

**Propiedades físicas del suelo, factor de prioritaria atención dentro de la productividad
agrícola**

Nelson Gerardo Bautista Niampira

Asesor

M.V. Esp. Jorge Edwin Gelvez Higuera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente “ECAPMA”

Agronomía

Bucaramanga

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Carolina Rueda Arteaga

Jurado

Jurado

Dedicatoria

El esfuerzo, los sacrificios y las ganas de lograr llegar a una meta, cumplir con un objetivo, se convierten en el motor que impulsa tus ideales y las ganas de lograr eso que te llena como persona y como componente de una familia, una sociedad y un mundo con esperanza de un futuro mejor.

Dedico este logro a mi esposa, a mi hija que día a día me acompañan, me apoyan, y se han convertido en ese aliciente que te ayuda a superar el decaimiento, las dificultades y te motivan a ser mejor.

A mi madre a mi padre, que me sacaron adelante a pesar de las dificultades, me educaron acertadamente, se esforzaron y pusieron todo su empeño para hacer de mí una mejor persona, luchadora, perseguidor de sueños e ideales y transformador de realidades, poniendo en cada actuación y esfuerzo, el sello particular de lo que son ellos como persona.

A mis hermanos, que me vieron crecer y siempre apoyaron mis iniciativas, ayudaron en la construcción de mi identidad, me enseñaron a compartir, a trabajar en equipo, y hoy día con sus actuaciones son un ejemplo a seguir.

A mis profesores, a todos aquellos que me acompañaron desde mi primer día en la escuela, especialmente a la profesora Atilia Dueñas de Pinto, mi profesora de primaria, una mujer de temple, con capacidad de orientar, enseñar, imponer disciplina y forjar en sus estudiantes valores, respeto por el otro y ante todo amor y apoyo para todo aquel que lo necesita.

Agradecimientos

Primero que todo a Dios, porque me ha acompañado e iluminado siempre en la toma de decisiones correctas, me ha concedido salud, trabajo y la oportunidad de educarme, fortalecer mis competencias, mis capacidades y ponerlas a disposición de quien las necesite.

Agradezco a mis suegros, a mis cuñadas, que con su apoyo y colaboración permanente me han permitido lograr más fácilmente los resultados y éxitos conseguidos.

A todos mis docentes del colegio, a mis compañeros de estudio y tutores de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”, sus enseñanzas fueron las mejores, su orientación y todo el esfuerzo que pusieron para educarme han dado los resultados esperados, gracias por los conocimientos transferidos, por las experiencias vividas y por todo aquello cuanto pusieron en mi camino para lograr mi profesionalización.

Gracias a la Policía Nacional de Colombia, entidad donde labore durante todo mi proceso formativo, los permisos otorgados y el apoyo permanente que ha permitido que pueda finalizar mi proceso formativo exitosamente.

Contenido

Resumen	5
Abstract	5
Problema	7
Objetivos	14
General.....	14
Específicos.....	14
Justificación	15
El suelo, propiedades físicas y su importancia.	19
Propiedades físicas fundamentales y su relación con la producción.	20
Color	20
Textura	25
Estructura	28
Consistencia	32
Porosidad	35
Permeabilidad	37
Densidad	39
Conclusiones.	41
Bibliografía	42

Resumen

La producción agrícola depende en gran medida de suelos óptimos, tradicionalmente dentro del análisis de la calidad de un suelo, se tienen en cuenta sus propiedades químicas, los nutrientes son los que garantizan el desarrollo óptimo de la planta, sin embargo, se deja de lado las propiedades físicas del suelo, variable de gran importancia y que junto con los factores biológicos, facilitan una adecuada germinación, desarrollo y producción de la planta.

Las propiedades físicas del suelo, tienen que ver con su estructura, las partículas que lo conforman, y que son el resultado de procesos evolutivos en cada ambiente particular donde las encontremos, en su creación intervienen aspectos como el clima, el relieve, la humedad relativa y otras variables que condicionan estas propiedades y que permiten la formación de suelos y horizontes con condiciones particulares.

