



Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos

Centro Agropecuario
"La Granja"
Regional Tolima



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

MANUAL DE PRÁCTICAS DE CAMPO Y DEL LABORATORIO DE SUELOS



Más trabajo

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE

SENA - REGIONAL

CENTRO AGROPECUARIO "LA GRANJA"

ESPINAL - TOLIMA

- 2013 -

Autor:

Juan Carlos Gómez Giraldo

Biólogo

Regional Tolima

Revisión técnica:

Manuel Ramiro Osorio Canal

Ingeniero Agrónomo

Regional Tolima

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
Práctica No 1: TOMA DE MUESTRAS DE SUELO	7
Definiciones:	7
Materiales:	10
Profundidad del muestreo	10
Recomendaciones para hacer un buen muestreo	11
Procedimiento	11
Toma de muestra indisturbada	13
Materiales	13
Procedimiento	14
Formato recepción de muestras para análisis en el laboratorio Centro agropecuario “la granja”	15
Práctica no 2: disposiciones generales del laboratorio y preparación de la muestra	16
Instrucciones Generales	16
Material básico del laboratorio	17
Uso de la balanza	22
Tarado de la balanza	22
Preparación de la muestra	22
Materiales	23
Procedimiento	23
Práctica No 3: CONTENIDO DE HUMEDAD GRAVIMÉTRICA	25
Materiales	26
Procedimiento	26
Cálculos	27
Práctica No 4: DETERMINACIÓN POTENCIOMÉTRICA DEL PH DEL SUELO	28
Materiales	28
Recomendaciones	29
Procedimiento	29
Práctica No 5: COLOR DEL SUELO POR EL MÉTODO MUNSELL	32
Procedimiento	32
Interpretación	33
Moteados	35
Práctica No 6: DENSIDAD APARENTE	36
Método del terrón parafinado	37
Materiales	37
Procedimiento	37
Cálculos	38
Método del cilindro	39
Procedimiento	39
Cálculos	39

Práctica No 7: DENSIDAD REAL MÉTODO DEL PICNÓMETRO	41
Materiales	41
Metodología	41
Cálculos	42
Práctica No 8: TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYOCOS	44
Materiales	45
Procedimiento	45
Cálculos	47
Práctica No 9: DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS ESTABLES AL AGUA POR EL MÉTODO DE YODER	50
Materiales	52
Procedimiento	52
Cálculos	54
Práctica No 10 ESTABILIDAD DE AGREGADOS METODO DEL TAMIZADO EN HÚMEDO	56
Materiales	56
Procedimiento	57
Calculos	58
Práctica No 11 POROSIDAD DEL SUELO Y RETENCIÓN DE HUMEDAD	59
Calculo de la porosidad total	59
Interpretación de la porosidad	60
Distribución de poros por tamaño y retención de humedad a bajas presiones en mesa de tensión	60
Materiales	61
Procedimiento	61
Cálculos	63
Practica No 12 CATIONES INTERCAMBIABLES DEL SUELO (Ca, Na, Mg, K) POR ABSORCIÓN ATÓMICA	65
Materiales	66
Extracción	67
Preparación de las curvas	67
Determinación	68
Práctica No 13: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS MENORES (Cu, Zn, Fe, Mn) POR ABSORCIÓN ATÓMICA	69
Materiales	69
Curvas	69
Determinación	69
Práctica No 14 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO MÉTODO DEL ACETATO DE AMONIO	70
Materiales	70
Procedimiento	70
Cálculos	71
Saturación de bases	71

Práctica No 15: MATERIA ORGÁNICA MÉTODO POR TITULACIÓN DE WALKLEY – BLACK	72
Materiales	73
Procedimiento	73
Cálculos	74
DETERMINACIONES EN CAMPO	75
Práctica No 16: VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (Juego de anillos infiltrómetros)	75
Materiales	75
Procedimiento	76
Cálculos	78
Modelo de Kostiakov para determinar velocidad de infiltración	78
Materiales	81
Procedimiento	81
Cálculos	82
Práctica No 17: HUMEDAD VOLUMÉTRICA (Sonda para la determinación de humedad)	83
Materiales	83
Procedimiento	83
Práctica No 18: RESISTENCIA MECANICA (Penetrologger)	84
Materiales	84
Procedimiento	84
Cálculos	87
Práctica No 19: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA POR EL MÉTODO DEL POZO BARRENADO	88
Materiales	88
Procedimiento	89
Cálculos	91
Práctica no 20: DENSIDAD APARENTE MÉTODO DEL CONO DE ARENA	93
Materiales	93
Procedimiento	93
Cálculos	94
Práctica No 21: INDICE DE CONTENIDO DE CLOROFILA (Clorofilómetro)	95
Materiales	95
Procedimiento	95
Práctica No 22: NIVELES DE LUZ FOTOSINTÉTICA (Luxómetro)	97
Procedimiento	97
BIBLIOGRAFÍA	98
WEBGRAFÍA	100

INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo ha sido definida por la Sociedad de Ciencias del Suelo de América como “ la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar, dentro de los límites de los ecosistemas naturales, para sostener la productividad vegetal y animal, mantener y/o mejorar la calidad del agua y del aire, y apoyar la salud y la vivienda”.

Esta funcionalidad del suelo varía dependiendo del interés del observador: para los administradores puede significar la capacidad del suelo de mejorar la productividad y mantener los recursos del suelo para el futuro; para los conservacionistas mantener los recursos del suelo y la protección del medio ambiente; para los consumidores la producción de alimentos sanos y de bajo costo; para los ambientalistas la capacidad de sustentar la biodiversidad, la calidad del agua, el ciclo de nutrientes y la producción de biomasa.

La calidad del suelo, entonces, es cada vez más aceptada como un indicador integral de la calidad ambiental, seguridad alimentaria y viabilidad económica. Por lo tanto es un indicador ideal de la gestión sostenible de la tierra.

Por este motivo, se hace indispensable conocer en qué estado y que tan funcional es un suelo para así tomar las decisiones pertinentes de uso y manejo; de esta manera el análisis de suelos entra a jugar un papel importantísimo en los diagnósticos de calidad ya que es éste el que nos va a permitir reconocer de manera puntual cada una de las características físicas y químicas.

El principal objetivo de este manual es recopilar todas las pruebas químicas, físicas y de campo que se realizan en el laboratorio de suelos del Centro Agropecuario La Granja de una manera ilustrada y didáctica para ponerlas a disposición de los aprendices de los diferentes programas de formación con el fin de que apropien los protocolos y reconozcan la importancia que tiene el análisis de suelo en el mejoramiento de las cadenas productivas agropecuarias del país.

Práctica No 1: TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

La Toma de Muestras en estadística involucra seleccionar de la población total un subconjunto de individuos y las mediciones realizadas a este subconjunto (o muestra), se utilizarán para estimar las propiedades de la población total. El muestreo es inherente a cualquier programa de investigación de campo en la ciencia del suelo porque la medición de la población total es imposible para cualquier estudio realista. Por ejemplo, incluso un solo campo 10 hectáreas contiene cerca de 100.000 m² de suelo, y el muestreo de toda la población sería más una obsesión antinatural que un objetivo científico. El diseño muestral implica la selección del método más eficiente con el fin de que las muestras que se van a utilizar para estimar las propiedades de la población sean representativas. El diseño de la muestra define cómo seleccionar los elementos específicos de la población, y estos elementos muestreados forman la población de la muestra.

Definiciones:

- **Muestra compuesta:** Es una mezcla de varias submuestras obtenidas a partir de la toma en distintos sitios representativos de un lote con el fin de asegurar una información promedio del nivel de fertilidad. La toma de una muestra compuesta se realiza por la metodología más conveniente de acuerdo a la características del terreno
- **Terrenos sin pendiente o con una pendiente reducida:** Se recomienda hacer un muestreo en transectos paralelos los cuales formaran una red cuadrícula (ver figura 1)

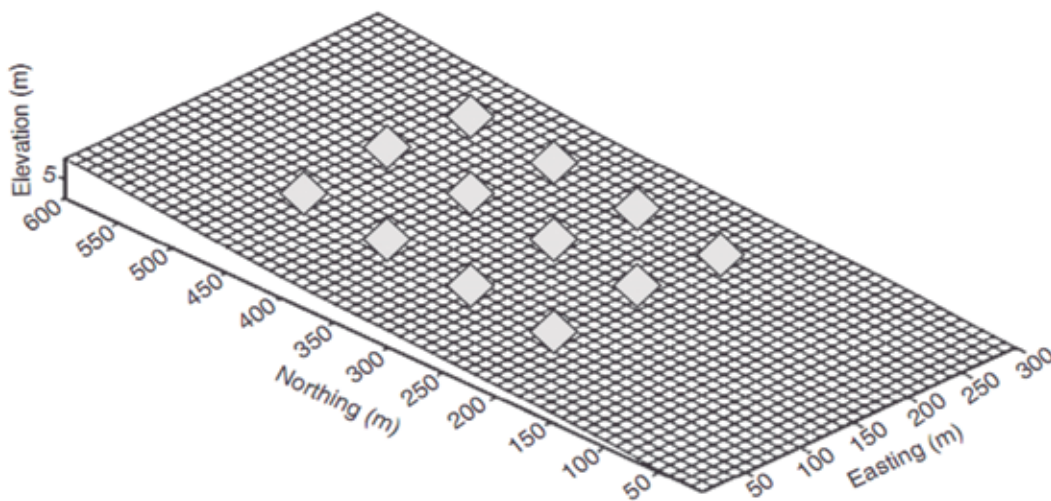


Fig. 1: Ejemplo de un diseño de muestreo con cuadrícula compuesta por cuatro transectos paralelos en una superficie nivelada. Las muestras de suelo se tomarán en cada punto marcado con un rombo. (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

- **Terrenos con pendientes pronunciadas:** Es muy utilizado el muestreo en un solo transecto a través de la pendiente o en varios transectos paralelos en una red cuadrícula (Figura 2 y 3)

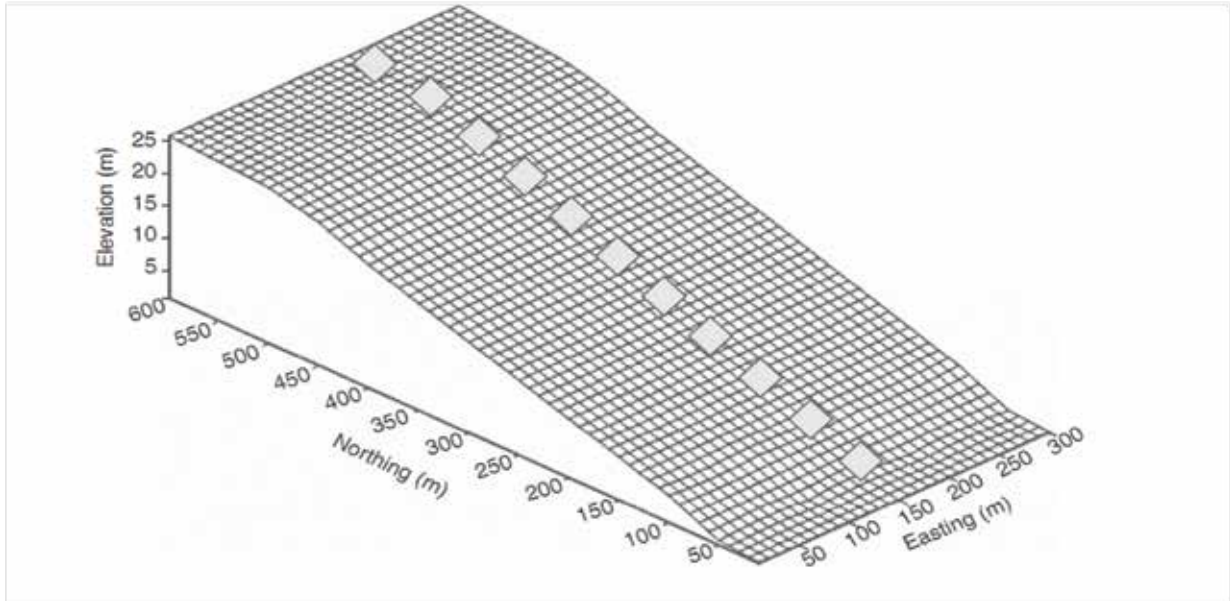


Fig. 2: Ejemplo de un diseño de toma de muestras transecto en una superficie inclinada, a través de la pendiente. (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

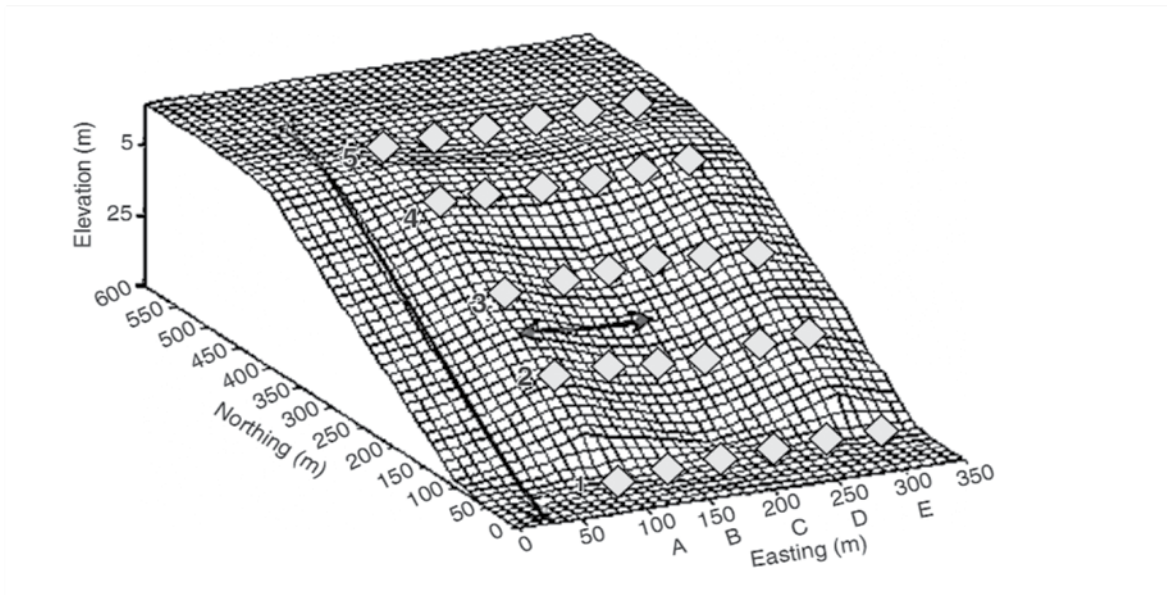


Fig. 3: Ejemplo de un diseño de muestreo en cuadrícula compuesta por seis transectos paralelos sobre una superficie inclinada a través la pendiente. La flecha orientada cuesta abajo delimita la longitud de la pendiente a lo largo del eje de la red, y la flecha a través de la pendiente indica la longitud mínima del eje de la red. (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

- **Muestreo aleatorio:** En el muestreo aleatorio muestras preferiblemente individuales se recogen en lugares al azar del terreno. Estos lugares aleatorios se pueden generar con un GPS o con un patrón de muestreo zigzag (fig 4)

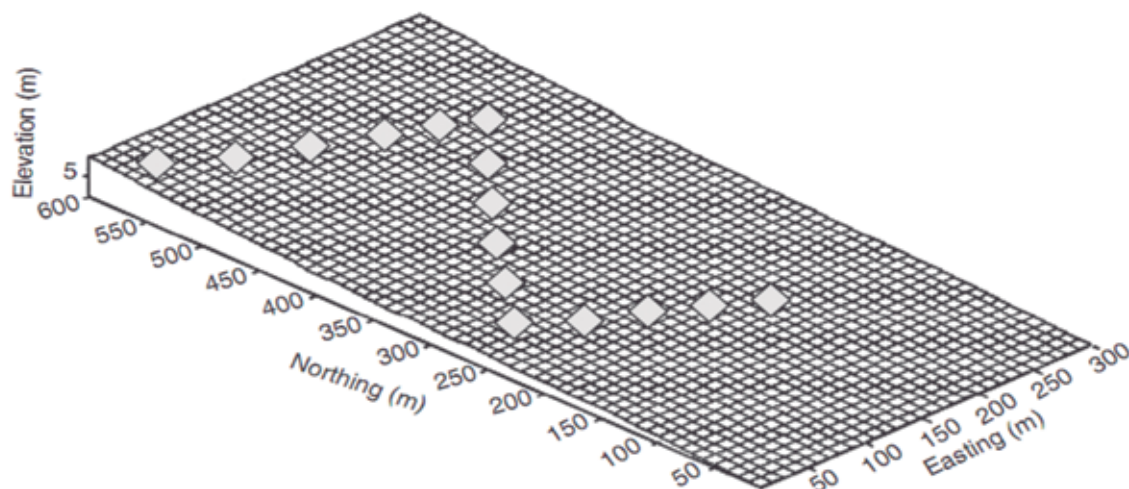


Fig. 4: Ejemplo de un diseño de muestreo en zigzag (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

- **Área homogénea de terreno:** es el área que presenta características similares en toda su extensión, en cuanto a color, textura, relieve, manejo del terreno, entre otros; que permite obtener resultados de análisis químicos y físicos de laboratorio, coherentes con la producción obtenida en ese lote y de esta forma permita predecir y diagnosticar adecuadamente la fertilidad del suelo.
- **Muestra simple:** Es una muestra que se toma a cada horizonte del suelo. También se considera muestra simple la que se toma en cada cuadrícula de una red rígida o sistémica que se analiza por separado en el laboratorio para determinar variaciones en las condiciones del suelo de un mismo lote. Este tipo de muestreo es el que se impone actualmente ya que a partir de éste obtenemos resultados más puntuales y exactos sobre las características del suelo de un cultivo. La figura 5 ilustra cómo a partir del análisis de textura de muestras simples se halla la variación en los porcentajes de arena en un mismo lote.

