10. Velocidad de flujo segun calidad de agua

Tamano orificio (micras)	Calidad de agua	V (m/s)
300-125	Limpia	0,4-0,9
300-125	Con algas	0,4-0,6
125-75	Cualquiera	0,4-0,6

Los limites de velocidad de la tabla anterior equivalen a un caudal por area neta y por area efectiva de malla. Que para mayor facilidad en el calculo se indican en la tabla siguiente:

Tabla 11. Caudal segun velocidad del flujo

V (m/s)	m ³ /h por m ² de area neta	m ³ /h por m ² de area total*
0,4	1.440	446
0,6	2.160	670
0,9	3.240	1004

* Valido solo para filtros de malla metalica: calculada segun $A_n = 0,9 \cdot 0,34 \cdot A_t$

Los datos contenidos en las tablas 9, 10 y 11, nos permitiran conocer el tipo de filtro que debemos de adquirir segun el tipo de riego, la calidad del agua con que contamos y la velocidad con que se desplazara el agua en el cuerpo del filtro.

En base a un buen calculo se nos facilitara la operacion y mantenimiento y se evitaran inconvenientes a la hora del riego tales como atascamientos y frecuentes limpiezas, lo cual encarece la operacion del sistema.

BOMBEO DEL AGUA

Para extraer o impulsar el agua, se requiere de bombeo, ya sea este de manera manual o mecanica. Cualquiera sea el metodo se debe de conocer datos que son basicos, como la altura de extraccion o de impulsion, el caudal a bombear, la temperatura del agua, entre otros.

El bombeo puede realizarse a traves de bombas manuales como la de la figura 8, que funciona a traves de pedales y puede impulsar el agua hasta una altura de 10 metros (segun cilindro y tuberia utilizada).

Otra alternativa es el uso de bomba emaflexi, que puede ser construida facilmente en la misma comunidad y con un relativo bajo costo. Con el uso de la emaflexi se ahorra la compra de bomba de motor y el posterior uso de combustible, que dia a dia sube de precios.

En los anos 90 se introdujo una nueva tecnologia, que consiste en el uso de la bomba de mecate. En esencia la bomba de mecate es una bomba volumetrica de desplazamiento



Figura 8. Bomba manual de pedal (Chavarría, F 2010)

positivo que basa su funcionamiento en la captura y confinamiento de una sucesión de pequeños volúmenes de agua que, de manera similar a una noria, eleva hasta el brocal del pozo, o hasta una altura superior, 3-6 metros. Para conseguir este objetivo se dispone una cuerda que arrastra un tren de pistones separados 1 metro, a los que atraviesa por un orificio central. Cuando se hace pasar la cuerda con los pistones por el interior de un tubo de plástico, de diámetro algo mayor que los pistones, con suficiente holgura para su deslizamiento, el agua, que ha sido atrapada en el tramo sumergido del tubo vertical, se eleva con la cuerda ya que los pistones impiden su retroceso por el tubo. A la altura requerida se dispone una salida lateral del tubo por la que el agua es conducida por gravedad hasta el depósito elevado. La cuerda continúa su camino e invierte su dirección ascendente rodeando una rueda superior, tras la que se dirige hacia la rueda tractora inferior situada cerca del nivel del suelo, que tira de la cuerda al forzar manualmente su giro, y de ahí desciende de nuevo al pozo en un circuito cerrado. (Bonilla, J 2004)

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

La parte final del sistema de riego es la distribución, la que se hace a través de aspersores, goteros, microaspersores, según sea el sistema de riego utilizado.

Los emisores se insertan o instalan sobre los laterales que son por así decirlo los ramales del sistema de distribución. La distancia entre cada emisor dependerá de la longitud del chorro (en el caso de aspersores), o del diámetro de bulbo humedecido (goteros).