Conocer cada una de las propiedades físicas del suelo, permite al productor tener la capacidad de identificar sus particularidades, comprender la interacción que puede darse entre el suelo y las plantas y adicionalmente lo orienta sobre la toma de decisiones y las prácticas de manejo adecuadas que favorezcan su conservación y sostenibilidad en el tiempo.

Abstract

Agricultural production depends to a large extent on optimal soils, traditionally within the analysis of the quality of a soil, its chemical properties are taken into account, the nutrients are those that guarantee the optimal development of the plant, however, it is left aside the physical

properties of the soil, a variable of great importance and which, together with the biological factors, facilitate an adequate germination, development and production of the plant.

The physical properties of the soil, have to do with its structure, the particles that make it up, and which are the result of evolutionary processes in each particular environment where we find them, aspects such as climate, relief, relative humidity intervene in its creation and other variables that condition these properties and that allow the formation of soils and horizons with particular conditions.

Knowing each of the physical properties of the soil, allows the producer to have the ability to identify its particularities, understand the interaction that can occur between the soil and plants and additionally guides him on decision-making and appropriate management practices that favor its conservation and sustainability over time.

Problema

El concepto de suelo tiene sus antecedentes en el mismo origen y capacidad de raciocinio del hombre, en sus inicios la tierra que estaba conformada en su mayoría por el suelo, fue definida como uno de los estados de la materia, con la discusión aristotélica, se efectuó una diferenciación apareciendo los conceptos de tierra y piedra, la primera definición hacía referencia al componente donde se desarrollan las plantas, la segunda por su parte en la base que permite que las sustancias que le servían de alimento llegaran a ellas (Fierros Viqueira, 2011), en sus inicios para los primeros hombres el suelo no era importante para las plantas, incluso su presencia se consideraba un accidente para ellas, según Lavoisier en su documento crítica de las teorías.

A mediados de los siglos XXI a.C los avances en el estudio del suelo no fueron muy necesarios para la sociedad de la época, solo se tiene referente de la identificación de algunos suelos que facilitaban la producción de cierto tipo de cultivo, por lo que se originó una diferenciación conocida como la clasificación de Virgilio, que presentaba los siguientes tipos de aptitud; 1 para Vid, 2 para pasto, 3 para cereales, 4 no apta para cereales y 5 apta para todos los cultivos, también se hizo una clasificación de color a mediados del siglo XXI a.C, denominada la clasificación China, pero no tuvo mayor utilidad para la época.

En el siglo XVIII, aún el estudio del suelo no tenía mayor relevancia, inclusive se tiene como soporte que los primeros antecedentes sobre la materia fueron el documento Mineralogía de Wallerious (Estocolmo, 1750), en el que se presentó la siguiente tabla de división de los suelos; tierras en polvo, tierras arcillosas o grasas, tierras minerales y arenas, para cada tipología existan unas subdivisiones internas que se efectuaban a partir del sistema binario de Linneo (

(Fierros Viqueira, 2011), aun así, desde la época griega, a esa fecha, no existían estudios rigurosos o científicos que pudieran ser validados como sistema de clasificación del suelo.

Desde el siglo XVIII, con los primeros estudios del suelo, paulatinamente esta área del conocimiento fue despegando y se dieron mayores avances científicos y de análisis de sus particularidades, poco a poco se fue identificando la función del suelo en la nutrición de las plantas, el origen del suelo a partir de la evolución, transformación y alteración de rocas, y la interacción que tienen sus partículas con los distintos componentes de su entorno, para el siglo XIX se conceptuaba el suelo como un recurso natural que estaba conformado por materia orgánica, agua y atmósfera, concepto alejado de los anteriores estudios.

En esta época también se llegó a pensar que el suelo era el alimento para las plantas, sin embargo posteriores estudios, permitieron conocer que no propiamente era así, sino que en él se fijaban minerales, nutrientes, materia orgánica, agua y otros componentes que se absorbían a través de sus raíces y que le permitan el desarrollo, también se adentró más en los estudios sobre el origen del suelo y las propiedades físicas que se adoptan a partir de las distintas interacciones con el entorno y las formas de vida en él establecidas.