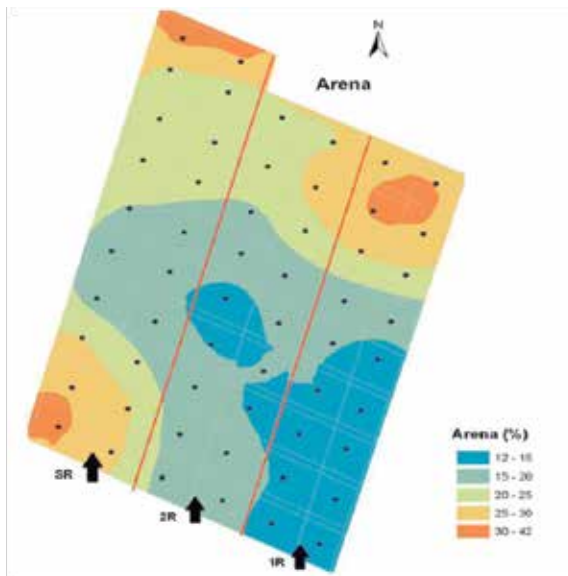


Fig. 5: contenido de arena de un lote a partir de análisis de muestras simples tomadas en una red cuadrícula

Materiales:

- Barreno Edelman
- Machete
- Balde plástico
- Bolsas plásticas
- Marcadores
- Cinta de papel
- Libreta de apuntes

Profundidad del muestreo:

TIPO DE CULTIVO	PROFUNDIDAD MUESTREO
Praderas y Terrenos con césped	0 a 10 ó 15 cm
Cultivos con Labranza Tradicional Para conocimiento de Fertilidad en general Para Recomendación de Fertilización (Presiembra o en Cultivo). Praderas - Soja	Sólo capa arable: 0 a 15-20 cm
Cultivos con Labranza Tradicional Trigo - Maíz - Girasol - Sorgo - Verduras	1 capa: 0-20 cm 2 ó 3 capas: 0-20 / 20-40 / 40-60cm
Cultivos con siembra directa Para estudios de rutina Para estudios detallados	Igual a Labranza tradicional 3 capas: 0-5 / 5-20 / 20-40 cm
Frutales y forestales	Suelo y subsuelo en 2 ó 3 capas: 0-30 / 30-60 cm ó 0-20 / 20-40 / 40-60 cm

Tomado de: Instructivo para la toma de muestra en análisis de suelo, complejo de laboratorio BCR

Recomendaciones para hacer un buen muestreo

Se debe procurar que las muestras de suelo lleguen al laboratorio en doble bolsa plástica sellada y marcada, la identificación debe ir en medio de las dos bolsas, pues allí la información se mantiene y no se borra. Cada muestra debe contar con el formato de solicitud de análisis completamente diligenciado. Las muestras no deben empacarse en bolsas que hayan sido usadas con fertilizantes o sustancias químicas, no se debe dejar caer cenizas de cigarrillo al manipular las muestras.

Cuando se hace muestreo de áreas sembradas con especies frutales o forestales, se prefiere hacer el muestreo en el área de gotera del árbol

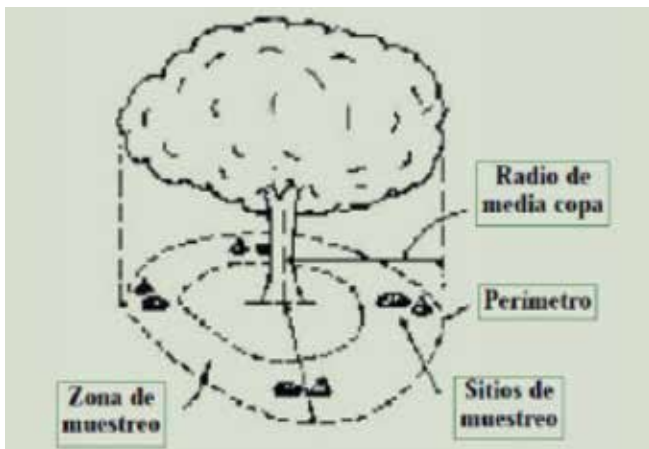


Fig. 6: zona de muestreo en perennes

Cuando realice el muestreo evite los siguientes lugares:

- A orillas de cercas o caminos.
- Donde se carga o descarga ganado, fertilizantes u otros agentes químicos.
- Donde se acumulan materiales vegetales o estiércol.
- Donde se haya quemado recientemente
- En canales, zanjas o cortes de carretera.

Procedimiento:

1. Limpiar aproximadamente 3 cm de la superficie del terreno con el machete en cada punto para eliminar los residuos frescos de materia orgánica, polvo de la carretera u otros contaminantes artificiales.



2. Introducir el barreno haciéndolo girar hacia la derecha. El barreno holandés tiene la capacidad de tomar la muestra en los 0 – 20cm de suelo.



3. Retire el barreno en forma vertical y sin girarlo tomándolo con la articulación del codo.



4. Depositar la muestra de suelo en un balde plástico limpio de impurezas como fertilizantes, cales, estiércoles, cemento etc. Repetir la operación hasta obtener aproximadamente 1 Kg de muestra de suelo. Evitar tocar la muestra de suelo con la mano.



5. Cuando se recolecte la cantidad deseada de suelo; poner la muestra en bolsa plástica, colocar la identificación y sellarla de manera segura.





6. Llevar la bolsa con la muestra de suelo y su respectiva rotulación al laboratorio

7. Diligenciar el formato de solicitud de análisis de muestra del laboratorio (ver el anexo)



8. Ponga la muestra en una bandeja plástica de secado, rotule la bandeja y déjela al aire por tres o más días hasta que la muestra de suelo se seque.

Toma de muestra indisturbada

La muestra indisturbada de suelos es aquella que tomamos sin modificar la estructura interna del mismo; es indispensable contar con un barreno especial para este muestreo y los anillos biselados.

Este tipo de muestra nos permite realizar una amplia gama de determinaciones físicas en el laboratorio entre las que podríamos nombrar la densidad aparente, humedad gravimétrica, curva de retención de humedad, conductividad hidráulica, entre otros.

Materiales:

- Barreno UHLAND
- Anillos metálicos biselados
- Martillo de goma
- Navaja



Procedimiento:

1. Introduzca el anillo biselado dentro del cilindro del barrenador cuidando que el bisel quede hacia abajo



2. Acople el sistema al barrenador cuidadosamente sin dañar los empaques y asegúrelo por donde lo indica la imagen.



3. Dirijase al sitio de muestreo y disponga el barrenador en forma perpendicular al suelo, introdúzcalo lo más recto posible con la ayuda de un martillo de goma.



4. Retire el barrenador cuidadosamente y desensámblelo para retirar el anillo, tape el anillo por ambos lados sin hacer presión o compactación sobre la muestra, fíjese en el número del anillo y tome los datos respectivos.



5. Con la ayuda de una navaja, usándola con sumo cuidado y en posición perpendicular al anillo, retire la cantidad necesaria de muestra para que el volumen de suelo quede perfectamente del tamaño del cilindro.



Formato recepción de muestras para análisis en el laboratorio Centro agropecuario “la granja”

Fecha de recepción:	No de registro:
---------------------	-----------------

Datos del solicitante:

Nombre:	Email:	Tel:
Empresa:	Dirección:	

Datos de la muestra:

Municipio:	Vereda:	Finca:	Lote:
Profundidad de la muestra (cm):		Altura (msnm):	
Precipitación promedio (mm):		Topografía del lote (plana, ondulada, pendiente):	
Drenaje (bueno, regular, malo):		Cultivo actual	
Rendimiento última cosecha:		Fertilizantes:	Riego:

Análisis solicitado:

<input type="checkbox"/> Humedad	<input type="checkbox"/> Retención de humedad
<input type="checkbox"/> Textura	<input type="checkbox"/> Distribución de tamaños estables al agua
<input type="checkbox"/> pH	<input type="checkbox"/> Cationes intercambiables (Na, Mg, K)
<input type="checkbox"/> Densidad aparente	<input type="checkbox"/> Elementos menores (Cu, Zn, Fe y Mn)
<input type="checkbox"/> Densidad real	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica
<input type="checkbox"/> Porosidad	<input type="checkbox"/> CIC

Muestra entregada por:	Firma
Muestra recibida por:	Firma

Práctica no 2: disposiciones generales del laboratorio y preparación de la muestra

Instrucciones Generales:

Para el desarrollo de la práctica es conveniente tener en cuenta algunas normas elementales que deben ser observadas con escurpulosidad.

- Estar a tiempo en el laboratorio y usar la bata blanca durante toda la práctica.
- No usar cachuchas en el laboratorio.
- Mantener apagados los celulares durante el laboratorio.
- El laboratorio de suelos es un lugar donde se aprende mediante la observación y experimentación, es un sitio de trabajo serio.
- Lea cuidadosamente las instrucciones de cada práctica. **NUNCA LLEGUE SIN SABER LO QUE VA A HACER.**
- El material de las prácticas es propiedad del SENA, por lo tanto debe manejarse con cuidado y una vez usado debe devolverse en buen estado.
- No coma, beba o se aplique cosmético en el laboratorio.
- Antes de realizar cualquier práctica debe leerse detenidamente para adquirir una idea clara de su objetivo, fundamento y técnica.
- El orden y la limpieza deben persistir siempre en las prácticas del laboratorio. En consecuencia, al finalizar cada práctica se procederá a limpiar todo el material utilizado.
- Antes de utilizar cualquier compuesto hay que fijarse en la etiqueta para asegurarse de que es el que se necesita y de los posibles riesgos de su manipulación.
- No devolver nunca a los frascos de su origen los sobrantes de los productos utilizados sin antes consultar con el instructor.
- No tocar con las manos y mucho menos con la boca los productos químicos.
- Cuando se manejan productos corrosivos (ácidos) deberá hacerse con cuidado para evitar que salpiquen el cuerpo o los vestidos. Nunca se verterán bruscamente en los tubos de ensayo, sino que se dejarán resbalar suavemente por la pared.
- Cuando se quiera diluir un ácido, nunca se debe adicionar agua sobre ellos; siempre al contrario: ácido sobre agua.
- Cuando se enrasa un líquido con una determinada división de escala graduada debe evitarse el error de paralaje levantando el recipiente a la altura del ojo.
- Cualquier material de vidrio no debe enfriarse bruscamente justo después de haberlos calentado para evitar roturas.
- Lávese las manos con agua y jabón una vez finalizada la práctica.
- Si no tiene claro lo que va a hacer, pregunte; **NO IMPROVISE.**

Material básico del laboratorio:

Para desarrollar un trabajo en el laboratorio, primero hay que conocer bien los implementos y materiales que vamos a utilizar, su correcto uso y función. Esto permite realizar el trabajo de forma eficiente ágil y amena.

Bandeja de secado: Bandeja plástica en la que se extiende la muestra de suelo para que se seque al aire.



Balanza Instrumento usado para medir la masa de los cuerpos. Las balanzas de precisión se colocan dentro de cajas de cristal para protegerlas del polvo y evitar pesadas incorrectas por corrientes de aire.



Tamiz: Es una malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos aberturas cuadradas. Es importante que las aberturas tengan todos el mismo tamaño, ya que determinará el tamaño de lo que va a atravesar el hueco, también conocido como "luz de malla".



Estufa de secado: Es un equipo que utilizamos para determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo, debe programarse a 105° C y se dejará la muestra de suelo por 24 horas.



pHmetro: El pH-metro es un sensor que mide el potencial eléctrico de una sustancia y lo relaciona con la cantidad de iones de hidrógeno



Gradilla y tubo de ensayo: Sirven para hacer pequeños ensayos en el laboratorio. Se pueden calentar, con cuidado, directamente a la llama. Se deben colocar en la gradilla y limpiarlos una vez usados, se colocan invertidos para que escurran. Si por algún experimento se quiere mantener el líquido, se utilizan con tapón de rosca.



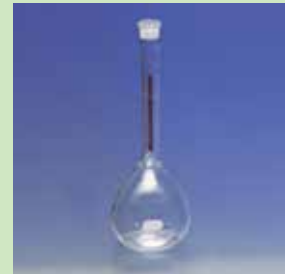
Probeta: Sirve para medir volúmenes y las hay de capacidades diferentes; en el laboratorio de suelos la probeta de 1000 es también usada para la determinación de la textura por el método de Bouyoucos.



Micropipeta: Es un instrumento de laboratorio empleado para absorber y transferir pequeños volúmenes de líquidos y permitir su manejo en las distintas técnicas científicas.



Balón aforado: Material de vidrio para medir volúmenes con gran precisión. Existen de capacidades muy variadas: 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1.000 ml. Sólo mide el volumen que se indica en el balón. No se puede calentar ni echar líquidos calientes. El enrase debe hacerse con exactitud, procurando que sea la parte baja del menisco del líquido la que quede a ras de la señal de aforo. Se emplea en la preparación de disoluciones.



Papel filtro: sirve para filtrar, se coloca sobre el embudo de vidrio y el líquido atraviesa el papel por acción de la gravedad





Bureta y soporte universal: La bureta es un material de vidrio para medir volúmenes con toda precisión. Se emplea, especialmente, para valoraciones. La llave sirve para regular el líquido de salida. Manejo: 1) se llena con la ayuda de un embudo. 2) los líquidos han de estar a la temperatura ambiente. 3) el enrase debe hacerse con la bureta llena (aunque también se puede enrasar a cualquier división), tomando como indicador la parte baja del menisco. 4) la zona que hay entre la llave y la boca de salida debe quedar completamente llena de líquido.



Pipeta: Recipientes de vidrio para medir volúmenes, son de gran precisión. Las hay de capacidades muy diferentes: 1'0, 2'0, 5'0, 10'0..... ml. En cuanto a la forma de medir el volumen, podemos distinguir entre: graduadas: sirven para poder medir cualquier volumen inferior al de su máxima capacidad o de enrase (sólo sirven para medir el volumen que se indica en la pipeta



Termómetro: El termómetro infrarrojo determina la temperatura de un objeto al conocer la cantidad de energía infrarroja emitida por el objeto y su emisividad.



Erlenmeyer: Matraz de vidrio donde se pueden agitar disoluciones, calentarlas (usando rejillas), etc. Las graduaciones sirven para tener un volumen aproximado. En una valoración es el recipiente sobre el cual se vacía la bureta.



Picnómetro: Picnómetro, aparato que se utiliza para determinar las densidades de distintas sustancias. También se conoce como frasco de densidades. Consiste en un pequeño frasco de vidrio de cuello estrecho, cerrado con un tapón esmerilado, hueco y que termina por su parte superior en un tubo capilar con graduaciones



Frasco lavador: Recipientes en general de plástico (también pueden ser de vidrio), con tapón y un tubo fino y doblado, que se emplea para contener agua destilada o desionizada. Se emplea para dar el último enjuague al material de vidrio después de lavado, y en la preparación de disoluciones. Estos frascos nunca deben contener otro tipo de líquidos. El frasco sólo se abre para rellenarlo.



Crisol: Suele ser de porcelana, de un metal inerte o de algún tipo de material refractario. Se utiliza para calcinar o fundir sustancias. Se calienta a fuego directo. Es similar a las cápsulas.



Densímetro: es un instrumento de medición que sirve para determinar la densidad relativa de los líquidos sin necesidad de calcular antes su masa y volumen. Normalmente, está hecho de vidrio y consiste en un cilindro hueco con un bulbo pesado en su extremo para que pueda flotar en posición vertical.



Embudo analítico: Se emplea para trasvasar líquidos o disoluciones de un recipiente a otro y también para filtrar, en este caso se coloca un filtro de papel cónico o plegado.



Pera pipeteadora: Una propipeta es un instrumento de laboratorio que se utiliza junto con la pipeta para trasvasar líquidos de un recipiente a otro evitando succionar con la boca líquidos tóxicos, venenosos, corrosivos, con olores muy fuertes o que emitan vapores.





Pinzas: es una máquina-herramienta simple cuyos extremos se aproximan para sujetar objetos que no se pueden tocar con las manos como cápsulas taradas u objetos caliente



Desecador: Recipiente de vidrio que se utiliza para evitar que los solutos tomen humedad ambiental. En donde hay una placa en la que se coloca el soluto y un deshidratante en la base que por lo general es sílica gel



Equipo de tamizado en húmedo: Equipo Neumático para realización de prueba de estabilidad de agregados al agua, por método de Yoder



Mesa de arena: Equipo que aplica diferentes tensiones de pF a muestras de suelo con el fin de determinar el agua disponible para plantas y árboles



Espectrofotómetro de absorción atómica: Este equipo mide la absorbancia de una radiación electromagnética a una longitud de onda característica de un elemento a medir. Es necesario para la medida que el elemento se encuentre en su forma atómica. Para ello se realiza una excitación con una llama de Acetileno/Aire o Acetileno/N₂O.



Uso de la balanza

Para efectuar el pesado hay que tener en cuenta:

- No pesar las sustancias directamente sobre el plato de la balanza.
- Utilizar un recipiente limpio y seco: un vidrio de reloj o un recipiente lo más pequeño posible.
- El recipiente y la carga que se han de pesar tienen que estar a la misma temperatura que el entorno.
- Colocar el material que se quiere pesar en el centro del plato de la balanza.
- Al acabar el proceso de medida, retirar la carga del plato de la balanza.

Tarado de la balanza

Tara significa peso muerto o impedimento. Cuando se pesa en una balanza, Tarar regularmente significa eliminar el peso del recipiente en el que está contenida la sustancia para que solo obtenga el peso de interés.



Conecte y encienda la balanza



Coloque el recipiente en el que va a realizar el pesado en el plato de la balanza y a continuación oprima el botón de tarado. En la pantalla debe aparecer el valor 0.0.

Preparación de la muestra:

El objetivo de la preparación es homogeneizar la muestra de suelo para ser usada en los análisis químicos y físicos. Estos análisis generalmente se realizan con la fracción fina de suelo (<2 mm), la cual se ha secado a una temperatura no superior a 40° C, hasta masa constante, constituyendo lo que se denomina "suelo seco al aire". Las ventajas de usar el suelo seco al aire consisten en que generalmente posee un contenido de humedad óptimo para manipularlo y procesarlo, la masa de suelo seco al aire permanece relativamente constante y la actividad microbiana es baja durante el almacenaje.

Materiales:

- Martillo de madera o de otra superficie suave, o tapón de goma.
- Bandejas.
- Tamiz de acero inoxidable o de otro material inerte, con orificios de 2 mm.
- Bolsas o frascos de plástico con tapa para almacenar las muestras.

Procedimiento:

1. Homogenice bien la muestra de terreno, disgregando los terrones manualmente o mediante presión con un martillo de madera o un tapón de goma, eliminando las piedras y los residuos vegetales de mayor tamaño tales como raíces gruesas.



2. Separe una fracción de al menos 500 g de la muestra de terreno (en adelante muestra de laboratorio o simplemente muestra de suelo), esparcirla sobre una bandeja plástico.

3. Ponga la muestra a secar al aire, dejando la bandeja en un ambiente ventilado libre de contaminación .



4. Tamice la muestra a través del tamiz de 2 mm. Los terrones que no pasan por el tamiz se disgregan en un mortero y se tamizan nuevamente. Los fragmentos orgánicos y grava que permanecen en el tamiz se eliminan, a menos que se requiera conocer el porcentaje de grava.

5. La muestra de fracción <2 mm se homogeniza y se almacena en una bolsa o frasco plástico y constituye la muestra de suelo seco al aire que se somete a los procedimientos analíticos usuales. El remanente de la muestra de terreno se almacena en una bolsa plástica y permanece como contramuestra.