Los aspersores se instalan con un traslape de hasta 35% de la longitud del chorro, esto puede variar según sea la velocidad del viento que prevalezca. No se recomienda operar sistema cuando el viento supera 10 km/hora ya que hace costoso e ineficiente el riego (debe darse traslape de 70% de longitud del chorro). En estos terrenos es más bien recomendable hacer uso de riego por goteo o microaspersión.

4. TIPOS DE RIEGO

RIEGO POR GOTEO

El riego localizado es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular. El riego por goteo es la aplicación lenta y frecuente de agua al suelo mediante emisores o goteros localizados en puntos específicos a lo largo de laterales de riego. El agua emitida se mueve a través del suelo mayormente por flujo no saturado. Así se mantienen unas condiciones favorables de humedad en la zona de las raíces de las plantas y se propicia su desarrollo óptimo.

Figura 9. Mini sistema de riego demostrativo en UCATSE
(Fuente Chavarria, F. 2010)



La demanda competitiva por agua es cada vez mas aguda en la mayor parte del mundo. Por tanto, es necesario encontrar la forma de mejorar la eficiencia del uso del agua particularmente para fines agrícolas.

El riego por goteo es uno de los sistemas mas eficaces que se ha diseñado para usar el agua en los cultivos agrícolas. Este sistema se ha utilizado mucho en las regiones aridas del mundo.

Los sistemas de riego por goteo diseñados y mantenidos adecuadamente son capaces de propiciar altos rendimientos. La eficiencia en el diseño debe ser del orden del 90 al 95%. Con cuidado y mantenimiento razonables, los rendimientos en el campo pueden fluctuar entre 80 a 90%. Donde la obstrucción es un problema, o el rendimiento del emisor es altamente variable, la eficiencia en el campo puede ser tan baja como un 60%, lo que depende como ya se señalo de un manejo deficiente.

Se cree que el riego por goteo se empezó a usar en 1950, cuando un ingeniero israelí observo que un árbol cerca de un grifo, que goteaba agua, mostraba un crecimiento mas vigoroso que los otros árboles del área. Sin embargo, el origen del concepto básico de riego por goteo puede remontarse al 1860 en Alemania, cuando se desarrollo un sistema de riego por goteo soterrado. Como parte del desarrollo de este sistema se realizaron trabajos en los Estados Unidos a partir del 1913. Para el 1920, en Alemania se utilizaron tubos perforados, pero no fue hasta el desarrollo de los tubos plásticos, durante y después de la segunda guerra mundial, que el riego por goteo empezó a ser económicamente aceptable.

TIPOS DE RIEGO POR GOTEO

Se distinguen cuatro clases de riego localizado:

- 1) **Riego por goteo:** se llama así a los sistemas que aplican el agua con caudales inferiores a 16 lph por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo. Se llama: "goutte a goutte" en francés; "drip" o "trickle irrigation", en inglés; "gotejamento" o "irrigação por gotejo" en portugués; "irrigazione a goccia" o "diuturno" en italiano.
- 2) **Riego por microaspersión:** son sistemas con caudales inferiores a 200 lph por punto de emisión, con emisores que se llaman difusores cuando se trata de toberas fijas, o miniaspersores cuando disponen de alguna parte en movimiento de rotación, y su alcance no supera los 3 m.
- 3) **Riego subterráneo:** se caracteriza por la aplicación del agua bajo la superficie del suelo.
- 4) **Riego al xilema:** Aplicación de agua y nutrientes directamente al xilema.

VENTAJAS

El riego localizado es un medio eficaz y pertinente de aportar agua a la planta, que sea en cultivos en línea (mayoría de los cultivos hortícolas o bajo invernadero) o en plantas (lenosas) aisladas. Este sistema de riego presenta diversas ventajas desde todos los puntos

de vista (agronomicos, tecnicos y economicos), derivados de un uso mas eficiente del agua y de la mano de obra. Ademas, permite utilizar caudales pequenos de agua.