Hoy días los estudios del suelo han avanzado enormemente, es válido decir que existe una amplia gama de contenidos y datos que presentan mucha información sobre la temática objeto de análisis, por tanto, no se puede concebir este trabajo como un documento no debatible, sino más bien, como un documento orientativo que recopila postulados de varios autores, para de esta manera adentrarse en el análisis de la información y ponerla a disposición del lector como un nuevo insumo de aprendizaje y herramienta para la ilación de sus propios conocimientos.

Las definiciones de las propiedades físicas de los suelos, en términos generales han sido descritas taxativamente de manera similar, el ingeniero agrónomo, Rafael Giménez en su libro Física del Suelo, describe que estas propiedades están conformadas por tres fases, sólida, líquida y gaseosa, haciendo alusión a un sistema trifásico, la fase sólida la conforman los minerales, partículas y la materia orgánica presentes en la estructura del suelo, la fase líquida la integra el agua y otros fluidos presentes en su estructura, por su parte la fase gaseosa, corresponde a lo que muchos denominan atmósfera del suelo y es el resultado de las reacciones presentes en este como efecto de los complejos procesos químicos, físicos y de interacción molecular y celular.

Este mismo autor divide las propiedades físicas del suelo en características fundamentales, entre las que se encuentran la textura, estructura, el color, consistencia, densidad y temperatura, por otro lado, plantea las características derivadas, es decir, que son el resultado de la disposición e interacción de las primeras, refiriéndose a la porosidad, capacidad de aire, capacidad de agua, nivel de compactación y profundidad radicular efectiva (Gimenez, S.F).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) plantea que el suelo es aquella capa protectora de nuestro planeta que se ha formado a través de miles de años, está compuesta por minerales, materia orgánica, microorganismos, aire, agua y nutrientes, su composición es el resultado de la interacción de rocas, con residuos de plantas o animales en descomposición, sedimentos, agua, aire, temperatura, y demás ciclos biológicos que generalmente demoran miles de años (FAO, S.F),

También menciona que el tamaño y forma de las distintas partículas que están presentes en determinado tipo de suelo, dan lugar a lo que se conoce como sus propiedades físicas, entre ellas están la textura, la estructura, la capacidad de drenaje de agua y la aireación, cada suelo es el resultado de distintos factores, como son la antigüedad de las rocas que lo formaron, el relieve,

el clima, la vegetación, las demás formas de vida establecidas en él y las modificaciones ocasionadas por la actividad humana.

March (1978), citado en el libro Edafología 1 de la Universidad de Caldas, plantea que el suelo es un medio en constante cambio, donde existe una estrecha interrelación entre factores como el aire, las rocas, el relieve, la flora, la fauna, el agua y los factores climáticos y que el resultado de estas interacciones son la textura, la estructura, la densidad, la porosidad, la profundidad, la pedregosidad, el drenaje, el color en otras particularidades físicas (Universidad de Caldas, 2011),

Las definiciones de las propiedades físicas del suelo son compartidas y existe un amplio grado de complementariedad, que de cierta manera, apoya el entendimiento de su concepto para así poder utilizarlo adecuadamente en beneficio de las necesidades humanas y de su protección.

Conocer el concepto y la complejidad de las propiedades físicas del suelo, permite adentrarse en la importancia que reviste su conocimiento, para poder usar este recurso adecuadamente y optimizar la producción bajo principios de un desarrollo sostenible, en los últimos años, la degradación de los suelos se ha incrementado por factores como son; la expansión de la frontera agrícola, el monocultivo y sobrepastoreo, la explotación maderera, catástrofes naturales como incendios, terremotos o inundaciones, procesos de urbanización, contaminación por aplicación excesiva de componentes químicos, intervenciones físicas desfavorables, practicas inadecuadas de cultivo (Capo, 2007), factores que atentan contra su conservación, en la mayoría de los casos los productores agrícolas centran el análisis de los suelos en el resultado del estudio de las propiedades químicas y biológicas, pero dejan de lado las propiedades físicas que es un factor de atención para protegerlo y optimizar la producción de las plantas.