Utilice una tabla en la cual pueda consignar de forma ordenada todos los resultados de las pruebas que va a realizar en el laboratorio a las muestras

Práctica No 3: CONTENIDO DE HUMEDAD GRAVIMÉTRICA

El suelo está compuesto por tres fases principalmente; fase sólida, constituida por los productos del proceso de intemperización de la roca madre, minerales y materia orgánica; la fase gaseosa está formada principalmente por aire y vapor de agua, y la fase líquida, una solución acuosa de composición química variable que llena parte o la totalidad de los espacios porosos.

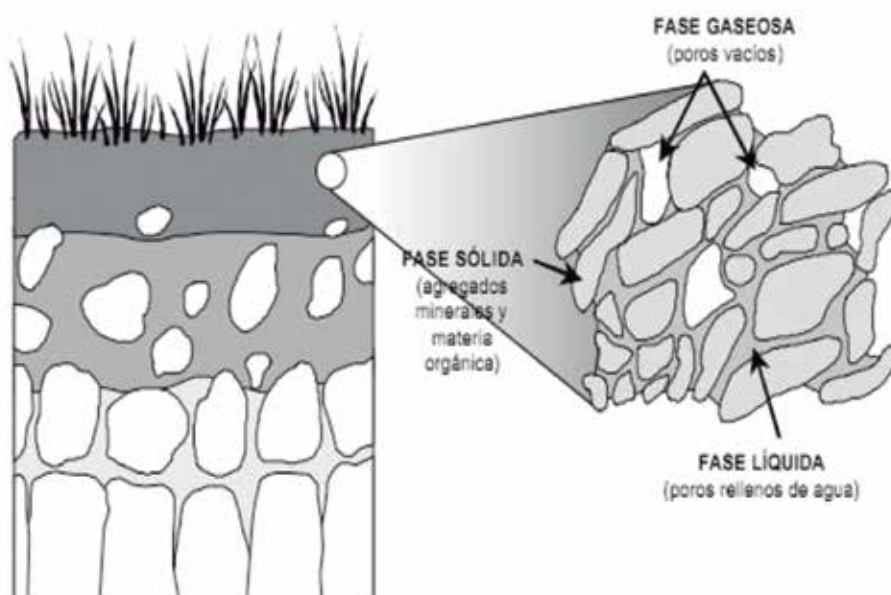


Figura 2-1. Esquema de las fases del suelo.

Fig 7: composición general del suelo (Fuente: Jordán 2005)

Esta fase líquida, la humedad, es uno de los factores más importantes que afecta la producción de las cosechas. Las plantas requieren una cantidad adecuada de ella y varía de acuerdo a la especie y al estado de crecimiento o desarrollo. El suelo es capaz de almacenar una cantidad limitada de agua, y de ésta, solo una parte es utilizada por las plantas. Por ello es esencial conocer el contenido de agua por unidad de masa o volumen de suelo; de esta forma obtenemos valiosa información para poder entender muchas de las propiedades químicas, mecánicas e hidrológicas del suelo que afectan el crecimiento y el desarrollo de los cultivos. Además, esta información sirve de guía para lograr un riego eficiente que repongan el suelo la humedad requerida por las plantas.

La humedad del suelo influye en muchas propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua y color del suelo. La humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas del perfil. Se entiende por humedad del suelo a la relación entre la masa de agua presente en una muestra y la masa de la muestra después de que se ha secado hasta peso constante.

Materiales:

- Balanza
- Estufa de secado
- Recipientes de aluminio

Procedimiento:

1. Tare la balanza, y con mucho cuidado de no regar partículas; pese 10g de suelo secado al aire.



2. Pese una cápsula o recipiente de aluminio vacía; aquí es donde vamos a poner la muestra de suelo a secar en la estufa por 24 horas.



3. Coloque el suelo en este recipiente y llévelo a la estufa de secado por 24 h a una temperatura de 105° C.



4. Apague la estufa y permita que la muestra se enfríe en un desecador o dentro de la estufa para evitar que la muestra vuelva a incorporar agua

5. Vuelva a tomar el peso de la muestra dentro de la cápsula o recipiente

6. Repetir el proceso hasta llegar a peso constante

Práctica No 4: DETERMINACIÓN POTENCIOMÉTRICA DEL PH DEL SUELO

La importancia de medir el pH de un suelo radica en la disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas, pues, muchos nutrientes tienen su máxima solubilidad en un rango entre 6 y 7 decreciendo por encima y por debajo de tal rango.

El pH del suelo está influenciado por la composición y naturaleza de los cationes intercambiables, la composición y naturaleza y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalinos- térreos.

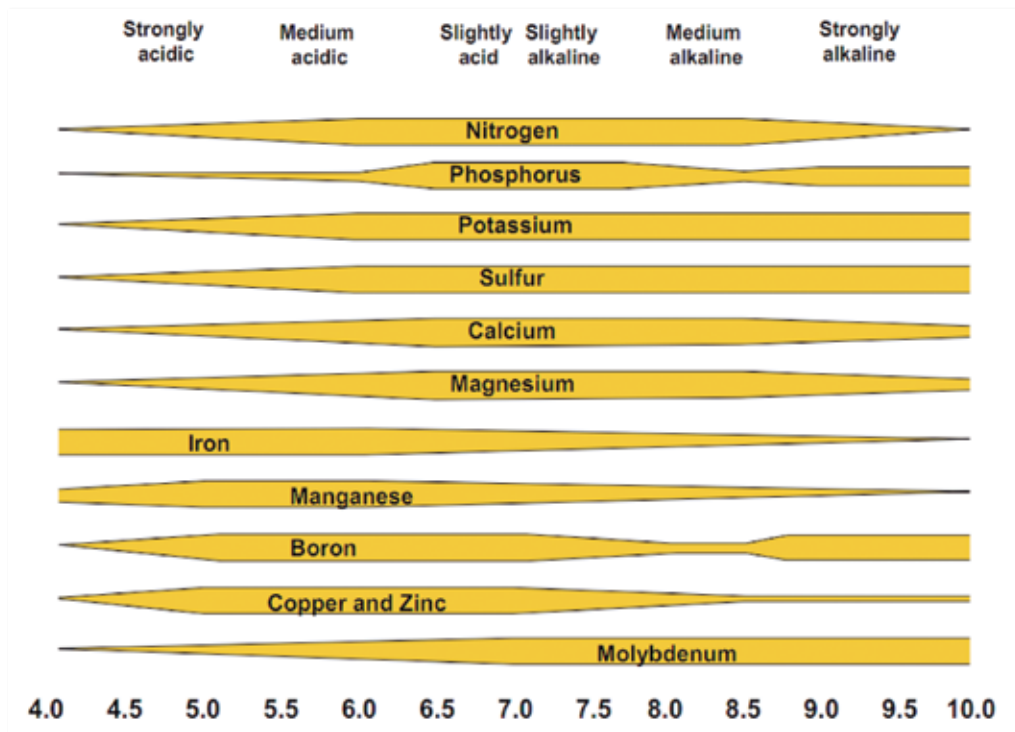


Fig 8: El pH del suelo se encuentra en un rango de 4,5 a 9,0. A medida que cambia el nivel de pH, también lo hace la disponibilidad de nutrientes. En la figura, cuanto mayor sea la barra, más disponible se encuentran los nutrientes (Fuente: Cornell University)

Materiales:

- pHmetro
- agua destilada
- balanza
- frasco de vidrio
- soluciones buffer pH 4 y pH 7

Recomendaciones

Cuando el agua está contenida en una probeta, la superficie esta no aparece de forma horizontal, sino que, debido a la acción de la gravedad, por un lado, y al rozamiento del líquido con las paredes del recipiente, por otro, forma una superficie cóncava, denominada menisco.

Para efectuar la medición correcta de los 20 ml de agua en la probeta situaremos la base del menisco a la altura de los ojos; en caso contrario observaremos la base del menisco por encima o por debajo de la altura a la cual se encuentra realmente

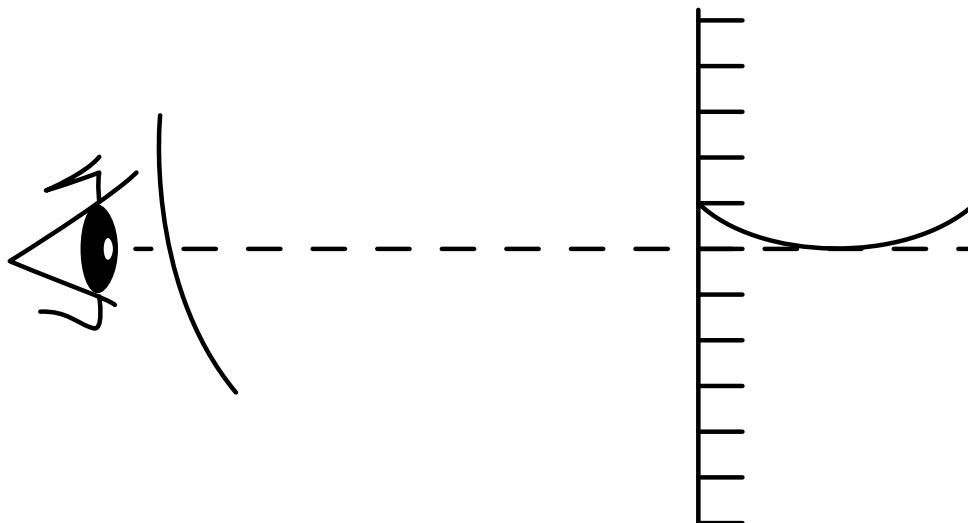


Fig. 9: Correcta observación para medir de volúmenes en una probeta

Procedimiento:

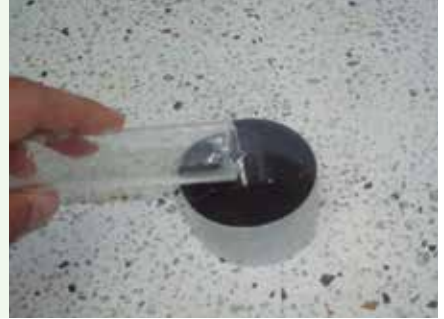
1. Pase el suelo por un tamiz de 2mm



2. pese 20g de suelo seco y tamizado y póngalo en un frasco para hacer la medición



3. mida 20 ml de agua destilada en una probeta y adiciónelos al suelo



4. Agite con una varilla de vidrio para homogenizar y deje en reposo por 30 minutos



5. Encienda el pHmetro y calíbrelo con las soluciones buffer pH 7 y pH 4 (se recomienda sacar en un recipiente a parte una cantidad de buffer antes de calibrar el pH-metro con el fin de evitar contaminación).

6. Para calibrar el pHmetro, introduzca el electrodo limpio en la solución Buffer pH 7 y con el destornillador gire el tornillo de la izquierda (pH 7) hasta que la pantalla muestre el valor 7.00; retire el electrodo, lávelo con agua destilada y séquelo suavemente

7. Ahora introduzca el electrodo en la solución Buffer pH 4 y gire el tornillo de la derecha (pH 4/10) hasta que la pantalla muestre el valor 4.00





8. Con el pHmetro calibrado, proceda a hacer la medición: Agite la suspensión e introduzca el electrodo y espere hasta que la lectura se estabilice

9. Tome el dato de pH en su hoja de resultados

10. Si va a realizar varias mediciones, lave bien el electrodo con agua destilada después de cada medición.

11. Limpie el electrodo con agua destilada y disponga los residuos adecuadamente, no lo haga en el sifón.

HORTÍCOLAS	pH óptimo	FRUTALES	pH óptimo	EXTENSIVOS	pH óptimo
Acelga	6.0-7.5	Albaricoque	6.0-6.8	Alfalfa	6.5-7.8
Apio	6.1-7.4	Almendro	6.0-6.8	Algodón	5.0-6.2
Berenjena	5.4-6.0	Avellano	6.0-7.0	Arroz	5.0-6.5
Boniato	5.1-6.0	Café	5.0-7.0	Avena	5.2-7.1
Brócoli	6.0-7.2	Castaño	5.0-6.5	Batatas	5.3-6.5
Calabaza	5.6-6.8	Limonero	6.0-7.5	Cacahuete	5.3-6.5
Cebolla	6.0-7.2	Manzano	5.3-6.7	Caña de azúcar	6.0-7.8
Col	6.0-7.5	Melocotonero	5.3-6.8	Cáñamo	6.2-7.2
Coliflor	6.0-7.2	Membrillero	5.5-7.2	Cebada	6.4-7.8
Espárrago	6.3-7.5	Naranja	6.0-7.5	Dáctilo	5.6-7.2
Espinaca	6.3-7.1	Nogal	6.2-7.8	Girasol	6.0-7.2
Fresa	5.0-6.2	Olivo	6.0-7.8	Habas	7.4-8.1
Guisantes	5.9-7.3	Peral	5.6-7.2	Lenteja	5.0-7.0
Lechugas	5.8-7.2	Pino	5.0-6.0	Lino	5.5-7.5
Melón	5.7-7.2	Platanera	6.0-7.5	Maíz	5.5-7.5
Nabo	5.7-6.7	Pomelo	6.0-7.5	Mostaza	6.0-8.0
Pepino	5.7-7.2	Vid	5.3-6.7	Patatas	5.0-5.8
Pimiento	6.3-7.8			Soja	6.1-7.2
Rábano	6.1-7.4			Sorgo	5.8-7.5
Remolacha	6.0-7.6			Tabaco	5.5-7.3
Tomate	5.8-7.2			Trigo	5.5-7.2
Zanahoria	5.7-7.0				

Tabla 1: Rangos de pH óptimos para algunos cultivos (fuente: infoagro)

Práctica No 5: COLOR DEL SUELO POR EL MÉTODO MUNSELL

Una de las características morfológicas más importantes del suelo es el color, la más obvia y fácil de determinar, permitiendo identificar distintas clases de suelos. Es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso.



Para la determinación del color se emplea la tabla de colores Munsell. La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada matiz (Hue) específico que aparece en la parte superior derecha de la página. Cada hoja presenta una serie de plaquitas o "chips" diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (Value) y la pureza (Chroma).

Las divisiones de claridad (Value) se presentan en sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (Chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha.

Procedimiento:

La medición del color se realiza en el campo utilizando una muestra, bajo dos condiciones: seco y húmedo, identificando la condición física de la muestra (agregado de suelo separado, friccionado, triturado o triturado y alisado). Para describir el color se utilizan dos parámetros: a) el color Munsell y b) la notación Munsell, p. ej., marrón fuerte [7.5YR 4/8]:

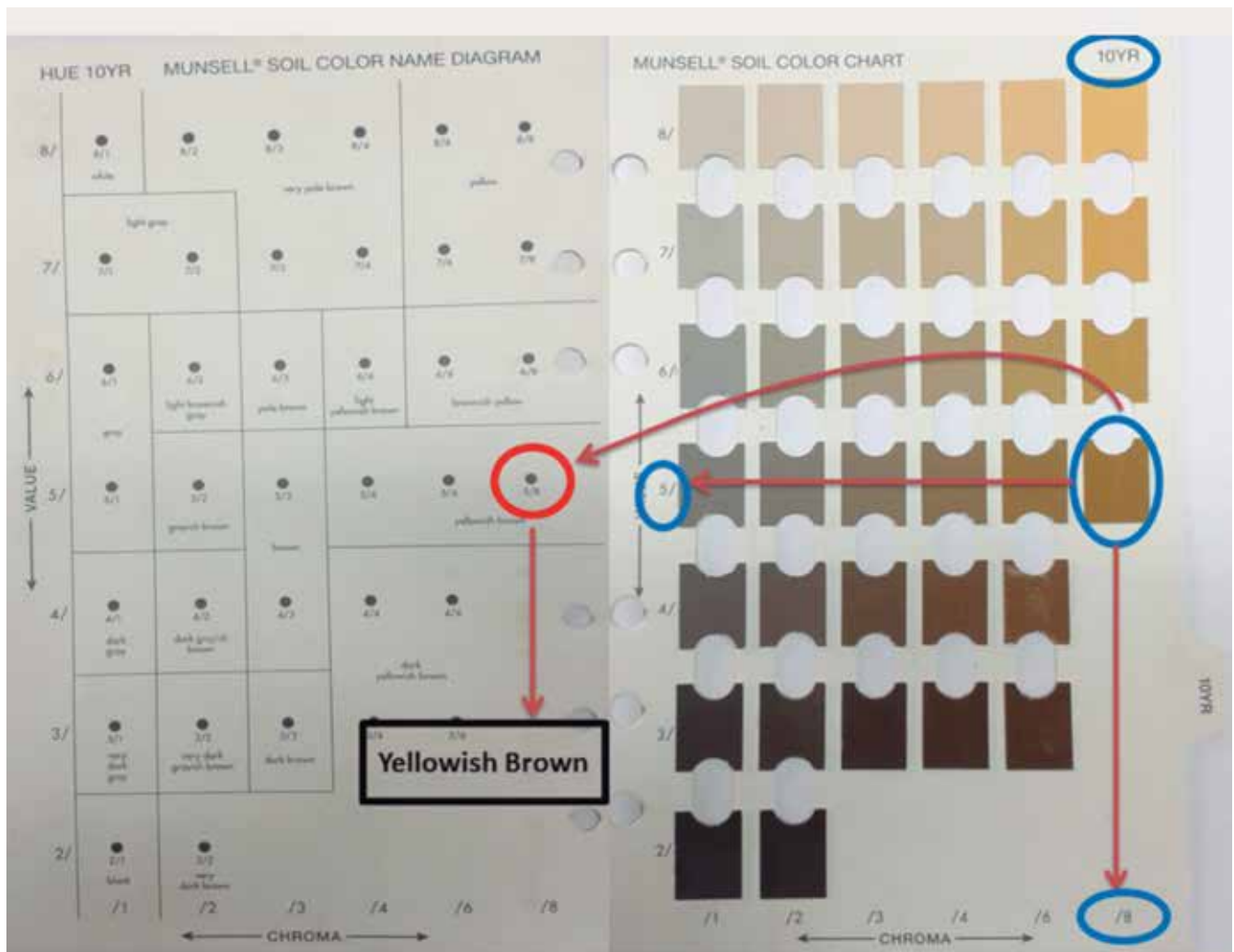


Fig. 10: Ejemplo de Identificación del color munsell (Pardo amarillento y notación munsell (10YR 5/8))

Interpretación:

Sobre la base del origen de los pigmentos del suelo y su relación con determinadas condiciones ambientales, la variedad de colores es la siguiente:

Color negro: Este color ha sido asociado con condiciones de buena fertilidad, buena estructuración y rica actividad biológica, se asocia a la incorporación de materia orgánica que se descompone en humus que da la coloración negra al suelo, este color por lo general está asociado a la presencia de Carbonatos de Ca^{2+} o Mg^{2+} más materia orgánica altamente descompuesta y otros cationes (Na^+ , K^+).