Entre las principales ventajas del sistema de riego por goteo podemos mencionar:

A. Uso eficiente del agua:

1. Se reducen considerablemente las perdidas directas por evaporacion.
2. Al no causar humedecimiento del follaje, contribuye a reducir afectacion por enfermedades fungosas y bacterianas.
3. No causa movimiento de gotas de agua por efecto del aire.
4. Inhibe el crecimiento del consumo de agua de yerbajos.
5. Reduce riesgo de perdidas de suelos al eliminar el escurrimiento superficial.
6. Permite regar todo el predio hasta los bordes.
7. Permite aplicar el riego a una profundidad exacta.
8. Permite regar mayor area con una cantidad de agua especifica.

B. Reaccion de la planta:

1. Aumenta el rendimiento por unidad (hectarea-centimetro) de agua aplicada.
2. Mejora la calidad de la cosecha.
3. Permite obtener un rendimiento mas uniforme.

C. Ambiente de la raiz:

1. Mejora la aeracion.
2. Aumenta la provision de nutrimentos disponibles.
3. Crea una condicion casi constante de retencion de agua a baja tension el suelo.

D. Combate las plagas y enfermedades:

1. Aumenta la eficiencia de las aspiraciones de plaguicidas.
2. Reduce el desarrollo de insectos y de enfermedades.

E. Correccion de sanidad:

1. El aumento en sales ocurre a una distancia mayor de la planta.
2. Reduce los problemas de salinidad. Se consigue mayor reduccion aumentado el flujo de agua.

F. Combate de malezas:

1. Reduce el crecimiento de malezas en el espacio humedo sombreado.

G. Practica y efectos agronomicos:

1. Las actividades del riego no interfieren con las del cultivo, las aspersiones y la cosecha.

2. Reduce la necesidad de cultivo, ya que hay menos malezas, endurecimiento superficial y compactación.
3. Ayuda a controlar la erosión.
4. Permite aplicar el abono con el agua de riego.
5. Aumenta la eficiencia del trabajo en huertos frutales al mantener los espacios entre las hileras, secos y nivelados.

H. Beneficios economicos:

1. El costo es bajo comparado con el sistema de pisteros aéreos y otros sistemas permanentes.
2. Los costos de operación y mantenimiento son, a menudo, bajos. Los costos son altos cuando la distancia media es de menos de 3 m.
3. Se puede usar en terrenos accidentados.
4. La eficiencia de aplicación es alta. Permite utilizar tubería de menor diámetro y requiere menos fuerza propulsora.

INCONVENIENTES

Sus principales inconvenientes son:

- a) El costo elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la imperiosa necesidad de un sistema de control automatizado (electrovalvulas). Sin embargo, el aumento relativo de costos con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.
- b) El alto riesgo de obturación ("clogging" en inglés) de los emisores, debido a partículas en suspensión (sólidos suspendidos y sólidos sedimentables) y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el problema N° 1 en riego localizado.
- c) La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo.
- d) Ataque por parte de roedores e insectos a las mangueras

EL GOTERO

Los dispositivos de emisión de agua (goteros) son únicos para el sistema de riego por goteo. Los goteros descargan agua en pequeñas cantidades a través de unos orificios pequeños. La reducción en la presión a través de los emisores debe ser lo suficientemente mayor para contrarrestar la diferencia de presión que la topografía y las pérdidas de

fricción causan. Estas contradicciones en las exigencias de diseño han promovido la manufactura de varias clases de dispositivos de emisión.

Los góteros se pueden dividir en dos categorías que se afincan en las aplicaciones en el campo:

1. Góteros perforados en el ramal.
2. Góteros adaptados al ramal de goteo.

El gótero perforado en el ramal se utiliza para el cultivo en hileras a corta distancia, como por ejemplo, hortalizas y algunas frutas. También se puede utilizar para el riego en el invernadero. El gótero consiste en una serie de perforaciones igualmente espaciadas a lo largo de un tubo de pared sencilla o doble. El grado de descarga se da usualmente en litros por minuto, por unidad de largo, y fluctúa desde tres a cuatro (3 a 4) litros por minuto por 30 m de línea.