Para la FAO, en su componente de evaluación, los procesos de modificación de los suelos se han dado, por cuenta de procesos agrícolas, industriales, de adecuación o construcción de infraestructura o la ampliación de la zona urbana con el establecimiento de poblaciones o asentamientos humanos, variables que traen consigo consecuencias sobre el suelo, por lo tanto, en este punto es de gran valor los aportes de la edafología y la geofísica, como ciencias integrales que permiten comprender su estructura, funcionalidad y vulnerabilidades, consideraciones que ayudan a mitigar el impacto y favorecen el desarrollo pero bajo preceptos de sostenibilidad.

Particularmente el sector agrícola, ha sido uno de los reglones donde más se ha visibilizado los efectos del deterioro de los suelos, condición que se da como consecuencia de la practicas humanas descritas con anterioridad, en este entendido, para el sector agrícola el deterioro del suelo no solo se interpreta como el efecto de factores erosivos y destructivos, sino por perdida de la capacidad productiva, entendida como la fertilidad (Tacuri, 2002), en este orden de ideas, cuando se habla del deterioro del suelo, se deben tener en cuenta factores cualitativos y cuantitativos, que sumados permiten al investigador generar insumos de conocimiento que permiten atacar distintas problemáticas.

Las propiedades físicas del suelo juegan un papel de gran importancia dentro de su manejo y dentro de la capacidad de producción de las plantas, a partir de la siembra y desarrollo fisiológico sostenido, por lo tanto, con los resultados el productor puede tomar decisiones sobre el manejo adecuado, pues cuando se desconocen estas particularidades se incurre en una planeación inadecuada que lleva un proyecto productivo al fracaso o conlleva mayores gastos que pueden ser mitigados si dentro de los análisis previos, se conoce como va a ser la relación de la planta con las estructuras del suelo, o como va ser la relación del productor mismo con el suelo.

Como bien es sabido, el suelo es considerado un recurso natural que no es renovable en el corto tiempo, su regeneración puede tardar miles de años y los manejos inadecuados en actividades agrícolas, pecuarias, de urbanización y otras, ocasionan su degradación y daños irreversibles.

La Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) en comunicado de prensa publicado en su página web, menciona que el deterioro de los suelos pone en riesgo el bienestar y calidad de vida de por lo menos 3200 millones de personas en el mundo (IPBES, 2019), valor que equivale a casi la mitad de la población actual, que se estima en 7700 millones de habitantes según datos suministrados en la página de la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU, 2020), por tanto, el deterioro del suelo es un factor determinante en la estabilidad de las formas de vida como las conocemos hoy día, y es un punto de atención para la continuidad de la producción alimentaria requerida para la población, además que su estabilidad es un componente crucial para los biomas, ecosistemas y medio ambiente en general.

En muchos escenarios el suelo no se conserva, ni se protege para garantizar su estabilidad, conservar sus propiedades y garantizar la utilidad que presta al hombre, las propiedades físicas del suelo no son tenidas en cuenta como componente crucial para el desarrollo de las plantas, mucho menos para proteger la estabilidad del suelo como una estructura que necesita un equilibrio para su normal funcionamiento y sostenibilidad en el tiempo, razón por la cual, es indispensable que exista una mayor apropiación de conocimiento sobre el tema, de suerte, que permita la adopción de prácticas que contribuyan a la conservación de los horizontes superficiales que lo conforman prolongando su capacidad de servicio a las distintas formas de vida del planeta.

Al realizar análisis de distintos estudios particularmente del sector agrícola, se ha demostrado que las propiedades físicas del suelo se deterioran o sufren cambios cuando se efectúan prácticas de monocultivo, factores como la densidad y la porosidad se afectan principalmente en zonas de poca profundidad, es decir en los horizontes superiores del suelo, también que esto obedece a razones como el mal manejo, el paso de maquinaria, de animales, de operarios y otros factores que conllevan estos resultados, (Novillo Espinoza, y otros, 2017), la compactación del suelo y pérdida de porosidad trae consigo dificultad para el enraizamiento de las plantas, para la absorción de nutrientes y de recurso hídrico, por citar algunos ejemplos de cómo las propiedades físicas son importantes para la producción agrícola.