Color rojo: se asocia a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, alta liberación de Fe de las rocas; es indicativo de condiciones de alta meteorización, se asocia a niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos y ambientes donde predominan los procesos de oxidación

Color amarillo a marrón amarillento claro: por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación), Se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo. Se asocia con la presencia de Óxidos hidratados de Fe^{3+}

Color marrón: este color está muy asociado a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo; se relaciona con niveles medios a bajos de materia. En general se asocia con la ocurrencia de Materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.

Color blanco o ausencia de color: se debe fundamentalmente a la acumulación de ciertos minerales como calcita, dolomita y yeso, así como algunos silicatos y sales. También se asocia con la presencia de tierras alcalinas ($CaCO_3$, $MgCO_3$) Sales altamente solubles (cloruros, nitratos de Na^+ y K^+)

Color gris: puede ser indicativo del ambiente anaeróbico. Este ambiente ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o agotado el oxígeno del espacio poroso del suelo. Bajo estas condiciones las bacterias anaeróbicas utilizan el Fe^{3+} presente en minerales como la goetita y la hematita como un aceptor de electrones en su metabolismo.

Color verde: en algunos suelos con condiciones de mal drenaje se genera este color. También se asocia con la ocurrencia de Óxidos Fe^{2+} (incompletamente oxidados).

Color azulado: en zonas costeras, deltaicas o pantanosas donde hay presencia del anión sulfato, y existen condiciones de reducción (saturación con agua y agotamiento del oxígeno) adicionalmente, esta coloración se asocia con la presencia de Óxidos hidratados de Al (Aloisita) y fosfatos ferrosos hidratados (Vivianita).

Cuadro 1. Colores asociados con los componentes minerales y orgánicos del suelo.

Componente	Formula	Munsell	Color
Goetita	$FeOOH$	10YR 8/6	Amarillo
Goetita	$FeOOH$	7.5YR 5/6	marrón fuerte
Hematita	Fe_2O_3	5R 3/6	Rojo
Hematita	Fe_2O_3	10R 4/8	Rojo
Lepidocrocita	$FeOOH$	5YR 6/8	amarillo rojizo
Lepidocrocita	$FeOOH$	2.5YR 4/6	Rojo
Ferrihidrita	$Fe(OH)_3$	2.5YR 3/6	rojo oscuro
Glauconita	$K(Si_xAl_{4-x})(Al,Fe,Mg)O_{10}(OH)_2$	5Y 5/1	gris oscuro
Maghernita	$-Fe_2O_3$	2.5YR-5YR	Rojo
Sulfuro de hierro	FeS	10YR 2/1	Negro
Pirita	FeS_2	10YR 2/1	negro (metálico)
Jaroisita	$KFe_3(OH)6(SO4)_2$	5Y 6/4	amarillo pálido
Humus		10YR 2/1	Negro
Calcita	$CaCO_3$	10YR 8/2	Blanco
Dolomita	$CaMg(CO3)_2$	10YR 8/2	Blanco
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	10YR 8/3	marrón muy pálido
Cuarzo	SiO_2	10YR 6/1	gris claro

Fuente: modificado del NRCS-USDA (2002). Nota: esta información es de referencia ya que otros factores pueden influir sobre el color de suelo.

Moteados:

Los moteados son manchas de diferentes colores o sombras de color intercalado con el color dominante del suelo. Indican que el suelo fue sujeto a condiciones de alternancia entre mojado (reducción) y secado (oxidación). El moteado de la matriz del suelo se describe en términos de abundancia, tamaño, contraste, límite y color.

El color de los moteados también se describe de acuerdo a la tabla Munsell.

CLASIFICACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS MOTEADOS	
	%
Ninguno	0
Muy pocos	0 - 2
Pocos	2 - 5
Común	5 - 15
Muchos	15 - 40
Abundante	> 40

CLASIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LOS MOTEADOS	
	mm
Muy fino	< 2
Fino	2 - 6
Medio	6 - 20
Grueso	> 20

CLASIFICACION DEL CONTRASTE DE LOS MOTEADOS	
Débil	Los moteados son evidentes solo con observaciones al detalle. Los colores del suelo tanto en la matriz y moteados tienen la misma relación de matices, croma y valores similar
Distinto	Aunque no tan impresionante, los moteados son bien vistos. La matriz, croma y valor de la matriz son fácilmente distinguible de lo moteados. Pueden variar por más de 2.5 unidades de matiz y muchas unidades en croma o valor
Prominente	El moteado es uno de los rasgos más prominentes del horizonte. El matiz, croma y valor; tanto solos como en combinación son al menos varias unidades aparte

Práctica No 6: DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco a 105° C. Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos indican una condición porosa del suelo. La densidad aparente es un parámetro muy importante para describir la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos expresan un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida y cambios indeseables en la función hidrológica como reducción de la velocidad de infiltración del agua

La densidad aparente depende de la materia orgánica, la textura del suelo, la densidad de las partículas minerales del suelo (arena, limo y arcilla) y su disposición. Como regla general, la mayoría de las rocas tienen una densidad de 2,65 g/cm³, por lo que idealmente, un suelo franco limoso tiene un espacio poroso del 50% y una densidad aparente de 1,33 g/cm³

Relación entre la densidad aparente y la textura del suelo y su influencia en el desarrollo radicular de la planta			
Textura	Densidad aparente ideal para el crecimiento de la planta	Densidad aparente que afecta el crecimiento de la planta	Densidad aparente que restringe el crecimiento de la planta
Arenoso – Arenoso franco	< 1.60	1.69	>1.80
Franco arenoso - franco	<1.40	1.63	>1.80
Franco arcilloso arenoso – Franco arcilloso	<1.40	1.60	>1.75
Limo – Franco limoso	<1.40	1.60	>1.75
Franco arcillo limoso	<1.40	1.55	>1.65
Arcillo limoso – Arcillo arenoso	<1.10	1.49	>1.58
Arcilla	<1.10	1.39	>1.47

Fuente: Guide for educators USDA

Método del terrón parafinado

Materiales

- Terrones de suelo seco
- Balanza
- Parafina
- Probeta
- Agua

Procedimiento:

1. Caliente la parafina hasta que llegue a su fase líquida

2. Tome un terrón de suelo indisturbado, hágale un nudo con una piola y pese (Aplicar corrección de acuerdo a la humedad utilizando la regla de 3)



3. Sumergir el terrón en parafina, sacar y dejar enfriar; repetir el procedimiento hasta que el terrón quede totalmente cubierto

4. Pese de nuevo el terrón de suelo ahora parafinado y tome el dato en su libreta de apuntes



5. Mida un volumen exacto de agua en una probeta cuidando de no cometer el error de paralaje

6. Sumerja el terrón en el contenido de la probeta y tome el dato de volumen desplazado

7. Realice cada medición por triplicado y obtenga el promedio para cada muestra de suelo



Cálculos:

$$Da = \frac{PSS\ 105^{\circ}C}{Vd - \left[\frac{(PSSP - PSS)}{0.9} \right]}$$

Dónde:

Da= Densidad aparente

PSS 105° C = Peso del terrón de suelo corregido

Vd= Volumen desplazado

PSSP= Peso del terrón de suelo parafinado

PSS= Peso terrón de suelo sin parafinar

0.9= Densidad de la parafina

TABLA DE DATOS DENSIDAD APARENTE MÉTODO DEL TERRÓN PARAFINADO				
Numero	p. suelo seco 105°C	p. suelo seco parafinado	Volumen Desplazado	Densidad Aparente

Método del cilindro

Procedimiento

1. Tome una muestra indisturbada de suelo
2. Transvase el contenido a una capsula de humedad
3. Tome el peso del suelo más la capsula



4. Ponga la muestra de suelo a 105° C por 24 horas
5. Tomar peso del suelo seco más la cápsula
6. Tome el peso de la cápsula sola y realice las respectivas correcciones



Cálculos:

$$Volumen\ cilindro = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$Da = \frac{Peso\ suelo\ seco\ 105^{\circ}\ C}{Volumen\ del\ cilindro}$$

Práctica No 7: DENSIDAD REAL MÉTODO DEL PICNÓMETRO

Es la densidad de la fase sólida del suelo. Este valor es prácticamente constante en la mayoría de los suelos, y oscila en torno a 2,65 g/cc. La posible variación de la densidad real del suelo se debe normalmente a la variación de la cantidad de materia orgánica en el suelo.

Materiales

- Picnómetro
- Termómetro
- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Agua destilada

Metodología:

1. Pese un picnómetro limpio y seco con tapa
2. Introduzca más o menos 10 g de suelo secado al aire (Si se va realizar en un frasco volumétrico de 100 ml pesar 50 g de suelo)



3. Pese el picnómetro con el suelo y la tapa
4. Adicione agua destilada al picnómetro hasta la mitad de su volumen
5. Remueva el aire calentando suavemente hasta ebullición



6. Enfríe el picnómetro y su contenido y agregar agua destilada previamente hervida y enfriada hasta llenar el picnómetro
7. Coloque la tapa seque el picnómetro y pese de nuevo
8. Remover todo el contenido del picnómetro y llenarlo completamente con agua destilada hervida.
9. Seque la parte exterior y pesar
10. Mida la temperatura del agua



Cálculos:

FACTORES PARA LA CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGUA	
Temperatura °C	Densidad del agua g/ml
18	0.99897
20	0.99862
22	0.99823
24	0.99780
26	0.99732
28	0.99681

$$Dr = \frac{dw(Ws - Wa)}{(Ws - Wa) - (Wsw - Ww)}$$

Dónde:

Dr= Densidad real

Dw=densidad del agua a la temperatura observada

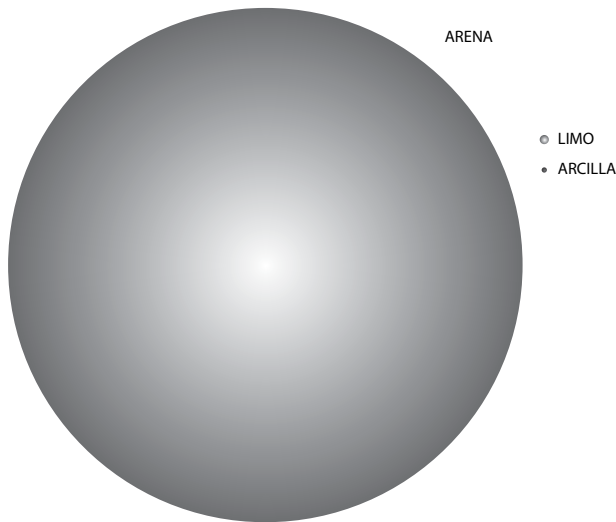
Ws=peso del picnómetro más el suelo

Wa= peso del picnómetro vacío

Wsw=Peso del picnómetro más suelo más agua

Ww= peso del picnómetro más agua

Práctica No 8: TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYOUCOS



La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural de suelo.

Algunas propiedades de las partículas minerales del suelo están condicionadas por su tamaño. Los términos de grava (> 2.00 mm), arena (2.00 mm – 0.05 mm), limo (0.05 mm – 0.002 mm) y arcilla (< 0.002 mm), son los términos comúnmente aceptados para clasificar las partículas del suelo según su tamaño. La figura 11 da una idea de los tamaños relativos de las distintas partículas del suelo.

Fig. 11: tamaño relativo de las partículas del suelo

El tamaño de las partículas del suelo afecta tanto a su superficie interna como al número y tamaño de los poros. Cuanto menor es el tamaño de partícula, mayor es la superficie interna del suelo; es decir: mayor es la suma de la superficie de las partículas del suelo. Por otra parte, y de manera general, un menor tamaño de partícula disminuye el tamaño de los poros del suelo, de manera que partículas más pequeñas originan suelos con poros más escasos y pequeños.

La textura del suelo es una de las características físicas más importantes, pues a través de ella, se puede predecir el comportamiento físico del suelo, haciendo inferencias acerca del movimiento del agua en el perfil, la facilidad de manejo y la cantidad de nutrientes.

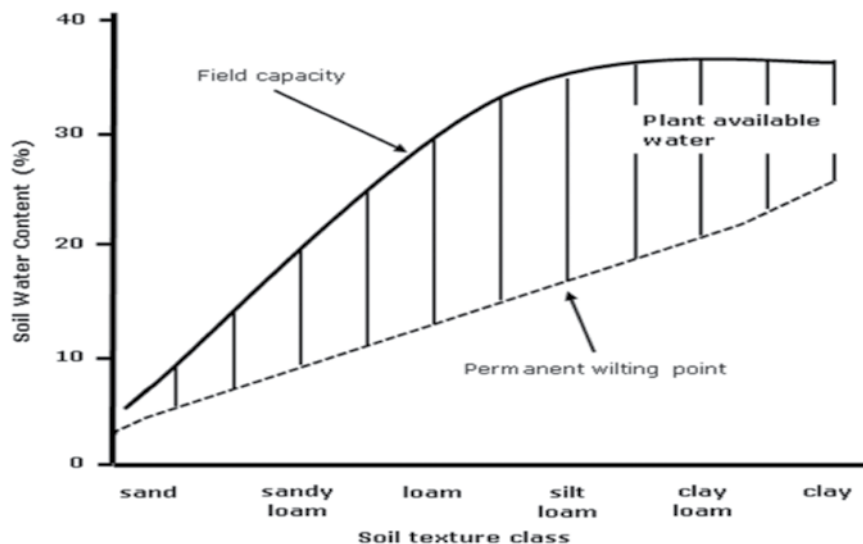


Fig. 12: Relación entre la textura del suelo y la disponibilidad de agua (fuente FAO)

La determinación de la textura en el laboratorio se basa en la medición de la velocidad de sedimentación de las partículas dispersas en el agua. Las partículas grandes se sedimentan con mayor rapidez que las partículas pequeñas; esto es porque las partículas más grandes tienen menos área específica y, por lo tanto, menos flotabilidad que las partículas más pequeñas. La ley de Stokes (1851) se utiliza para expresar la relación. En ella se estipula que la resistencia ofrecida por el líquido a la caída de la partícula varía con el radio de la esfera y no con la superficie. La velocidad de caída de las partículas con la misma densidad en un determinado líquido aumenta con el cuadrado del radio.

Materiales:

- Cronómetro
- Hidrómetro estándar (ASTM -152 H)
- Dispersora mecánica con copa para suelos
- Agitador manual con émbolo de 4 cm de diámetro o rodaje que se adapte al diámetro de la probeta
- Frasco Lavador
- Probeta aforada de 1000 ml
- Termómetro
- Pipeta de 10 ml
- Agente dispersante (Hexametáfosfato de sodio)

Procedimiento:

- 1.** Determinar humedad gravimétrica y sobre la base de suelo seco pesar 50 g tamizados a 2mm
- 2.** Pasar el suelo a la copa de dispersión y agregar el agente dispersante 10 ml y agua de la llave hasta un poco por encima de la mitad de la copa y dejar en reposo unos minutos o toda la noche



3. Someter el suelo a dispersión por 10 minutos o 15 si es de textura fina.



4. Verter el contenido de la copa a una probeta de 1000 ml y aforar con agua de la llave.



5. Agitar con el émbolo 10 veces verticalmente.



6. Tan pronto como se termine la agitación poner en marcha el cronómetro y sumergir cuidadosamente el hidrómetro en la suspensión.

7. Anotar la lectura del hidrómetro en la suspensión a los 40 segundos de haber cesado la agitación.



8. Sacar cuidadosamente el hidrómetro y tomar temperatura

9. Dejar en reposo por dos horas y volver a tomar lectura con el hidrómetro y la temperatura



Cálculos

Las lecturas del hidrómetro deben ser corregidas en base a la temperatura que se toma en cada lectura de acuerdo a la siguiente tabla que es deducida por la ecuación de sedimentación de Fisher-Oden

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEXTURA	
Temperatura	Factor de corrección
20	0
21	0.2
22	0.4
23	0.7
24	1
25	1.2
26	1.65
27	2
28	2.5
29	3.05
30	3.8

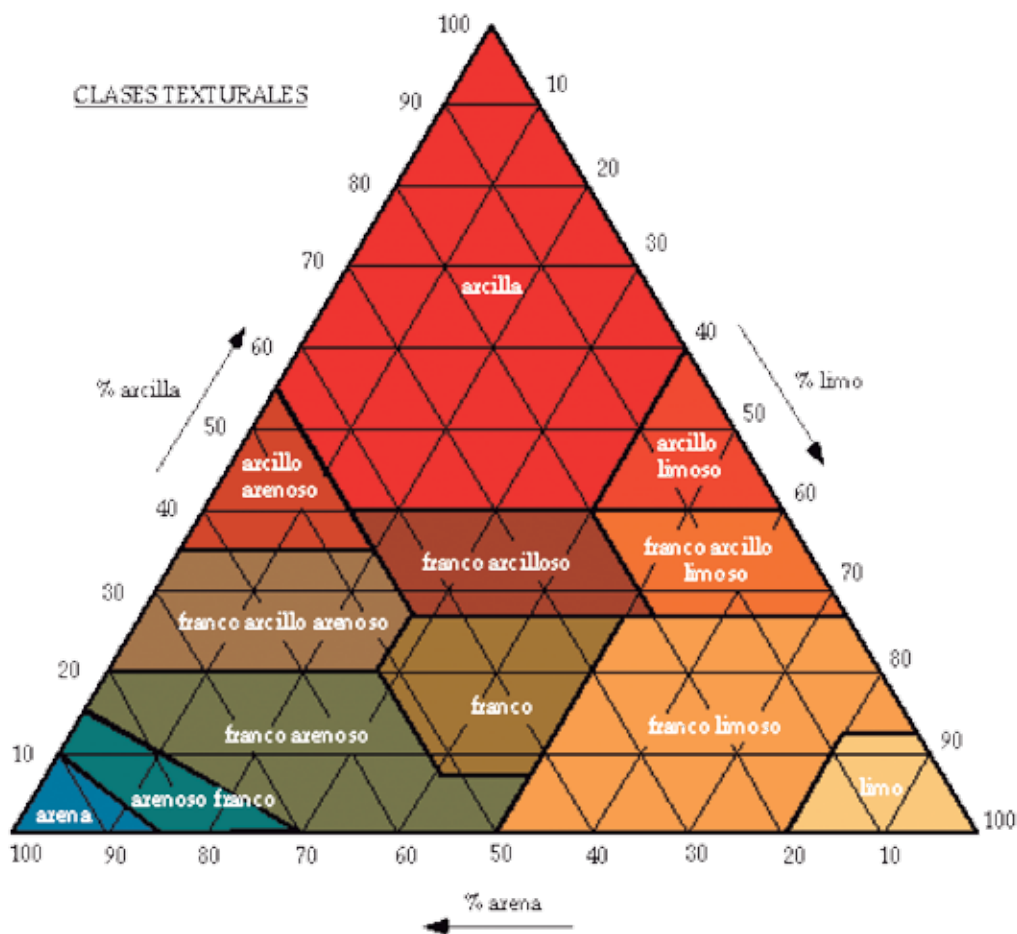
$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 40 seg.}}{\text{peso de la muestra (g) a } 105^{\circ} \text{ C}} \times 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{lectura corregida a las 2 h} \times 100}{\text{peso de la muestra (g) a } 105^{\circ} \text{ C}}$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arcilla} + \% \text{ Arena})$$

Con los resultados obtenidos se hace una triangulación en el gráfico de clases texturales.