La presión de operación de estos góteros fluctúa desde 2 a 30 psi. Sin embargo, la mayoría opera a menos de 15 psi. La tubería se instala con ramales hasta de 90 m de largo. Estos ramales están limitados por la capacidad de movimiento del agua y por el desnivel de la superficie del terreno.

Los góteros adaptados en la línea se deben utilizar solamente en terrenos con poco desnivel para mantener una descarga uniforme. Porque la presión de operación es baja, un cambio moderado en la elevación causa una amplia variación en la descarga. Conviene consultar con un ingeniero para el diseño de estos sistemas.

Una de las consideraciones sobre los góteros que se utilizan en terrenos desnivelados es la variación en la descarga con cambios en la presión debido a cambios de elevación. Hay una clase de gótero compensador de presión que tiene aproximadamente el mismo promedio de descarga en un amplio intervalo de presión en la línea.

En los góteros perforadores en la línea y muchos emisores de la clase adaptable se observan cambios en grados de flujo que fluctúan desde moderado a mucho de acuerdo a los cambios en la presión.

El gótero adaptado se utiliza para frutales y ornamentales. Aquí las plantas no se encuentran cerca del ramal. También se utiliza para el riego de plantas en macetas en el invernadero. Esta clase de gótero es individual, normalmente se conecta a una manguera plástica.

La presión de agua se reduce en el gótero a un grado bajo de flujo. El agua tiene que pasar por medio de largos laberintos, cámaras de torsión, orificios pequeños y otros arreglos antes de descargar. Algunos diseños permiten pasar partículas de tamaño moderado y liberarse fuera. Hay góteros de esta clase que se limpian automáticamente con bajas presiones. La presión de operación para esta clase de góteros varía de 5 a 60 psi. El promedio de flujo es de 2 a 7.6 litros por hora.

FACTORES DE QUE DEPENDE EL SISTEMA POR GOTEO

La duracion del periodo de riego se puede determinar despues de conocer lo siguiente:

1. Requerimientos de agua por parte de la planta.
2. Intervalos entre las aplicaciones.
3. Caudal o gasto del gotero.

Los calculos utilizados en el diseno del sistema de riego por goteo son tomados de Avidan, A (1994), Savaldi, D, Tarchitzky (1998), Goyal y Ramirez (2007) se enumeran a continuacion.

- 1) Lamina Disponible a Profundidad de Raices (LDZr) en mm/Zr
- 2) Volumen Disponible a Profundidad de Raices (VDZr) en $m^3/ha/zr$
- 3) Lamina Aprovechable a Profundidad de Raices (LAZr) en mm/zr
- 4) Porcentaje de Area Bajo Riego (Par) en %
- 5) Porcentaje de Area Bajo Riego/planta (Parp) en %
- 6) Comparacion entre Area Maxima y el Area Minima de Riego con relacion a Parp.
Si $Par \leq MxAR$, se acepta, si ademas $Par \geq MiAR$, se acepta
- 7) Diametro Humedecido por el Gotero (d) en m
- 8) Precipitacion Horaria (Phr) en mm/hr
- 9) Comparacion Phr y la Velocidad de infiltracion del Suelo (I) si $Phr \leq I$ se acepta
- 10) Evapotranspiracion (Etc) en mm/dia
- 11) Intervalo de Riego (IR) en dias
- 12) Intervalo Ajustado (IRaj) en dias. Numero entero
- 13) Ciclo de Riego (CR) en dias
- 14) Lamina de Riego Ajustada (Lraj) en mm
- 15) Comparacion entre Lraj y LAZr, si $Lraj \leq LAZr$ se acepta
- 16) Porcentaje de Agua Aprovechable Ajustada (Paaj) en %.
- 17) Comparacion entre Pa y Paaj. Si $Paaj \leq Pa$ se acepta
- 18) Lamina Bruta (LB) en mm
- 19) Dosis Bruta (DB) en m^3/ha
- 20) Dosis Bruta por Planta (DBp) en m^3/ha
- 21) Horas por Turno (Ht) en h/turno
- 22) Turnos por Dia (Td) en turnos/dia
- 23) Horas de Riego por Dia (Hd) en h/dia
- 24) Horas por Ciclo (Hc) en h/ciclo
- 25) Turnos por Ciclo (Tc) en turnos/ciclo
- 26) Superficie por Turno (St) en ha/turno