De otra parte, las partículas y componentes físicos del suelo, conforman distintos ciclos biológicos de recursos como el agua, el aire, el hidrógeno, el carbono, fósforo y otros elementos, minerales y nutrientes que son indispensables para el desarrollo y crecimiento de especies agrícolas, forestales, madereras y todas aquellas que permiten satisfacer diversas necesidades humanas y de otras formas de vida, por tanto, se considera que es indispensable generar conocimiento sobre la importancia de las propiedades físicas del suelo.

Objetivos

General

- Evidenciar la importancia de las propiedades físicas del suelo, como factor de atención en los procesos productivos agrícolas.

Específicos

- Identificar las propiedades físicas más importantes del suelo.
- Describir la relación que existe entre las propiedades físicas del suelo y la producción de las plantas.
- Establecer la dinámica relacionada con las propiedades físicas del suelo y la producción agrícola.

Justificación

Distintos autores definen que la estructura física de los suelos, depende o está estrechamente ligada a la masa total que lo conforma, las propiedades más representativas que posee son las siguientes; color, textura, estructura, consistencia, porosidad, permeabilidad y densidad como aquellos componentes edáficos de mayor importancia (Universidad Nacional de San Juan - Argentina, 2016), cada uno de ellos con características especiales y que influyen en gran medida sobre la calidad del suelo y su viabilidad para el cultivo y su conservación.

Las propiedades físicas más representativas y de consenso general son:

Color: propiedad observable, varía desde colores claros a oscuros, está conformada por las variables de matiz, luminosidad e intensidad, una de las explicaciones de mayor acogida en la academia es la presentada por Albert Henry Munsell (1858-1918), donde se interpreta las dimensiones del color y en razón a qué se presentan en la naturaleza, gracias a este estudio creo una tabla que permite la identificación y clasificación de suelos.

Textura: considerada como la relación existente entre el contenido de diferentes fracciones granulométricas que conforman el suelo (limo, arena, arcilla) y dentro de las cuales están solo aquellas partículas que no superen los 2mm (Novillo Espinoza, y otros, 2017), pues gránulos o estructuras de tamaños mayores se denominan grava, piedra o roca. Para esta característica existen dos herramientas de gran utilidad (esquema triangular de las texturas de la U.S.D.A. y Esquema Internacional).

Estructura: corresponde a la manera de asociación de las partículas del suelo para formar agregados, incluye minerales, nutrientes, vacíos, recurso hídrico, materia orgánica, etc.,

su disposición le da la estructura al suelo, también la estructura concede a los suelos una forma, un tamaño y su grado de manifestación, suelos con una estructura adecuada, favorecen circulación de aire, nutrientes, materia orgánica y agua, generalmente favorecen la homeostasis del suelo por intervenciones abruptas y por referenciarlos de alguna manera.

Consistencia: concepto que comprende la capacidad de las partículas que conforman el suelo para mantenerse unidas, su resistencia para no ser deformadas o rotas, dependen en gran medida de las condiciones de humedad de las partículas, pues en estado seco la consistencia es menor que en estado húmedo, esta condición se visibiliza con factores de pegajosidad, plasticidad, soltura, firmeza, entre otros.

Porosidad: comprende los espacios, vacíos o huecos existentes entre las partículas que conforman el suelo frente al total de la masa que lo integra, generalmente entre más aspereza o tamaño tiene los gránulos del suelo, existiría una mayor porosidad, situación que es inversa cuando las partículas son más finas y cuando existe un mayor grado de humedad en ellas, los poros en el suelo pueden ser de tipo macroscópicos o microscópicos, los suelos arenosos tienen una mayor porosidad.