TABLA RESULTADOS TEXTURA										
No	1a L.	T 1 °C	1a L.C.	2a L.	T 2 °C	2a L.C.	% Arena	% Arcilla	% Limo	textura



Algunas características de los suelos en función de su textura (fuente: Manual de procedimientos analíticos laboratorio física de suelos UNAM)

TEXTURA	Conductividad Hidráulica (cm/h)	Capacidad de campo (% en peso)	Punto marchitez permanente (% en peso)	Capacidad de retención de agua disponible (% vol)
Arenoso	2.5 - 25	5 - 16	2 - 6	6 - 10
Franco Arenoso	1.3 - 7.6	10 - 20	4 - 8	9 - 15
Franco	0.8 - 2.0	15 - 30	8 - 12	14 - 20
Franco Arcillosos	0.25 - 1.5	25 - 35	11 - 15	16 - 22
Franco Limoso	0.03 - 0.5	27 - 40	13 - 17	18 - 23
Arcilloso	0.01 - 1.0	30 - 70	15 - 19	20 - 25

Práctica No 9: DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS ESTABLES AL AGUA POR EL MÉTODO DE YODER

La estructura del suelo no es un parámetro estable, sino que puede variar en función de las condiciones climáticas, el manejo del suelo, los procesos edáficos, etc.

En general, las causas más importantes de la degradación de la estructura del suelo son las siguientes:

1. Expansión de las arcillas hinchables durante los períodos húmedos.
2. La lluvia, especialmente si es violenta y produce una dilución pasajera de los cationes que favorecen la floculación de los coloides.
3. La pérdida de materia orgánica.
4. La acidificación y/o descalcificación del suelo, que produce una desestabilización de los microagregados.

Los tipos de agregados que pueden formar las partículas del suelo se muestran en la Figura 13.

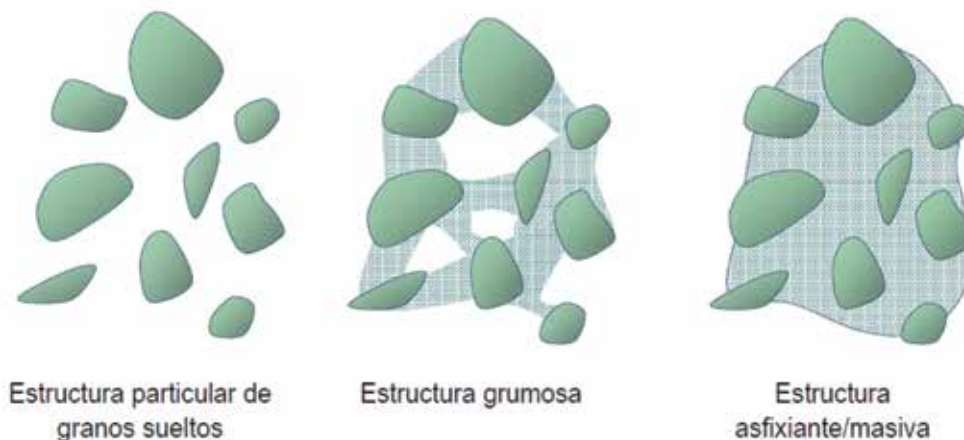


Figura 13: Influencia de la presencia de coloides sobre la estructura

A la forma de agregación natural de las partículas de suelo le llamamos estructura del suelo y las agrupamos en siete tipos:

<p>LAMINAR:</p> <p>Característica de materiales depositados por el agua (como ocurre en llanuras de inundación). Está originada por el impacto de las gotas de lluvia sobre las costras superficiales. Impide la penetración de las raíces, así como el intercambio de aire entre suelo y atmósfera o la infiltración del agua.</p>		
<p>PRISMÁTICA:</p> <p>Característica de horizontes enriquecidos en arcilla. Las superficies de debilidad coinciden con las grietas de retracción que se producen tras la desecación. Los agregados son muy duros y las raíces tienen una gran dificultad para penetrar en ellos.</p>		
<p>COLUMNAR:</p> <p>Prismas con su parte superior redondeada. Es una estructura típica de horizontes arcillosos enriquecidos en sales (Bt_{na}), muy rara en España, salvo en zonas concretas.</p>		
<p>POLIÉDRICA ANGULAR:</p> <p>Agregados poliédricos, con superficies planas de aristas marcadas y con vértices patentes.</p> <p>Las caras del agregado se ajustan muy bien a las de agregados vecinos. Es una estructura típica de horizontes cámbicos.</p>		
<p>POLIÉDRICA SUBANGULAR</p> <p>Agregados poliédricos con superficies no muy planas, con aristas romas y sin vértices. Las caras del agregado se ajustan poco a las de los agregados vecinos. Es un tipo de estructura frecuente en suelos áridos o semiáridos.</p>		

<p>GRANULAR:</p> <p>Agregados poco porosos, con poros distribuidos no homogéneamente por su superficie, que no se ajustan a los agregados vecinos. Estructura propia de medios biológicamente activos, ricos en bases y con materia orgánica. Típica de horizontes superficiales.</p>		
<p>MIGAJOSA:</p> <p>Agregados porosos, con los poros distribuidos de manera homogénea por su superficie, que no se ajustan a los agregados vecinos. Es característica de horizontes ricos en materia orgánica bien humificada. Típica de horizontes superficiales.</p>		

Cuando la masa de suelo o los terrones formados con las labores de preparación de tierra se desintegran por efecto del agua, el tamaño de los agregados que quedan es un factor determinante en el tamaño de los poros, lo cual condiciona el movimiento del agua y el aire en dicho suelo. Por otro lado, el tamaño de los agregados estables determina también la susceptibilidad de ser arrastrados por agua de escorrentía por terrenos inclinados.

Materiales:

- Solución de hexametáfosfato de sodio
- Pipeta de 10 ml
- Juego de tamices y soporte para hacer tamizado en húmedo
- Latas
- Estufa
- Balanza

Procedimiento:

1. Pese 30 g de suelo secado al aire
2. Coloque los tamices en orden de tamaño mayor a menor



3. Ponga sobre el juego de tamices en el equipo para tamizado en húmedo , dejar remojar por capilaridad por 30 minutos

4. Inicie agitación y manténgala por 20 minutos



5. Tome los tamices y separarlos, recoger lo que quedo en cada tamiz en una lata y llevar a la estufa a 105° C por 24 horas

6. Tome el peso (agregados y partículas de arena)



7. Agregue 100 ml de agua y 10 ml de haxametafosfato de sodio, dejar en reposo 15 minutos y poner en agitación por 10 minutos

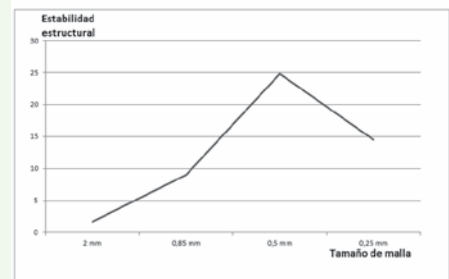
8. Pase cada muestra por el tamiz por el que quedó retenida aplicando agua a presión

9. Lo que queda en cada tamiz se lleva a estufa a 105° C por 24 horas



10. Tome el peso de partículas primarias

11. Haga una gráfica a partir de los resultados donde relacione el tamaño del tamiz con la estabilidad estructural del suelo en cada tamaño de malla



Cálculos

Tamiz	Diámetro medio
2 mm	2,5
0,85 mm	1,425
0,5 mm	0,675
0,25 mm	0,375

$$DMP = \sum_{i=1}^n \frac{M_{ssi}\% \times \bar{X}_i}{100}$$

Dónde:

$M_{ssi}\%$ = porcentaje de los agregados retenidos en cada tamiz

= Diámetro medio en cada tamiz

$$EA = 100 - \sum_{i=1}^n \frac{MSSR \times 100}{MSS}$$

MSSR= Peso de los agregados retenidos en cada tamiz

MSS= Masa total del suelo seco

CALIFICACIÓN DEL DIÁMETRO MEDIO PONDERADO	
DMP (mm)	Estabilidad estructural
>0.5	Inestable
0.5 – 1.5	Ligeramente estable
1.5 – 3.0	Moderadamente estable
3.0 – 5.0	Estable
<5	Muy estable

CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE AGREGACIÓN	
% de agregados	Estado de agregación
<90	Muy alta
90 – 80	Alta
80 – 35	Media
35 - 25	Baja
>25	Muy baja

TABLA DE RESULTADOS DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS ESTABLES AL AGUA

No	Tamiz (micras)	Peso accesorio	DMP (mm)	P. Agregados	P partículas primarias	Agregados menos primarias	Agregados x 100 PM 105° C	Estado de agregación 100- Suma columna anterior	DMP x col. 8 / 100	TOAL DMP
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							
	2000		2.5							
	850		1.425							
	500		0.675							
	250		0.375							

Práctica No 10 ESTABILIDAD DE AGREGADOS METODO DEL TAMIZADO EN HÚMEDO

Estabilidad de los agregados mide la cantidad de agregados estables contra el agua que fluye. Se recomienda que la estabilidad de agregados se determinará en los tres primeros centímetros de la superficie del suelo. La muestra de suelo debe ser secado al aire antes de determinar la estabilidad de los agregados

Un agregado se compone de varias partículas de suelo unidos. La fuerza destructiva que se aplica en esta prueba es el agua. Los agregados que resisten a las fuerzas del agua se llaman agregados estables al agua (WSA); en general, cuanto mayor sea el porcentaje de agregados estables, menos erosionable será el suelo.

Los agregados del suelo son un producto de la comunidad microbiana, los componentes orgánicos y minerales y la naturaleza de la comunidad de plantas por encima del suelo. Cumplen un papel importantes en el movimiento y almacenamiento de agua, en la aireación del suelo, el desarrollo de la raíz, y la actividad microbiana.

La estabilidad de los agregados se ve afectada por la cantidad y el tipo de los siguientes constituyentes del suelo.

- Contenido en la materia orgánica: La estabilidad de los agregados generalmente aumenta con el contenido de materia orgánica. El efecto es más pronunciado en los suelos que contienen pequeñas cantidades de arcilla.
- El contenido de arcilla del suelo: La estabilidad de los agregados se ve afectada por la cantidad y tipo de arcilla en el suelo y, en general aumenta con el contenido de arcilla. Este efecto disminuye altos contenidos de arcilla
- De aluminio y el contenido de óxido de hierro: La estabilidad de los agregados generalmente aumenta con el contenido libre de óxido de hierro. En general, los óxidos de aluminio libres no incrementa sensiblemente la estabilidad de agregados.

Materiales

- Solución de hexametáfosfato de sodio
- Tamiz de 2 mm
- Tamiz de 0,25 MM
- Agua

Procedimiento

- Transferir una muestra de suelo se secado al aire al tamiz de 2mm. Agite suavemente y recoja el suelo que pasa por el tamiz. Trate de pasar todo el suelo a través del tamiz presionando suavemente con su pulgar el suelo a través de la malla
- Pesar tamiz de 0,25 mm, y registrar su peso en la hoja de Datos. Pesar unos 10 g de suelo tamizado en la paso 1 (asegúrese de que el suelo esté bien mezclado antes de tomar una submuestra). Registre el peso exacto en la hoja de trabajo.



- Ponga la muestra de suelo a saturar con agua por 5 minutos en el equipo de tamizado en húmedo apagado.
- Inicie la agitación en el equipo y manténgala durante 3 minutos



- Después de tamizado en húmedo, ponga el tamiz con los agregados sobre un paño de tela seco con el fin de que drene el exceso de agua.



- Coloque el tamiz con los agregados en la estufa de secado a 105°C por 24 horas. Permiten que los agregados y el tamiz se enfríen durante cinco minutos y pese el tamiz con los agregados. Registre el peso del tamiz con los agregados en la hoja de trabajo



- Sumerja el tamiz con los agregados secos en la solución de hexametáfosfato de sodio por 5 minutos (no sumerja completamente tamiz). Sólo las partículas de arena deben permanecer en el tamiz.
- Enjuague la arena en el tamiz con agua limpia y retire el exceso de agua colocando el tamiz en una toalla seca, a continuación, colocar la estufa de seca a 105° C por 24 horas. Después del secado, permita que la arena y el tamiz se enfríe durante cinco minutos y pese el tamiz con la arena. Registre el peso del tamiz con la arena en la hoja de datos.



Calculos:

$$E. A. (\% \text{ de suelo } > 0.25 \text{ mm}) = \frac{\text{peso de agregados secos} - \text{arena}}{\text{peso de suelo seco} - \text{arena}} \times 100$$

TABLA DE RESULTADOS ESTABILIDAD DE AGREGADOS					
No	Peso del tamiz	Peso de tamiz + agregados	Peso del tamiz + agregados secos	Peso del tamiz + arena seca	% Agregados estables al agua
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

% Agregados estables al agua = $(C - D / B - D) \times 100$

Práctica No 11 POROSIDAD DEL SUELO Y RETENCIÓN DE HUMEDAD

El espacio poroso de un suelo es la parte del mismo que en su estado natural está ocupado por aire y/o agua. El volumen de este espacio poroso depende mucho de la disposición de las partículas sólidas. La importancia agrícola de la porosidad del suelo es muy grande y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo.

La porosidad de un suelo se puede medir en forma directa suponiendo que es igual a la humedad de saturación. Sin embargo, esta suposición es cierta en casos de suelos con porosidad conectada. Generalmente, la porosidad determinada a partir de la densidad aparente da valores mayores que el contenido volumétrico de agua a saturación. Esto es debido a que no toda la porosidad está conectada y, por tanto, algunos poros permanecen llenos de aire, incluso, después de saturar la muestra. Esta diferencia será mayor, cuanto más poros aislados, como ocurre en sellos o costras superficiales, o en ciertos horizontes con colapso de estructura.

La reducción de la porosidad del suelo repercute en propiedades físicas desfavorables debidas a una menor aireación del suelo, menor capacidad de infiltración de agua y dificultad para la penetración de las raíces. La aparición de horizontes compactados dentro de un perfil puede deberse a procesos genéticos o deposicionales, o bien, puede ser una compactación creada por el paso de maquinaria, por el laboreo en condiciones de humedad inadecuadas, o por el paso repetido del arado a cierta profundidad.

La porosidad del suelo varía según el grado de desarrollo y el tipo de estructura que posee. Normalmente, los suelos mejor estructurados, con un contenido apreciable de arcilla y materia orgánica poseen una porosidad en torno al 60 %. Los suelos compactados por presión o cementados poseen valores muy bajos de porosidad.

Calculo de la porosidad total:

$$P = \left\{ 1 - \frac{Da}{Dr} \right\} \times 100$$

Dónde:

P = porosidad total

Da = Densidad aparente

Dr= Densidad real

Interpretación de la porosidad:

Porosidad total %	Interpretación
< 30	Muy baja
30 – 40	Baja
40 – 50	Media
50 – 60	Alta
>60	Muy alta

Fuente: Jordán (2005)

Distribución de poros por tamaño y retención de humedad a bajas presiones en mesa de tensión:

Los poros del suelo son diversos en cuanto a su tamaño, forma y orientación. En los suelos arcillosos, los poros son pequeños y estrechos, mientras que en los suelos arenosos, los poros son grandes y forman canales más o menos continuos. Sin embargo, la aireación y la dinámica del agua en el suelo no están reguladas simplemente por el espacio poroso. Un suelo con un volumen de poros del 60 %, por ejemplo, puede estar mal aireado. La razón de este fenómeno es el tamaño de los poros, más que su volumen total. Es por esto que se hace necesario clasificar los poros del suelo según su tamaño y función. La siguiente tabla ilustra la clasificación generalizada que se tiene para los poros del suelo.

CLASIFICACIÓN DE LOS POROS EN FUNCIÓN DE SU TAMAÑO		
Nombre	Tamaño (micras)	Función
Macroporos	>100	Aireación y drenaje (flujo por gravedad)
Mesoporos	30 – 100	Conducción de agua (flujo capilar rápido)
Microporos	3 - 30	Retención de agua (flujo capilar lento)

La curva de retención de humedad refleja la capacidad del suelo para retener humedad en función de la succión y es utilizada para determinar el índice de humedad disponible del suelo, es decir la porción de agua que puede ser tomada por la planta

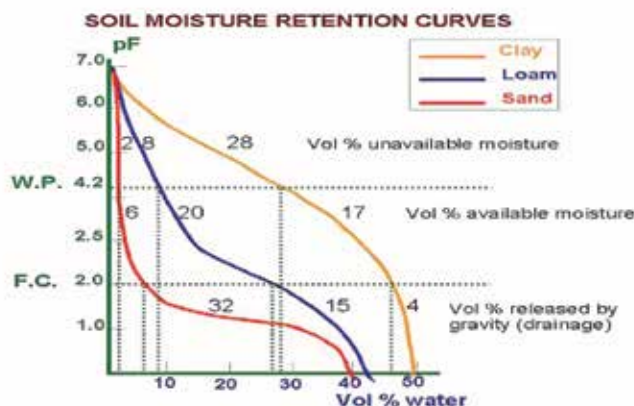


Fig. 14 W.P: Punto de marchitez permanente
F.C: Capacidad de campo
(Fuente NIVAP)

Materiales:

- Mesa de tensión
- Cilindros
- Tela Nylon o gasa
- Banditas de caucho

Procedimiento:

1. Una vez tomada la muestra no disturbada enrasarla a los bordes del cilindro teniendo precaución de no sellar los poros usando el cuchillo en forma perpendicular al cilindro

2. Asegúrese de que una nivel de 0,5 cm de agua cubre la superficie de la arena en la mesa de arena



3. Acoplar una tela y sujetarla con una bandita de caucho

4. Coloque la muestra de suelo con la parte inferior hacia abajo en la caja de arena. Deje que la muestra se adapte durante 1 hora



5. Para saturar la muestra, ponga la llave en supply y poco a poco elevar el nivel del agua hasta 1 cm por debajo de la parte superior del anillo de la muestra. Una Rápida elevación del nivel del agua puede atrapar el aire y puede dañar la estructura del suelo

6. Lleve la llave a la posición de closed "cerrado" cuando el nivel del agua este a 1 cm por encima de la parte inferior de los anillos de la muestra.