- 27) Dosis Bruta por Turno (DBt) en m³/turno
- 28) Caudal Requerido (Qr) en m³/h
- 29) Comparacion entre Qr y Qs, si $Q_r \leq Q_s$ se acepta
- 30) Numero de Emisores por Turno (Emt) en numeros enteros
- 31) Volumen Bruto por Ciclo (VBc) en m³/ciclo
- 32) Volumen Bruto por Ciclo en Frutales (CBF) m³/ciclo
- 33) Caudal Especifico (Qe) en m³/ha/h.

Formulas para calculos necesarios para disenio

- 1) $LDZr \text{ (mm/zr)} = (HCC - PMP) * (Pea / Pew) * Zr * 10$, donde HCC es la capacidad de campo del terreno, PMP el punto de Marchitez Permanente, Pea representa la Densidad Aparente del Suelo, Pew, el peso especifico del agua y Zr la profundidad efectiva de raices del suelo.
- 2) $VDZr \text{ (m}^3\text{/ha/zr)} = LDZr * 10$
- 3) $LAZr \text{ (mm/zr)} = (LDZr * Pa) / 100$, en donde Pa es Porcentaje Aprovechable
- 4) $d \text{ (m)} = (qe / 0.785 * l)^{1/2}$, donde qe, representa caudal del emisor o gotero
- 5) $Parp \text{ (\%)} = ((100 * 0.785 * d) / de * dl) * (a^\circ / 360^\circ)$, donde de representa el distanciamiento entre emisores (goteros) y dl la distancia entre los laterales
- 6) $Phr \text{ (mm/h)} = (qe * 100) / de * dl * Par$
- 7) Comparacion entre Phr e l. Si $Phr \leq l$, se acepta
- 8) Uso Consuntivo (ETc) calculado a traves de tanque evaporimetro = $Etan * Ktan * Kc$
- 9) $IR \text{ (dias)} = (LAZr * Par) / ETc * 100$
- 10) $IRaj \text{ (dias)} = \text{Numero Entero}$
- 11) $CR \text{ (dias)} = IR - dp$. En donde dp representa los dias de paro
- 12) $LRaj \text{ (mm)} = (IRaj * ETc * 100) / Par$
- 13) Comparar LRaj con LDZr. Si $LRaj \leq LDZr$ se acepta
- 14) $Paaj \text{ (\%)} = (LRaj * 100) / LDZr$
- 15) Comparar Paaj y Pa. Si $Paaj \leq Pa$, se acepta
- 16) $LB \text{ (mm)} = (LRaj * 100) / Ef$. Siendo Ef la eficiencia con que operara el sistema
- 17) $DB \text{ (m}^3\text{/ha)} = (LB * Par) / 10$
- 18) $Ht \text{ (h/turno)} = LB / Phr$
- 19) $Td \text{ (turnos/dia)} = Hm / Ht$ (debe senalarse numero entero). Hm representa la norma bruta del riego
- 20) $Hd \text{ (h/dia)} = CR * Ht$
- 21) $Tc \text{ (turno/ciclo)} = CR * Td$
- 22) $St \text{ (ha/turno)} = Sr / Tc$
- 23) $DBt \text{ (m}^3\text{/turno)} = St * DB$

$$24) Q_r \text{ (m}^3/\text{h)} = DBt/Ht$$

25) Comparar descarga disponible con Q_r . Si $Q_r \leq Q_s$, se acepta. Q_s no es mas que el agua que se dispone para riego