Permeabilidad: característica que corresponde a la facilidad que tiene el suelo para el ingreso de fluidos, y está condicionada además de la porosidad, por la forma y disposición de estos poros, tiene estrecha relación con la textura, estructura y contenido de materia orgánica (Novillo Espinoza, y otros, 2017)

Densidad: puede definirse como la densidad de las partículas sin incluir todos los espacios vacíos que hay entre ellas, dentro de un volumen definido, pero existe un valor de **densidad aparente**, que incluye la densidad de las partículas más los espacios vacíos, (Arias

Jimenez, 2007), esta propiedad física es de gran importancia para el manejo de riego y sistemas de drenaje.

Es importante comprender que las propiedades físicas del suelo, están dadas por la forma en que en él se mezclan recursos como el agua, el aire y partículas sólidas, dependiendo de la cantidad y la disposición de estos recursos en el suelo, es posible que en él existan o puedan circular nutrientes, minerales, materia orgánica y otros que favorezcan las condiciones para el cultivo de las plantas.

La actividad agrícola de la actualidad, sumada a la expansión urbana, la minería, la construcción de infraestructura, la explotación maderera y ganadera, son algunos de los factores que, según la FAO, han traído consigo el deterioro de varias extensiones de suelo en el mundo, particularmente la existencia de alguna de estas prácticas a pequeña o gran escala, y sin tener en cuenta aspectos preventivos, lo que conlleva procesos de degradación de las propiedades físicas del suelo, sin embargo, dentro de las ventajas que existen para la determinación de estas propiedades, está el hecho de que muchas sencillamente pueden ser identificadas, a partir del análisis visual, con el tacto o con técnicas sencillas que no demandan de grandes inversiones o equipos sofisticados para su reconocimiento.

Reconocer las propiedades físicas del suelo, permite entonces tomar decisiones o identificar las ventajas y desventajas de un terreno para el establecimiento del cultivo, si un productor, tiene pleno conocimiento sobre la textura del suelo de su granja, y determina que su suelo es muy arcilloso, con bajos componentes de limo y arena, pues tendrá como ventaja que este tipo de suelo es menos propenso a perder la humedad y nutrientes, que aquellos con gran componente de arena, limo y poca arcilla, también tendrá el conocimiento para saber que este tipo de suelo es muy adherente si es comparado con suelos arenosos, condición que está

enmarcada dentro de la propiedad de consistencia y que a su vez varía por condiciones como la humedad del suelo.

Otro factor de importancia dentro del conocimiento de las propiedades físicas del suelo, es que a partir de esta información es posible tener idea de algunas condiciones químicas y biológicas del mismo, sirve como herramienta para determinar las características de los horizontes, este factor es trascendental, ya que en los horizontes superficiales es donde se desarrollan y crecen las raíces de las plantas, suelo poco profundos limitan este crecimiento y tienen menos capacidad para el almacenamiento de agua, aire y recursos nutritivos indispensables para los cultivos.

El suelo, propiedades físicas y su importancia.

El suelo es el resultado de un proceso evolutivo de millones de años, en su formación han tenido participación; rocas, lluvias, luz solar, procesos químicos y biológicos que en función de la intensidad, las condiciones ambientales y del entorno donde se desarrollan, le conceden unas características particulares, existen suelos con abundante materia orgánica, con coloraciones distintas, suelos arenosos, otros pegajosos, algunos fértiles y otros erosionados, todas estas condiciones son el resultado de procesos naturales e intervenciones humanas o de otras formas de vida que progresivamente los van transformando.

La materia orgánica en los suelos es de gran importancia para su evolución y capacidad productiva, pues con ella se da la interacción entre macro y microorganismos, generando unos procesos químicos y biológicos de formación de nutrientes, minerales y compuestos que utilizan las plantas en su etapa de germinación, crecimiento y demás fases del desarrollo fisiológico.

Los suelos tienen unas propiedades físicas que son el producto de su desarrollo, una propiedad física es aquella que corresponde con aquellos aspectos estructurales que son medibles, cuantificables y que en su mayoría pueden ser identificables a simple vista, por ejemplo el color puede ser medido en una escala de matices y por la frecuencia de su intensidad, sin embargo, es claro precisar que en ocasiones también depende de la percepción que se dé por parte de la persona que lo observa y en este sentido, el análisis puede ser objeto de variación (Fisicanet, 2000).