7. Coloque la tapa superior (para evitar la evaporación) y deje que la muestra se sature durante 2 ó 3 días (suelos arenosos) o hasta 1 ó 2 semanas (suelos arcillosos)

8. Marque los anillos, y dibujar un diagrama de la caja, de modo que los anillos se pueden sustituir exactamente en el lugar de donde se retiraron.



9. Tome el anillo cuidadosamente del depósito de agua y elimine los restos de gotas de agua que cuelga debajo de la muestra antes de pesarlo. Este peso (incluyendo el anillo, tela y elástico) se utiliza para calcular el contenido de agua de saturación, pF 0 (peso A).

10. Coloque el anillo en la caja de arena y presiónelo ligeramente, para mejorar el contacto suelo - arena.



11. Deslice el regulador de succión de tal forma que se aplique una presión de -2,5 cm a las muestras.

12. Dejar la muestra se equilibre, (con la tapa en la caja para detener la evaporación). Esto tomará unos días para suelos arenosos, y hasta una semana para los suelos arcillosos.

13. Retire con cuidado las muestras y péselas

14. Para comprobar el equilibrio, coloque de nuevo la muestra sobre la mesa de succión exactamente en el mismo lugar (tener cuidado de que se restablezca el contacto entre la arena y de la muestra) y pesar la muestra de nuevo al día siguiente. Si la muestra está en equilibrio con la tensión creada, la diferencia en el contenido de agua no será superior a 0,002 en la fracción de volumen.



15. Si se ha establecido el equilibrio entre el contenido de humedad del suelo y la presión, registrar el peso de la muestra.

16. Humedezca la superficie de arena con una esponja húmeda. No retire el filtro de tela, sólo limpiar y suavizar al mismo tiempo para eliminar las burbujas de aire y las impresiones.



17. Reemplace las muestras de suelo de la arena en el mismo lugar que antes estaban. (Use el diagrama hecho antes).

18. Deslice el regulador de aspiración hasta el siguiente incremento potencial estándar de agua, de modo que se aplica una mayor succión a las muestras. (Por ejemplo: -10.0 cm de agua (pF1.0), -31,6 cm de agua (pF1.5), -63,1 cm de agua (pF1.8) y agua -100 cm (pF2.0)

19. Espere que el suelo alcance el equilibrio a esa tensión y registre el peso

20. Siempre vuelva a colocar las muestras en la arena antes de mover el regulador de succión.

Cálculos:

$$\% \text{ humedad} = \frac{Mh \text{ equilibrio} - Ms}{Ms} \times 100$$

Dónde:

Mh: Masa del suelo equilibrada en cada succión

Ms: Masa del suelo seco a 105° C

TABLA DE RESULTADOS RETENCIÓN DE HUMEDAD										
No	No cilindro	pF	PESO						Volumen cilindro= $\pi \cdot r^2 \cdot h$	
			peso húmedo (muestra, anillo, tela, elástico) A	Peso en seco (muestra, anillo, tela, elástico) B	Peso de anillo, pañó y elástico C	Peso del agua D=A-B	Peso del suelo seco E=B-C	Contenido de agua gravimétrico W=D/E	Densidad aparente Da=E/V	
		1.0								
		1.8								
		2.0								

Practica No 12 CATIONES INTERCAMBIABLES DEL SUELO (Ca, Na, Mg, K) POR ABSORCIÓN ATÓMICA

Estos cationes son conocidos como las bases del suelo, representan especialmente en suelos no álicos la fracción dominante del total de cationes absorbidos por los coloides del suelo y presentes en la solución del mismo.

Para fines de diagnóstico de fertilidad de suelos, la disponibilidad de estos cationes se determina extrayendo su fracción cambiante con una solución de sal neutra. Esto explica por qué se ha universalizado el uso de acetato de amonio para extraer la fracción disponible de estos elementos.

Aspectos básicos de la espectrofotometría de absorción atómica:

La espectrofotometría se basa en la interacción de la materia con la energía radiante en un rango de longitud de onda específico para cada método; para el caso de la absorción atómica determinamos los elementos que absorben energía en un rango del espectro electromagnético que va entre los 180 nanómetros hasta los 789 nanómetros.

Esta interacción energía - materia se basa en la ley conjugada de Beer – Lambert que establece que al pasar un haz de luz sobre cualquier sustancia existe una relación directamente proporcional entre la absorbancia y la concentración de la muestra.

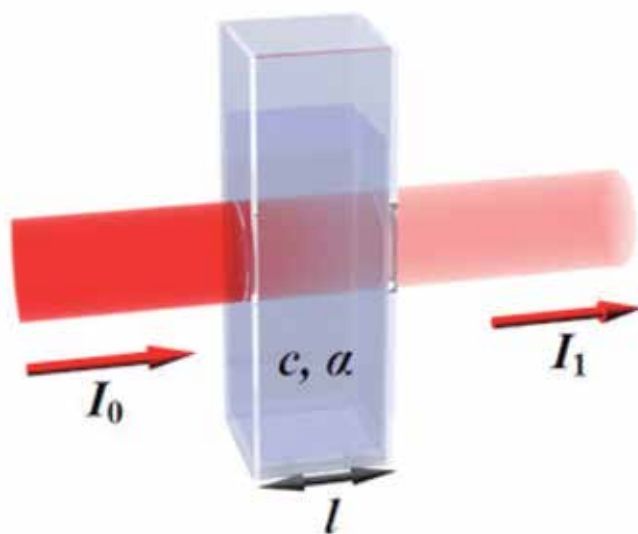


Fig. 15: Esquema de la ley de Beer-Lambert. El analito dentro de la celda, debido a sus propiedades y su concentración absorbe parte de la luz incidente

En el caso del espectrofotómetro de absorción atómica la fuente de radiación va a ser la lámpara de cátodo hueco que es específica para cada elemento, y la llama donde se va a llevar a cabo la excitación de los elementos funcionará como celda; posteriormente la energía radiante llega a un sistema de detección el cual nos informara sobre la cantidad de energía absorbida por el analito.

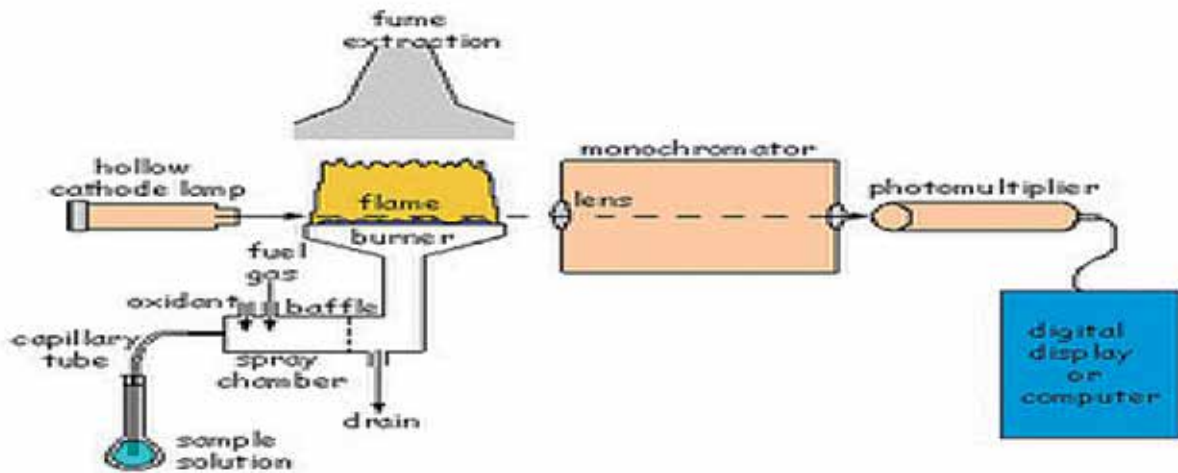


Fig. 16: Esquema básico de los componentes del espectrofotómetro de absorción atómica (Fuente: <http://analyticalchemistryinstruments.blogspot.com>)

La calibración del equipo se hace preparando una serie de soluciones con concentraciones conocidas del elemento a analizar y registrando su respectiva absorbancia; esta curva de calibración será tomada como patrón de referencia del equipo que mediante la interpolación de los datos nos permitirá conocer la concentración de nuestra muestra problema.

Materialles:

- Acetato de amonio (NH_4OAc) 1M pH 7
- Solución de Lantano al 1%
- Agua destilada
- Estándares
- Erlenmeyer de 125 ml
- Agitador lineal
- Espectrofotómetro de absorción Atómica
- Papel filtro
- Micropipetas
- Balones aforados 100 ml
- frascos plásticos

Extracción

1. Pese 5g de suelo seco tamizado a 2 mm póngalos en un recipiente de vidrio y agréguele 25 ml de NH_4OAc 1M pH 7 con la ayuda del dispensador y póngalo en agitación por 10 minutos



2. Tome una pieza de papel filtro y dóblela por la mitad en dos veces; luego ábrala por uno de los lados y dispóngala en un embudo analítico



3. Pase la solución de suelo a través del papel filtro y lea en el espectrofotómetro de absorción atómica



Preparación de las curvas:

4. Tome 10 ml del patrón primario de 1000 ppm, llévelo a un balón de 100 ml y afore, este será nuestro patrón secundario



5. A partir de este patrón secundario programe el volumen deseado en la micropipeta y tome las alícuotas para la elaboración de la curva.



Utilizar la fórmula: $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

Concentraciones para la curva de determinación de bases			
Ca	Mg	Na	K
10	0.2	1.0	0.8
20	0.5	1.5	1.5
30	0.8	2.0	2.0
40	1.0	2.5	2.5
50	1.5	3.0	3.0

Determinación:

Hacer una dilución 25 veces en este caso se toma 1ml del filtrado de NH_4OAc , se agregan 15 ml de solución de lantano y 9 ml de agua. Si únicamente se determina Na y K se agregan 24 ml de agua.

Realizar lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica y aplicar la formula

$$E = Lc \times 12.5$$

Con base a la ecuación anterior el cálculo para cada elemento es el siguiente:

$$\text{Mg (me/ 100g)} = Lc \times 12.5 / 20 = Lc \times 0.625$$

$$\text{K (me/ 100g)} = Lc \times 12.5 / 12 = Lc \times 1.04$$

$$\text{Na (me / 100g)} = Lc \times 12.5 / 23 = Lc \times 0.54$$

Lc = Lectura de la curva expresada en mg/ L

Práctica No 13: DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS MENORES (Cu, Zn, Fe, Mn) POR ABSORCIÓN ATÓMICA

El procedimiento de extracción de doble ácido utilizado fue desarrollado en la Universidad de Carolina del Norte utilizando una solución de HCL 0.05 N + H₂SO₄ 0.025 N.

Materiales:

- Solución extractora de ácido clorhídrico – ácido sulfúrico
- Estándares
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Papel filtro Whatman No 42
- Balones aforados de 100 ml
- Micropipetas

Curvas:

Soluciones estándares para Cobre, Zinc, Hierro y Manganeso			
Cu	Zn	Fe	Mn
0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.5	1.0	1.0
1.0	1.0	2.0	2.0
2.0	2.0	4.0	4.0
4.0	4.0	6.0	6.0
		10.00	10.00
		20.00	20.00

Determinación:

1. Pese 5 g de suelo seco tamizado a 2mm en vaso de 50 ml y añadir 20 ml de solución extractora
2. Póngalo en agitación por 15 minutos y fíltrelo con papel filtro Whatman No 42
3. Haga la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica

Práctica No 14 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO MÉTODO DEL ACETATO DE AMONIO

Llamamos catión a cualquier elemento con una carga positiva y para este caso, se refiere a la los cationes básicos, calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), potasio (K^{+1}) y sodio (Na^{+1}) y los cationes ácidos, hidrógeno (H^{+1}) y aluminio (Al^{+3}). La cantidad de estos cationes cargados positivamente que un suelo puede retener es definido como la CIC, y se expresa en miliequivalentes por 100 gramos ($\text{meq}/100 \text{ g}$) de suelo; Se le puede considerar equivalente a la carga negativa del suelo o si se quiere a la cantidad de cationes fácilmente desplazables que se encuentran neutralizando cargas negativas

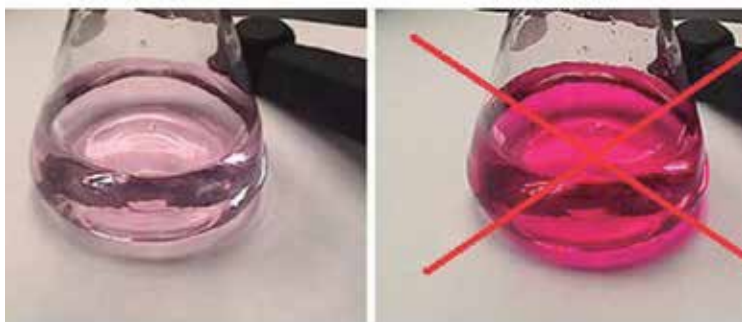
Materialles:

- Solución saturadora: Acetato de amonio 1M pH 7.0
- Solución extractora: NaCl al 10%
- Alcohol etílico al 95%
- Formaldehido del 40% neutralizado
- Fenolftaleina
- Hidróxido de sodio 0.1 M
- Erlenmeyer
- Bureta
- Plancha de agitación

Procedimiento:

1. Pese 5 gramos de suelo y agregue 25 ml de solución saturadora
2. Ponga en agitación mecánica por 30 minutos y filtre al vacío en un embudo bouchner
3. Lave el exceso de sal con 5 ml alcohol etílico
4. Añada 25 ml de solución extractora y filtre. Repita el proceso 4 veces





5. Agregue 10 ml de solución de formaldehído y tres gotas de fenolftaleína

6. Titule con Hidróxido de sodio hasta obtener un color rosado pálido permanente

Cálculos:

$$CIC \left(\frac{Meq}{100g} \right) = \frac{V \times 0,1 \times 100}{pm}$$

Dónde:

V = ml de NaOH utilizados en la titulación

100 = referencia de unidad de masa con base a la cual se expresan los resultados

pm = Peso de la muestra

0,1 = Molaridad del NaOH

Saturación de bases

Para calcular la saturación de bases, se debe dividir la suma de los resultados obtenidos para cada una de las bases (Mg, Ca, Na y K) en meq. (100g)⁻¹ por la capacidad de intercambio catiónico y se multiplica el resultado por 100:

$$\% \text{ Saturación de bases} = \frac{K + Na + Mg + Ca}{CIC} \times 100$$

Práctica No 15: MATERIA ORGÁNICA MÉTODO POR TITULACIÓN DE WALKLEY – BLACK

La materia orgánica del suelo es la fracción del suelo que se compone de tejido vegetal o animal en diversas etapas de descomposición. La mayoría de los suelos agrícolas productivos tienen entre el 3 y 6% de materia orgánica.

La materia orgánica proporciona una serie de beneficios sobre las diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Funciones Física	Funciones biológicas	Funciones químicas
<ul style="list-style-type: none"> Mejora la estabilidad de agregados, mejorando infiltración de agua y la aireación del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta CIC del suelo o su capacidad para retener y suministrar nutrientes indispensables tales como calcio, magnesio y potasio. 	<ul style="list-style-type: none"> Proporciona alimentos para los organismos que viven en el suelo.
<ul style="list-style-type: none"> Mejora la capacidad de retención de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora la capacidad de un suelo para resistir cambios de pH, lo que también se conoce como capacidad de almacenamiento búfer. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora la biodiversidad microbiana del suelo y actividad que puede ayudar en la supresión de enfermedades y plagas.
<ul style="list-style-type: none"> Reduce la viscosidad de los suelos arcillosos haciéndolos más fáciles de cultivar. 	<ul style="list-style-type: none"> Acelera la descomposición de los minerales en el suelo, haciendo que los nutrientes estén disponibles para las plantas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora el espacio de los poros a través de las acciones de los microorganismos del suelo. Esto ayuda a aumentar la infiltración y reducir la escorrentía.
<ul style="list-style-type: none"> Reduce la formación de costras superficiales, facilitando preparación del suelo. 		

Funciones de la materia orgánica en el suelo (fuente: Cornell University)

Prácticas aumentar el contenido de materia orgánica del suelo

1. Aumentar la producción de material vegetal por:

- Riego
- Fertilización para aumentar la producción de biomasa vegetal
- El uso de cultivos de cobertura
- Introducción de plantas que producen más biomasa
- Reforestación
- La restauración de los pastizales

2. Aumentar la oferta de materias orgánicas mediante:

- La protección contra el fuego
- Control de insectos y roedores
- La aplicación de estiércol animal y otros residuos ricos en carbono

3. Disminución descomposición por

- Reducción o eliminación de la labranza
- Mantener el suelo saturado de agua (aunque esto puede causar otros problemas)
- Mantener el suelo fresco, con cubierta vegetal.

Materiales:

- Dicromato de potasio 1N
- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato ferroso 1N
- Indicador difenilamina sulfato de bario
- Ácido fosfórico concentrado
- Erlenmeyer de 500 ml
- Bureta

Procedimiento:

- Colocar en un Erlenmeyer 0,5 g de suelo seca y tamizado para suelos de apariencia mineral y 0,25g para suelos de apariencia orgánica; agregar 20 ml de $K_2Cr_2O_7$ concentrado, agitar vigorosamente durante un minuto y déjelo reposar por 30 minutos



- Agregue 200 ml de agua, 5 ml de H_2PO_4 y 3 gotas del indicador difenilamina
- Titule con solución de sulfato ferroso 1N, hasta que la solución vire de color azul pardusco a verde brillante.
- Si el volumen del sulfato ferroso equivale al 75% del dicromato reducido, repetir la titulación pesando menor cantidad de suelo

Cálculos:

$$C_{orgánico} = \frac{(B - N) \times N \times 0,003 \times 1,3 \times 100}{pm}$$

Dónde:

B= Volumen de solución ferrosa gastada en el blanco

M= Volumen de solución ferrosa gastada en la muestra

N= Normalidad de la solución ferrosa

0,003= Peso en gramos de un miliequivalente de Carbono

1,3= 100/77 factor de eficiencia de oxidación del Carbono

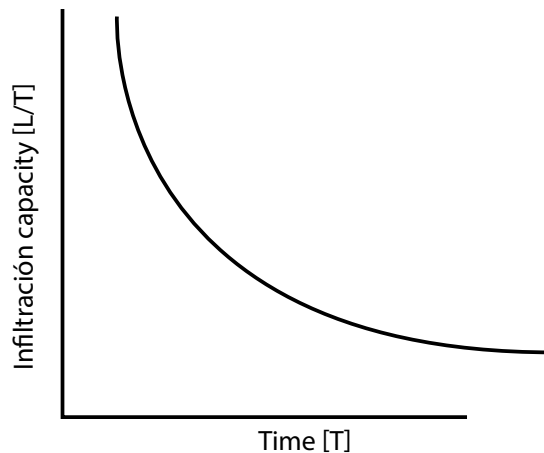
M.O. = C. orgánico (%) x 1,724

Pm= peso de la muestra

DETERMINACIONES EN CAMPO

Práctica No 16: VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (Juego de anillos infiltrómetros)

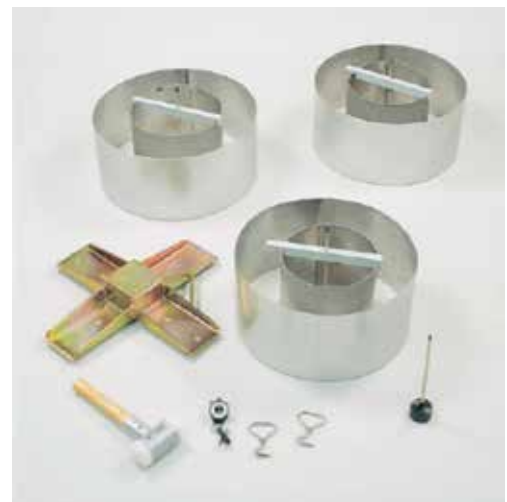
La velocidad de infiltración nos da la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo está más seco) la velocidad de penetración del agua en el suelo es más rápida pero si seguimos aportando más agua, llega un momento en que esta velocidad es más o menos constante. A esta velocidad se la conoce como velocidad de infiltración.