$$26) Emt \text{ (e/turno)} = (Q_r * 1000)/q_e$$

$$27) VB_c \text{ (m}^3/\text{ciclo)} = DBt * T_c$$

$$28) Q_e \text{ (m}^3/\text{ha/h)} = Q_r/A3.$$

MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

LA LIMPIEZA DE LOS RAMALES

El mantenimiento y limpieza de los ramales principales, secundarios y laterales es indispensable para el buen funcionamiento de un sistema de riego por goteo. Algunos filtros atrapan las partículas mas grandes como arcilla y arena que entran al sistema. Con la velocidad del agua el tamaño de algunas partículas se reduce y pasan a través del filtro llegando a los ramales secundarios y laterales. Estas partículas pequeñas tienden a asentarse en los ramales y causan obstrucciones. Si el sedimento es de 50 ppm, un sistema de operaciones se tardaría mas de 140 horas para llenar hasta la mitad los últimos 46 metros del ramal lateral.

La limpieza periodica en los ramales elimina dichas obstrucciones. El ramal principal y el secundario deben tener un largo suficiente al final para producir una velocidad de flujo que sirva de limpieza o descarga. En los ramales laterales, la velocidad de flujo debe ser de 30 metros/seg. que es la adecuada para la limpieza. Se limpia primero el ramal principal, luego el secundario, y por ultimo, los ramales laterales. Solamente se abren varios ramales al mismo tiempo cuando la presión de agua es adecuada. Si la presión no se puede sostener con todos los ramales abiertos, se abren solamente algunos.

El tiempo de limpieza debe ser suficiente hasta que el agua que corre fuera este limpia. Un programa regular de inspección, mantenimiento y limpieza ayuda mucho a prevenir las obstrucciones de los emisores. La naturaleza del sistema de filtración, la calidad del agua y la experiencia determinan cuando es necesario limpiar los ramales. El mantenimiento debe ser cuando el sistema de riego por goteo esta sin uso (no exista necesidad de regar). Esta practica de mantenimiento ayuda a prevenir danos por sedimentos alojados en los ramales y obstrucciones a los goteros cuando el agua vuelva a fluir por el sistema. También ayuda a prevenir formaciones de limo, además de evitar que las hormigas e insectos invadan el sistema.

SISTEMA RIEGO POR ASPERSIÓN

TIPOS DE RIEGO POR ASPERSION

a) Según fuerza que los hace funcionar:

1. Por gravedad, si los campos regados están en una cota inferior a la captación, por ejemplo para el riego de campos situados aguas abajo de una presa;

2. Por bombeo, cuando se trata de utilizar agua de pozo, o para regar terrenos que se encuentran a una cota superior a la del embalse de regulacion;

b) Segun fines especificos

1. Riego por aspersión para “colorear fruta”
2. Riego por aspersión para limitar los danos de las heladas.

VENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSION

- a) La eficiencia del riego por aspersión es de un 80 % frente al 50 % en los riegos por inundación. En estos el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- b) Especialmente útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.
- c) Puede ser utilizado con facilidad en terrenos colinares o con pendientes.
- d) Se puede dosificar el agua con una buena precisión.



Figura 10. Riego por aspersión en campo de alfalfa y maíz en Matagalpa
(Fuente: Chavarria, F. 2010)

INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSION

- a) El consumo de agua es mayor que el requerido por el riego por goteo.
- b) Se necesita conocer bien la distancia entre aspersores, para tener un coeficiente de uniformidad superior al 80 %.
- c) Danos a las hojas y a las flores. Las primeras pueden danarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se danan, por ese mismo impacto sobre las corolas.
- d) Requiere una inversión importante. El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, las válvulas, los programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a medio plazo está asegurada.
- e) El viento puede afectar. En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.
- f) Aumento de enfermedades y propagación de hongos debido al mojado total de las plantas.