Las propiedades físicas pueden ser intensivas; son aquellas características donde el valor medido no tiene en cuenta la cantidad de materia o partículas presentes en el sistema, por tanto si el sistema se divide en dos, el resultado de la medida sigue siendo el mismo, un ejemplo es la

densidad, también hay característica extensivas; que al contrario de las intensivas, en una cantidad de materia determinada que es dividida en dos partes, el resultado también cambia en las dos partes, por ejemplo el volumen, el suelo como ya se mencionó en apartes anteriores está conformado por partículas o aquello que conocemos como materia, es decir su composición es definida, constante y sus propiedades son identificables, aunque puedan pasar de un estado a otro permanentemente.

Con este análisis se define que las propiedades físicas del suelo también se ciñen a esta definición, la importancia dentro del manejo agronómico y de preservación, radica entonces en la interpretación y conocimiento de conceptos básicos que sin duda facilitan la toma de decisiones, y se constituyen en insumo de ayuda para el productor o para aquellas personas interesadas en protegerlo.

Propiedades físicas fundamentales y su relación con la producción.

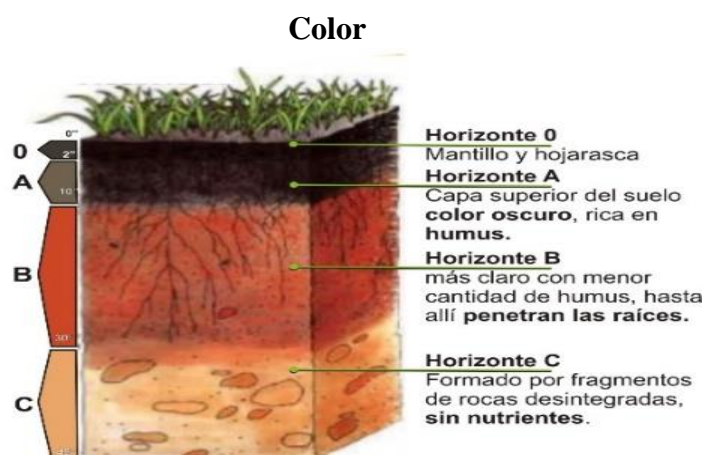


Figura 1: El color en el suelo - <https://altagracia.gob.ar/educacion-ambiental-suelo/>

El color de los suelos guarda una estrecha relación con los componentes sólidos (materia orgánica, textura, composición mineralógica, morfología) (Julia María , Alma Delia , Francisco , & Otilio , 2011), es una característica de gran importancia, esta variable permite conocer algunos

aspectos importantes de la composición del suelo, también brinda información sobre su historia y factores de oxidorreducción que se presentan, la medición del color de un suelo se puede efectuar haciendo uso de equipos de precisión como el espectrofotómetro, o métodos como el de colorimétrico, en este último procedimiento se aplican al suelo reactivos químicos y se obtiene una reacción de coloración que permite establecer la presencia de algunos elementos o minerales que le dan la coloración particular, sin embargo, estas técnicas demandan una mayor inversión económica, por tanto, para un productor que busque reducir sus costos de inversión, puede hacer uso de la tabla elaborada y validada científicamente por el estadounidense Albert Henry Munsell, esta herramienta es de gran utilidad y presenta un alto grado de precisión a la hora de identificar el color y características de un suelo.