Algunos factores que afectan a la capacidad de infiltración del suelo son: compactación del suelo causada por pisadas, tráfico de maquinarias, etc; el lavado de las partículas finas en los poros de la superficie y la presencia o ausencia de grietas y fisuras. Además, la vegetación y el cultivo pueden afectar la capacidad de infiltración. El descenso en la velocidad de infiltración del agua en el suelo está dado también por la textura, estructura, contenido de humedad y nivel freático.

Materiales:

- Juego de anillos infiltrómetros
- Martillo de goma
- Placa de accionamiento
- Cronómetro
- Ganchos
- Regla



Procedimiento:

1. Coloque el anillo interior con el borde de corte hacia abajo en el suelo. Retire pequeños obstáculos como piedras o ramitas
2. Coloque la placa de accionamiento en la parte superior del anillo. Dependiendo del diámetro el anillo se ajusta sobre entre o dentro de los pasadores que se encuentran en el lado inferior de la placa de accionamiento.



3. Use el martillo de absorción de impactos para insertar el anillo de infiltración alrededor de 5 cm verticalmente en el suelo. Asegúrese de perturbar el suelo lo menos posible. En suelos demasiado duros debe haber alguien parado en la plataforma de conducción, mientras que otra persona golpea la placa de accionamiento.
4. Coloque el anillo externo con el filo hacia abajo alrededor del anillo interior y poner la placa de accionamiento en la parte superior de la misma.
5. Repita el paso 3. La forma de la placa de accionamiento se asegurará una profundidad idéntica a la del anillo interior.
6. Coloque el puente de medición con la medición de varilla y flotador en el interior anillo.

7. Llenar el anillo exterior con agua, a continuación, el anillo interior, a aproximadamente 5 - 10 cm. Inicie la medición inmediatamente para determinar la curva de infiltración

8. El nivel de agua dentro de los anillos de infiltración debe ser tan baja como sea posible para asegurar la infiltración vertical.

9. Asegúrese de tener suficiente agua a la mano. Llenar un conjunto de anillos requiere aprox. 25 litros.

10. Inicie la medición señalando la hora y el nivel de agua en el anillo interior (nivel de referencia) como se indica en la varilla de medición.

11. Determinar la caída en el nivel de agua en el anillo interior durante un cierto intervalo. Anote en la tabla de datos.



12. Asegúrese de que los anillos de infiltración no se vacíen durante la medición. Añadir agua sólo cuando hallan unos pocos centímetros de agua en los anillos.

13. Mantenga el agua en el anillo interior y exterior a un nivel similar. Si el nivel de agua es más alto en el anillo exterior dará lugar a una disminución en la tasa de infiltración en el anillo interior.

14. Detener la medición sólo si la tasa de infiltración ha alcanzado un valor constante. Un cambio $<10\%$ en una cierta fase es a menudo considerada como constante. Dependiendo del tipo de suelo esto puede ocurrir entre 1 o 2 horas, sólo en casos excepcionales después de un día.

15. Retire los anillos por medio de los ganchos.

16. Enjuague los anillos.

Cálculos:**Modelo de Kostiakov para determinar velocidad de infiltración**

$$I = k \cdot t^a$$

Dónde:

I = infiltración acumulada (cm);

k = constante dependiente del suelo;

T = tiempo de infiltración (min); e

a = constante dependiente del suelo, variando de 0 a 1.

La velocidad de infiltración instantánea es derivada de la velocidad de infiltración acumulada en relación al tiempo:

$$VI = \frac{\Delta I}{\Delta T}$$

Es decir:

$$VI = k \cdot a \cdot T^{-1}$$

Como el método de regresión lineal es solo para ecuaciones lineales y la ecuación de Kostiakov es exponencial, deberá transformarse en una ecuación lineal:

$$\text{Log } I = \text{Log } k + a \text{ Log } t$$

Esta ecuación es de la forma $Y = A + BX$

Dónde:

- Y = log I

- A = log k

- B = a

- X = log T

Entonces los valores de A y B los determinamos con las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{\sum X x \sum XY - \sum X^2 x \sum Y}{(\sum X)^2 - m \sum X^2}$$

$$B = \frac{\sum X x \sum Y - m \sum XY}{(\sum X)^2 - m \sum X^2}$$

En donde

m = es el número de pares de datos l x T.

A = log k, k = antilogaritmo A, entonces k = 10^A

B = a

Los valores obtenidos de A y B, se remplazan en la ecuación exponencial de origen. El valor de k se encuentra mediante la aplicación del antilogaritmo

Tabla de datos para determinación de infiltración del agua en el suelo

T (min)	l	X = Log T	Y = Log l	X ²	XY
TOTAL					

Ejemplo:

T (min)	I	X = Log T	Y = Log I	X ²	XY
0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1.5	0.6021	0.1761	0.3625	0.1060
9	2.7	0.9542	0.4314	0.9106	0.4116
14	3.7	1.1461	0.5682	1.3136	0.6512
19	4.8	1.2788	0.6812	1.6352	0.8711
24	5.6	1.3802	0.7482	1.9050	1.0327
29	6.6	1.4624	0.8195	2.1386	1.1985
34	7.6	1.5315	0.8808	2.3454	1.3489
39	8.6	1.5911	0.9345	2.5315	1.4868
44	9.4	1.6435	0.9731	2.7009	1.5993
54	11	1.7324	1.0414	3.0012	1.8041
64	12.9	1.8062	1.1106	3.2623	2.0059
74	14.4	1.8692	1.1584	3.4940	2.1652
84	16.2	1.9243	1.2095	3.7029	2.3274
96	17.8	1.9823	1.2504	3.9294	2.4787
104	19.4	2.0170	1.2878	4.0684	2.5975
114	20.9	2.0569	1.3201	4.2309	2.7154
124	22.5	2.0934	1.3522	4.3824	2.8307
134	24	2.1271	1.3802	4.5246	2.9359
144	25.5	2.1584	1.4065	4.6585	3.0358
154	26.8	2.1875	1.4281	4.7852	3.1241
164	28.4	2.2148	1.4533	4.9055	3.2189
174	30	2.2405	1.4771	5.0201	3.3096
184	31.6	2.2648	1.4997	5.1294	3.3965
194	33.2	2.2878	1.5211	5.2340	3.4801
204	34.8	2.3096	1.5416	5.3344	3.5605
214	36.4	2.3304	1.5611	5.4308	3.6380
total		47.1926	29.2123	90.9374	57.3305

$m = \text{número de pares de valores } T \times I = 26$

$$A = \frac{47.1926 \times 57.3305 - 90.9374 \times 29.2123}{(47.1926)^2 - 26 \times 90.9374} = -0,3576$$

$$B = \frac{47.1926 \times 29.2123 - 26 \times 57.3305}{(47.1926)^2 - 26 \times 90.9374} = 0,8160$$

Como: $A = \log k$, $k = \text{antilog } A$ entonces $k = \text{antilog } (-0,3576)$, $k = 0,4389$

Como: $B = a$, $a = 0,8160$

La ecuación de infiltración para este ejemplo será:
Velocidad de Infiltración del suelo (infiltrómetro portátil)

$$I = 0,4389 \cdot t^{0,8160}$$

Materiales

- Infiltrómetro de doble anillo
- Cronometro
- Balde plástico
- Agua

Procedimiento

1. Enclave el infiltrómetro en el suelo evitando la formación de huecos perimetrales por donde se puede fugar el agua.



2. Llenar el anillo exterior y después el interior de agua; la bomba interna se elevara y marcará cero en la regleta superior

3. Poner en marcha el cronómetro y anotar el nivel del agua en ese instante.



4. Tomar el dato en intervalos iguales de tiempo (1 min, 3 min o 5 min)

5. Al principio el suelo estará seco y el nivel del agua descenderá rápidamente

6. Llenar de nuevo los anillos del agua a medida que el nivel del agua descienda

Cálculos:

TABLA DE RESULTADOS VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN				
Lectura	Tiempo	Nivel del agua	mm infiltrados	Tasa de infiltración (mm/h)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Práctica No 17: HUMEDAD VOLUMÉTRICA (Sonda para la determinación de humedad)

Es la relación que existe entre el volumen de agua y el volumen total o aparente del suelo una vez seco se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad volumétrica} = \frac{\text{Vol. Agua}}{\text{Vol. suelo}} \times 100$$

Materiales:

- Sonda para la determinación de humedad (thetaprobe soils moisture sensor)
- Computadora

Procedimiento

1. Introduzca la sonda en el lugar que desee tomar la lectura de humedad



2. Encienda el equipo con la tecla Esc y presione Read

3. Si desea guardar la lectura para descargarla en el pc presione el botón Store de lo contrario presione Esc



Práctica No 18: RESISTENCIA MECANICA (Penetrologger)

Es el resultado de diferentes características y propiedades del suelo, tales como la densidad aparente, el contenido de humedad y la resistencia al corte, éstas a su vez son consecuencia de la distribución del tamaño de partículas, de la estructura, y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo.

$$RM = \frac{F}{A}$$

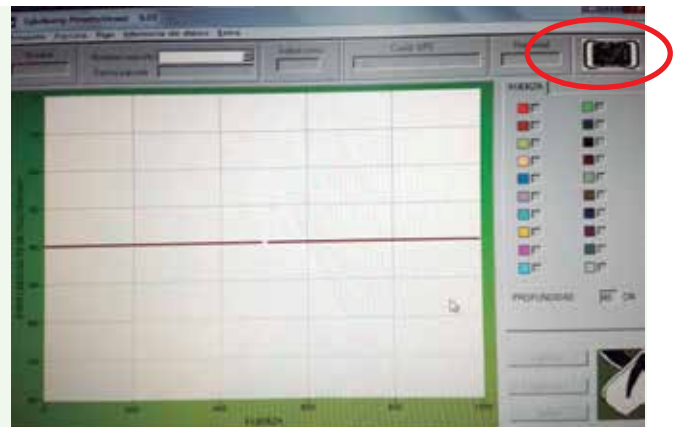
La RM es la fuerza por unidad de área requerida para penetrar el suelo.

Materiales

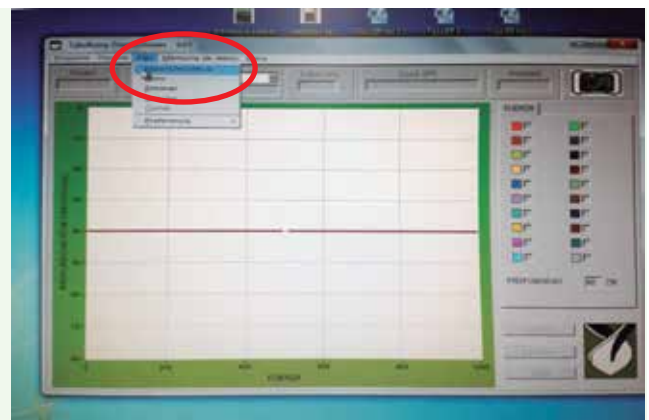
- Penetrologger
- Software PenetroViewer

Procedimiento

1. Abra el programa Penetroviewer y verifique que el penetrológico está virtualmente conectado al PC en la ventana superior derecha del software

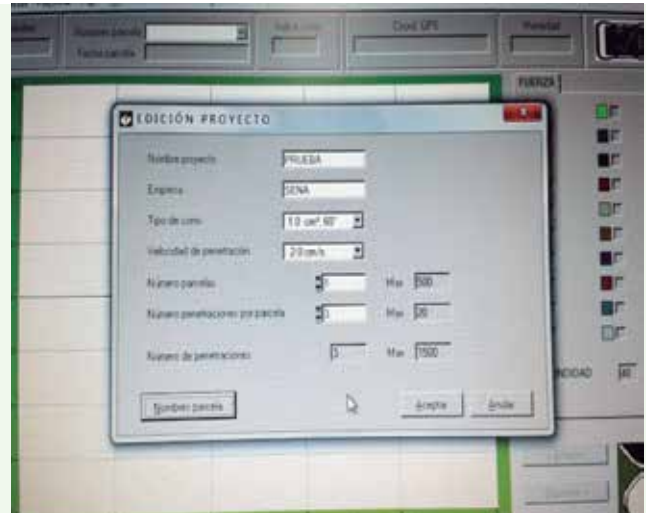


2. Clic en el menú desplegable plan → nuevo/modificar se abrirá una ventana presione nuevo proyecto

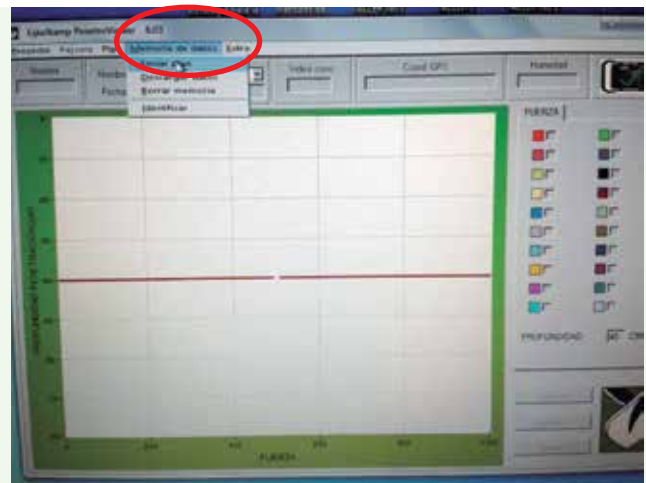


3. Elegir el tipo de cono, se recomienda iniciar con el más pequeño, si la penetración es muy rápida, cambiar por un cono más grande

4. Elegir cantidad de parcelas y cuantas penetraciones va a hacer en cada parcela



5. Clic en memoria de datos y después enviar datos aparecerá un mensaje de confirmación: penetrómetro programado



6. Seleccione el lugar de medición y coloque la placa de nivel de referencia en el piso lo más nivelada posible.



7. Encienda el penetrológico y póngalo en el agujero central de la placa, nivelar observando el ojo de pollo



8. Presione menú → medir → aceptar

9. Aparecerá el nombre de la parcela, número de penetración y el espacio para la gráfica profundidad versus presión

10. Presione el botón iniciar



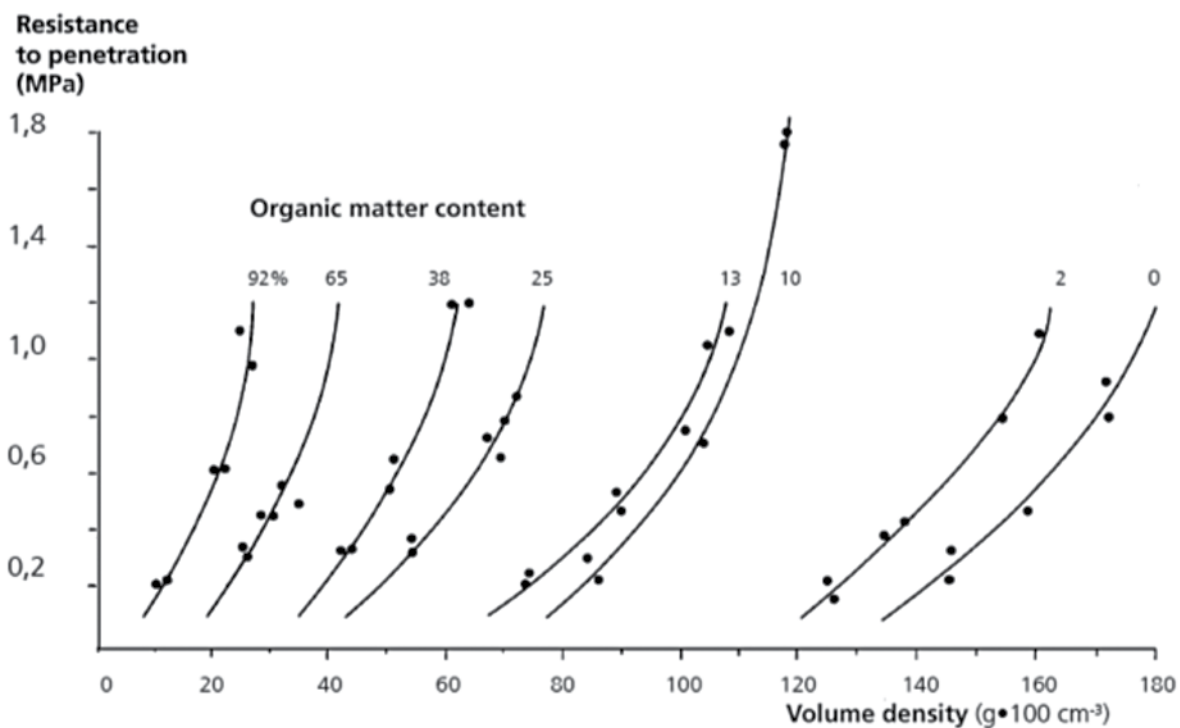
11. Iniciar la penetración a una velocidad constante de 2 cm / segundo

12. Mantener la presión durante la medición y la varilla totalmente vertical

13. Guarde la medición

14. Cuando termina las mediciones vuelva a conectar el penetrológico al pc en el programa penetroviewer valla al menú memoria de datos → descargar datos

Cálculos:



The relation between resistance to penetration and bulk density in conjunction with organic matter content of the soil at a moisture tension of pF2 (according to Schothorst, 1968).