RIEGO POR SUPERFICIE

Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el

campo o huerta donde sera aplicado a los cultivos. Son obras de ingenieria importantes, que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar danos al ambiente y para que se gaste la menor cantidad de agua posible. Estan estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen aproximadamente las curvas de nivel de este, descendiendo suavemente hacia cotas mas bajas (dandole una pendiente descendente, para que el agua fluya mas rapidamente y se gaste menos liquido).

La construccion del conjunto de los canales de riego es una de las partes mas significativas en el costo de la inversion inicial del sistema de riego, por lo tanto su adecuado mantenimiento es una necesidad imperiosa.

Las dimensiones de los canales de riego son muy variadas, y van desde grandes canales para transportar varias decenas de m^3/s , los llamados canales principales, hasta pequenos canales con capacidad para unos pocos l/s , son los llamados canales de campo.

PARTES DE UN CANAL DE RIEGO

A lo largo de un canal de riego se situan muchas y variadas estructuras, llamadas “obras de arte”, estas son, entre otras:

- Obras de derivacion, que como su nombre lo indica, se usan para derivar el agua (utilizando partidores), desde un canal principal (ej. Una acequia) a uno secundario (ej. Un brazal), o de este ultimo hacia un canal terciario, o desde el terciario hacia el canal de campo y el canon de boquera. Generalmente se construyen en hormigon, o en mamposteria de piedra, y estan equipadas con compuertas, algunas simples, manuales.
- Controles de nivel, muchas veces asociadas a las obras de derivacion, son destinadas a mantener siempre, en el canal, el nivel de agua dentro de un cierto rango y, especialmente en los puntos terminales, con una inclinacion descendente.
- Controles de seguridad, estos deben funcionar en forma automatica, para evitar danos en el sistema, si por cualquier motivo hubiera una falla de operacion. Existen basicamente dos tipos de controles de seguridad: los vertederos, y los sifones.
- Secciones de aforo, destinadas a medir la cantidad de agua que entra en un determinado canal, en base al cual el usuario del agua pagara, por el servicio. Existen diversos tipos de secciones de aforo, algunas muy sencillas, constan de una regla graduada que es leida por el operador a intervalos pre establecidos, hasta sistemas complejos, asociados con compuertas autorregulables, que registran el caudal en forma continua y lo trasmiten a la central de operacion computarizada.
- Obras de cruce del canal de riego con otras infraestructuras existentes en el terreno, pertenecientes o no al sistema de riego. Estas a su vez pueden ser de:
 - 1) Cruce de canal de riego con un canal de drenaje del mismo sistema de riego
 - 2) Cruce de un dren natural, con el canal de riego, a una cota mayor que este ultimo

- 3) Cruce de canal de riego con una hondonada, o valle
- 4) Cruce de canal de riego con una via.

Los altos rendimientos son posibles con riego superficial, pero es mucho mas facil obtener estos rendimientos potenciales con el metodo de almacenamiento usando el borde. Los rendimientos en el diseno para los sistemas de almacenamiento deben ser altos, tal vez de 80-90% para todos excepto los suelos con una capacidad de infiltracion muy alta. Los rendimientos razonables para el riego con borde son del 70 al 85%, y del 65 al 75% para el riego por surco. Debe buscarse una aplicacion util al agua de drenaje y de esorrentia.

C *Ejercitación*

TRABAJO EN EQUIPO

- 1) Organizados en equipos de trabajo conformados por no mas de cuatro companeros, resolvamos lo siguiente.
 - a) Comparemos los distintos tipos de riegos estudiados.
 - b) Discutamos en el grupo, sobre cual de los sistemas seria mas conveniente utilizar, teniendo como referencia las características comunes de nuestra comunidad.
 - c) Elaboremos informe sobre nuestro trabajo.
- 2) Compartamos los resultados con nuestros companeros de seccion y pidamosles sus comentarios y aportes.