Práctica No 19: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA POR EL MÉTODO DEL POZO BARRENADO

La conductividad hidráulica (K) es la propiedad del suelo que describe la facilidad con la cual los poros del suelo permiten el flujo de agua. Cuando el suelo se satura, todos los poros pueden dirigir el agua y la conductibilidad está en su máxima expresión y es representada como K_s , mientras que en condiciones insaturadas o no saturadas es representada como $K(q)$. En cualquier caso, depende del tamaño, número, orientación, distribución y continuidad de los poros especialmente los de retención, el tamaño de las partículas, tipo de fluido, cantidad relativa de fluido presente en la matriz del suelo. Es por ello que existe una relación cuantitativa entre la conductividad hidráulica y volumen de agua en un suelo que cuente con un alto porcentaje de partículas grandes (arenas), las cuales permitan el paso del agua rápidamente, y suelos que presentan un alto porcentaje de partículas pequeñas (arcillas) las cuales hacen que el paso del agua sea más lento

Materiales

1. Mango desmontable para barreno
2. Barreno tipo Edelman
3. Barreno Riverside
4. Extensión para barreno
5. Achicador de acero con bayoneta para extracción del agua
6. Zapata con válvula de acero
7. Cinta métrica
8. Soporte para la cinta métrica
9. Flotador
10. Cronómetro
11. Contenedor de acero galvanizado
12. Espátula
13. Manga de acoplamiento para el barreno
14. Bolsa de transporte para equipo
15. Bolsa para el flotador



Procedimiento

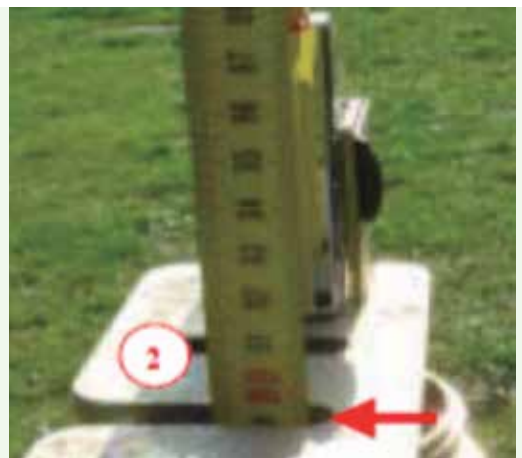
1. Por medio del barrenos holandés o Riverside perforar un pozo de unos 60 a 90 cm por debajo del nivel freático
2. Permitir que el nivel del agua se recupere y alcance su equilibrio



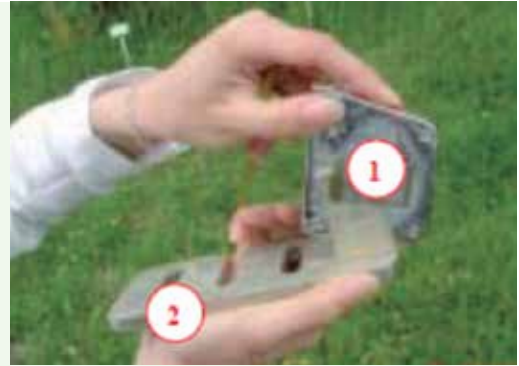
3. Limpiar las paredes del pozo para evitar el efecto sellado
4. Instalar el equipo para conductividad hidráulica



5. Hallar los valores de H y Z introduciendo el metro primero sin flotador y después con flotador
6. Para unir el flotador al metro fijar la punta del metro a la abrazadera del flotador y después ponga la cinta métrica sobre el soporte tal como se muestra en las imágenes



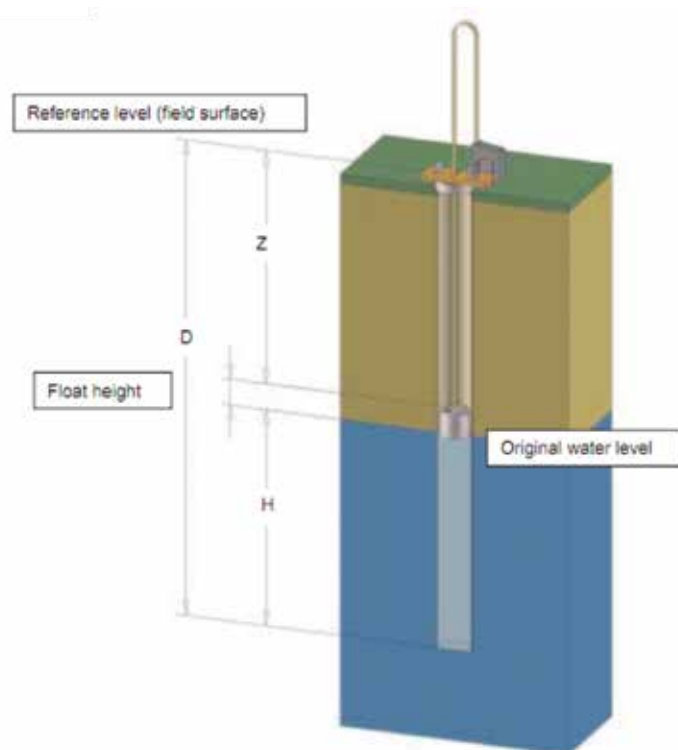
1. Cinta métrica
2. Soporte para la cinta métrica
3. Flotador
4. Punta de la cinta métrica debajo de la abrazadera del flotador
5. abrazadera



Nota: el flotador se eleva 5 cm por encima del nivel del agua por lo que es necesario aplicar esta corrección cada vez que se use. Con esta primera medición podremos determinar los valores de H y Z:

Por ejemplo: si la profundidad total del agujero (D) fue de 185 cm y la medida con el flotador (Z) fue de 65 cm aplicamos la siguiente fórmula

$$H = 185 - 65 - 5 = 115 \text{ cm}$$



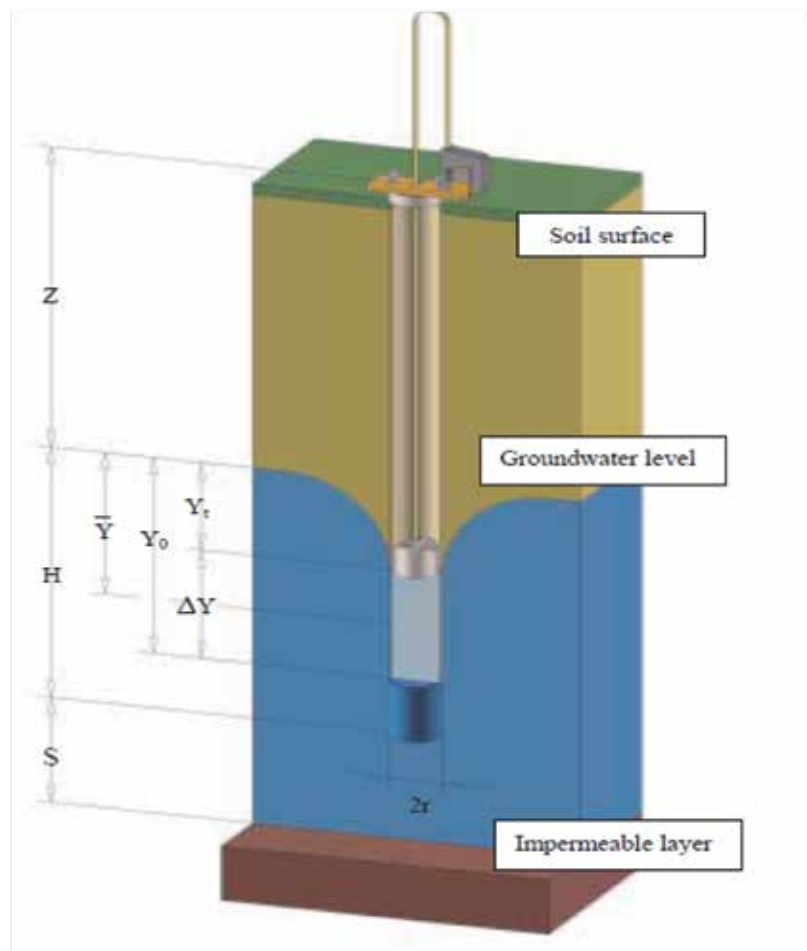
6. Retirar el flotador y proceder a extraer el agua con la ayuda del achicador y la extensión de barreno e inmediatamente introducir el flotador tome el dato de la altura inicial Y_0 e inicie el cronómetro T_0

7. Anote en la tabla la medida del metro cada 2 segundos o en intervalos de tiempo iguales

8. La prueba finaliza cuando se ha recuperado el 20 % del nivel de agua



Cálculos



$$V_s = \frac{\Delta Y}{\Delta T}$$

Dónde:

$$\Delta Y = Y_n - Y_0$$

$$\Delta T = T_n - T_0$$

Para ilustrar mejor esta ecuación utilizaremos un ejemplo:
Partimos de los datos que se calcularon en la página 69:

D=185

H=115

Z=65

Supongamos que la lectura inicial fue de 175 cm (Y_0) y la lectura final a los 8 minutos fue de 150 cm (Y_n); entonces hacemos la conversión de los valores de Y restándoles Z:

$$175 - Z = 110$$

$$150 - Z = 85$$

$$\Delta T = T_n - T_0 = 480s$$

$$V_s = \frac{25 \text{ cm}}{480 \text{ s}} = 0,052 \text{ cm/s}$$

TABLA DE RESULTADOS CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Lectura	Tiempo	Y (cm)	ΔY (cm)	Z	H	Conductividad
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

Práctica no 20: DENSIDAD APARENTE MÉTODO DEL CONO DE ARENA

Este método se centra en la determinación del volumen de una pequeña excavación de forma cilíndrica de donde se ha retirado todo el suelo compactado (sin pérdidas de material) ya que el peso del material retirado dividido por el volumen del hueco cilíndrico nos permite determinar la densidad húmeda. Determinaciones de la humedad de esa muestra nos permiten obtener la densidad seca.

El método del cono de arena utiliza una arena uniforme normalizada y de granos redondeados para llenar el hueco excavado en terreno. Previamente en el laboratorio, se ha determinado para esta arena la densidad que ella tiene para las mismas condiciones de caída que este material va a tener en terreno. Para ello se utiliza un cono metálico.

Materiales

- Cono de arena
- Arena
- Balanza
- Estufa de secado
- Equipo para excavar el agujero de ensayo

Procedimiento

1. Llenar el recipiente del cono con la arena
2. Determinar el peso del recipiente + el cono + la arena dentro del recipiente (W_1)
3. Realizar la excavación del agujero teniendo como referencia la guía del agujero de una profundidad de unos 10 a 12 cm



4. Determinar el peso del suelo retirado del agujero
5. Se debe determinar la humedad gravimétrica del suelo extraído
6. Colocar el cono invertido sobre el agujero y abrir la válvula hasta llenar el agujero
7. Determinar el peso de la arena que llena el agujero
8. El peso de la arena dividida su densidad nos dará el volumen



Cálculos:

$$D = \frac{\text{Masa de suelo seco extraído del agujero}}{\text{Volumen de arena utilizado para llenar el agujero}}$$

Práctica No 21: INDICE DE CONTENIDO DE CLOROFILA (Clorofilómetro)

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Cantidades adecuadas de N en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis.

Materiales

- Clorofilómetro
- Computadora

Procedimiento

1. Seleccionar la planta para análisis y encienda el equipo



2. Siempre antes de empezar a medir debe calibrar el equipo → presione Run → Measure con la cámara cerrada

3. Run → Setup → edit → yes para que el equipo guarde los datos



4. Elegir el tipo de medición: medición de un solo punto; Medición promedio de multipuntos o medición de promedio de multipuntos con corrección de desviación estándar → run → setup → flecha hacia abajo → edit → con la flecha hacia abajo elegir el tipo de medida si elige multipunto determinar cantidad de puntos que va a hacer por medición con flecha hacia la derecha y después arriba o abajo

5. Realizar la medición del contenido de clorofila en las hojas verdes run → measure

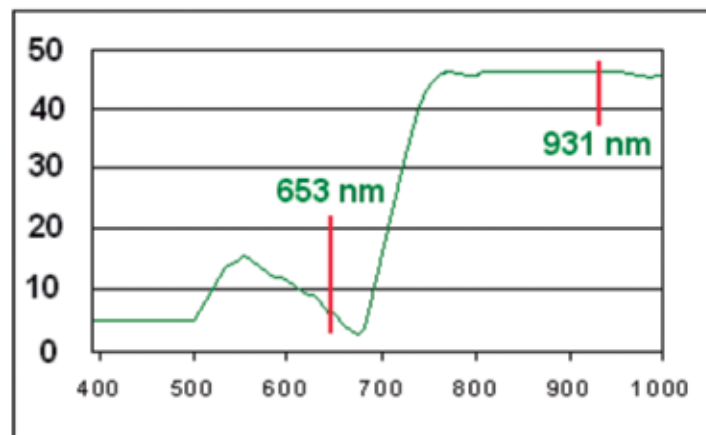
6. Dependiendo del tipo de estudio se puede seleccionar el área de la planta y de la hoja para hacer la medición

7. Conecte el clorofilómetro al pc y presione data los datos se pueden visualizar en Excel.



Cálculos

Figure 1
Chlorophyll
Transmittance



$$CCI = \%Transmittance \text{ at } 931 \text{ nm.} / \%Transmittance \text{ at } 653 \text{ nm.}$$

Práctica No 22: NIVELES DE LUZ FOTOSINTÉTICA (Luxómetro)

El luxómetro mide la cantidad de fotones entre 400 y 700 nanómetros. La fotosíntesis es impulsada en gran medida por el número de fotones entre estas longitudes de onda.

Las unidades de medida son $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; esta unidad se basa en el número de fotones de una cierta longitud de onda incidente por unidad de área y por unidad de tiempo y se usa comúnmente para describir PAR (Photosynthetic Active Radiation).

La radiación PAR varía normalmente entre 0 y 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (0-2000 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 1 $\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ es igual a número de Avogadro en fotones, $6,02 \times 10^{23}$ es decir que 1 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ se refiere a 602.200.000.000.000 (6,02 x 10¹⁷) fotones que llegan a la superficie de la tierra entre los 400 y 700 nm en cada metro cuadrado cada segundo

Procedimiento:


1. Instale cuidadosamente el sensor en el plato nivelador
2. Quite el protector del sensor



3. Encienda el equipo y éste, automáticamente empieza a medir luxes
4. Presione Sample para guardar la medición
5. Conecte el equipo al computador y descargue los datos almacenados

BIBLIOGRAFÍA

- ALADOS, I; FOYO-MORENO Y ALADOS-ARBOLEDAS, 1995. Photosynthetically active radiation: measurements and modeling; *Agricultural and Forest Meteorology* 78 (1996) 121-131
- BEERS, W. F. J. VAN, 1979. The auger hole method” Bulletin 1, 5th edition, institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.
- BUDUBA, CARLOS, 2004. Muestreo de suelos; criterios Básicos. *Revista Patagonia Forestal* Año X No 1. Laboratorio de suelos CIEFAP-UNPSJB. Abril
- CARTER, M. R. Y GREGORICH. 2008. *Soil Sampling and methods of analysis*. 2nd Edition. Canadian Society of Soils Science. Taylor & Francis Group, LLC
- ESFANDIARI, M; B.L. MAHESHWARI, 1997. Application of the optimization method for estimating infiltration characteristics in furrow irrigation and its comparison with other methods; *Agricultural Water Management* Volume 34, Issue 2, August 1997, Pages 169–185
- FAO. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas. Roma 2009.
- FLOREZ, LOURDES y ALCALÁ. 2007, *Manual de procedimientos analíticos Laboratorio de física de suelos*. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Instituto de Geología. Departamento de Geología.
- HODGSON, J.M. 1987, *Muestreo y descripción de suelos*. Oxford University Press. Editorial Reverte S.A.
- JORDÁN, ANTONIO, 2005. *Manual de Edafología*. Universidad de Sevilla. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y química agrícola.
- LOBO, DEYANIRA y MANSONIA. Métodos e índices para evaluar la estabilidad estructural de los suelos. Universidad Central de Venezuela, Facultad de agronomía. Instituto de edafología. *Revista Venesuelos* No 14 pg. 22-37
- MORENO, HECTOR, 2007. *El color del suelo*. Universidad Politécnica de Valencia departamento de Producción Vegetal
- OSMAN SALEEM MUSTAFA, MUHAMMAD, IMRAN y SAQIB ALI, 2003. Adoption of Kostikov Model to Determine the Soil Infiltration for Surface Irrigation Methods under Local Conditions; *International journal of agriculture & biology* 1560–8530/2003/05–1–40–42
- OVALLES, FRANCISCO A, 2003. El Color del Suelo: definiciones e interpretación. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela* No 3. Septiembre - diciembre
- RODRÍGUEZ, YENNY. Guía para la toma de muestras de suelos. CORPOICA – FEDEGAN



USDA (United States Department of agriculture). Soil Bulk Density/Moisture/Aeration. Soil Quality Kit. Guide for educators

TORRES, JULIO CESAR. Toma de muestras de suelos. Universidad de los Llanos. Facultad de ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

ZAGAL, ERICK, 2007. Protocolo de métodos de análisis de suelo y lodos. Universidad de Concepción. Facultad de agronomía. Chile

WEBGRAFÍA

Analytical Chemistry Instruments, IR, UV-VIS, AA Spectrophotometer (02 de Julio de 2013) Technology of Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) <http://analyticalchemistryinstruments.blogspot.com/2012/01/technology-of-atomic-absorption.html>

Blog Suelos y cimentaciones ingenieros civiles (05 de septiembre de 2013) <http://suelosycimentaciones.blogspot.com/>

Cornell University; Nutrient Management Spear Program; Agronomy Fact Sheets (30 septiembre de 2013) <http://nmsp.cals.cornell.edu/guidelines/factsheets.html>

Departamento de Edafología y Química Agrícola (3 de julio de 2013). Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España. Retrieved from: <http://edafologia.ugr.es/index.htm>

INFOAGRO (26 de junio de 2013). Concepto de pH e importancia en fertilización. Retrieved from: http://www.infoagro.com/abonos/pH_suelo.htm

Fine Gardening (26 de junio de 2013). The Four Things You Need to Know About Soil Ph. Retrieved from: <http://www.finegardening.com/how-to/articles/four-things-you-need-to-know-about-soil-ph.aspx>

NIVAP Nederlands Instituut Voor Afzetbevordering Van Pootaardappelen (07 de octubre de 2013) Soil and wáter from: <http://www.aardappelpagina.nl/explorer/pagina/soilwater.htm>

NRSC Natural Resources Conservation Service (26 de junio de 2013). The color of soil. Retrieved from <http://soils.usda.gov/education/resources/lessons/color/>

Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos



www.sena.edu.co

Centro Agropecuario "La Granja"
SENA REGIONAL TOLIMA COLOMBIA
Kilometro 5 Vía Espinal-Ibagué