D *Aplicación*

TRABAJO EN EQUIPO

Coordinemos y realicemos visita a una parcela cercana, en la cual su propietario este utilizando riego o este dispuesto a utilizarlo. Ya en la parcela y con la autorizacion de su propietario procedamos a lo siguiente:

- a) Tomemos con ayuda de GPS o mapa cartografico las coordenadas del sitio de estudio.
- b) Extraigamos muestras de suelo a profundidad equivalente a la profundidad que estaran

las raíces del cultivo establecido o que se vaya a establecer, esto servirá para cálculo de CC, PMP, textura, densidad aparente y velocidad de infiltración (a partir de textura encontrada), entre otros.

- c) Aforemos las fuentes de agua disponibles por el productor
- d) Calculemos la pendiente que tiene la parcela a regar
- e) Indaguemos sobre datos de precipitación, temperatura y velocidad de viento (si existen más datos mucho mejor)
- f) Indaguemos sobre distanciamiento de siembra más utilizado en la zona para el cultivo establecido o a establecer.

EN PLENARIA:

El relator del grupo o a quien haya seleccionado el grupo se encargará de exponer las conclusiones de nuestro equipo de trabajo con respecto a la asignación.

Los integrantes del equipo de trabajo responderemos a inquietudes del plenario.

Los miembros de los grupos de trabajo debemos incorporar al informe los aportes obtenidos de otras exposiciones o señalamientos hechos por el plenario.

Con ayuda del docente se aclararán dudas que hayan surgido luego de la exposición.

E *Complementación*

TRABAJO INDIVIDUAL

- 1) Con ayuda de Internet o material bibliográfico de la biblioteca. Preparemos:
 - a) Inventario de riego en la circunscripción en que nos desempeñemos
 - b) Determinemos características principales de cada sistema de riego
 - c) Beneficios que hayan logrado los productores por el uso de los sistemas de riego

Podremos consultar a las autoridades locales, a funcionarios del Ministerio de Agricultura, del Instituto de Tecnología Agropecuaria (o su homólogo), a técnicos de organizaciones no Gubernamentales que trabajan en las comunidades y/o a cualquier otro actor local.

BIBLIOGRAFÍA

- BONILLA, J. (2004). Memoria II Bolsa Regional de oferta y demanda de tecnologías del agua. Managua.
- CAJINA, M.J. (2006). Alternativas de captacion de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del rio Aguas Calientes, Nicaragua.
- Centro de Investigaciones Multidisciplinaria en Desarrollo Rural (2011). Propuesta para Accion Colectiva en el Manejo de Recursos Naturales. Matagalpa-Nicaragua.
- Comision Nacional del Agua (CNA). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Mexico. Edicion 2007. ISBN: 978-968-817-880-5
- CHAVARRIA, F. (2007). Manual Practico de Riego y Drenaje. Matagalpa
- CHAVARRIA, F. (2009). Diseno de Relleno Sanitario para el municipio de San Ramon. Departamento de Matagalpa.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservacion de Recursos Naturales. Claves para la Taxonomia de Suelos. Decima Edicion, 2006
- GOYAL, M. R., RAMIREZ, V.H (2007). Manejo del Riego por Goteo. Universidad de Puerto Rico y Universidad de Santa Rosa de Cabal. 2da Edicion.
- INETER (2004). Informacion sobre normas historicas de precipitacion.
- MIFIC (1995). Norma tecnica para el diseno de abastecimiento y potabilizacion del agua. Nicaragua.
- UCA Jose Simeon Canas - AISF (2002). Tecnologias para el abastecimiento y saneamiento de agua en proyectos de cooperacion al desarrollo en zonas rurales. Modulo I. abastecimiento. San Salvador - El Salvador.



α LFA



EUROPEAID
CO-OPERATION OFFICE



Università degli Studi
Guglielmo Marconi
TELEMATICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO



Universidad Nacional
Autónoma de Nicaragua



Universidad de Valladolid