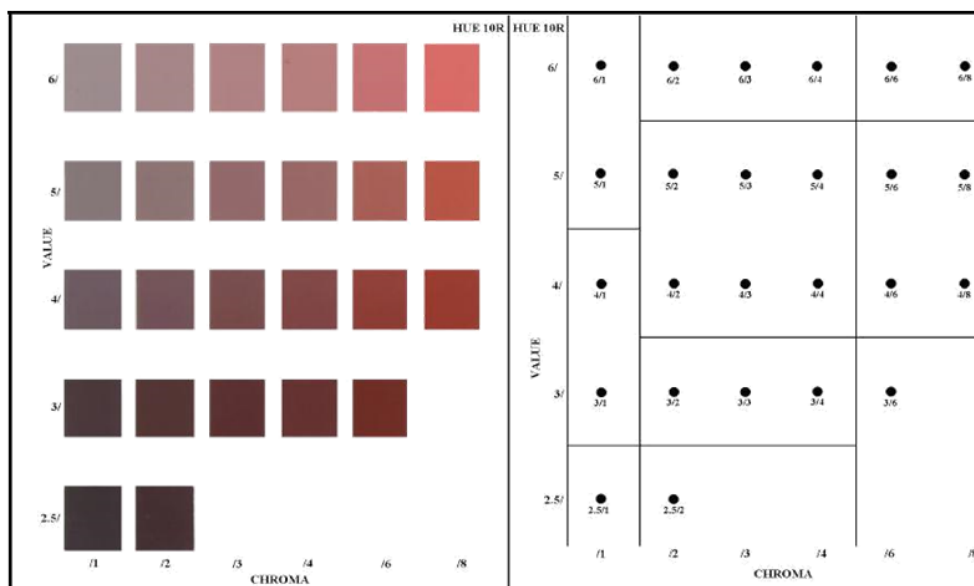


FIGURA Colores de la tabla correspondientes al matiz 10R. (Adaptada de Munsell Color, 1990).

Figura 2: Tabla de Munsell – <https://sites.google.com/site/cienciadelsueloutmach>

Las tablas de color de Munsell incluyen todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, en suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices

(Julia María , Alma Delia , Francisco , & Otilio , 2011), busca identificar tres valores de gran importancia así; **matiz**, en la tabla se ubica en la parte superior derecha, haciendo referencia al color espectro dominante (rojo, amarillo, verde, azul, o violeta), también existe una subdivisión de grupo (rojo-amarillo, amarillo-verde, verde-azul, azul-violeta y violeta-rojo), la **luminosidad**, que corresponde al grado de claridad o luz que refleja el suelo, va en una escala de 0 a 10, donde 0 es negro y 10 es blanco, finalmente está el valor de **intensidad** de color, que corresponde al grado de saturación del pigmento, este último valor es subjetivo, toda vez que depende en gran medida del grado de humedad o sequedad presente en el suelo, por lo que en el ámbito científico esta variable no se ha logrado normalizar con facilidad. (Portal Fruticola, 2020)

Partiendo de la información obtenida y una vez se tiene claro el color del suelo analizado, se puede ejecutar un análisis de información que brinda datos importantes sobre las características del suelo, entre estas están la siguientes:

Color rojizo: característico de suelos con alta presencia de hierro, los componentes principales de este tipo de suelos son la hematita, lepidocrocita, ferrihidrita y maghernita, en función de la cantidad de cada elemento, se generan coloraciones como amarillo-rojizo, o rojo en mayor a menor intensidad, este tipo de suelos también pueden tener abundancia de dióxido de magnesio y aluminio, los suelos rojizos generalmente son el producto de procesos avanzados de evolución, en ocasiones presentan deficiencia de nutrientes como el boro y el potasio, aunque generalmente son muy fértiles y con gran capacidad para el desarrollo de las plantas.

(Universidad de Cordoba España, 2017)

Color Amarillo: coloración que se da por la presencia de elementos como la goetita, jaroisita y lepidocrocita, estos suelos generalmente tienen presencia de óxido de hierro hidratados, en combinación con partículas de material arcilloso y cierto porcentaje muy reducido

de materia orgánica, (Universidad de Cordoba España, 2017), no tienen un alto porcentaje de fertilidad, generalmente tiene malos procesos de drenaje y la presencia de arcilla dificulta el ingreso de nutrientes, agua y otros elementos a los horizontes más profundos, requieren aumentos significativos de materia orgánica para mejorar su capacidad productiva y estructura física en general.

Color gris, verdoso o azulado: el mayor porcentaje de elementos presentes en este tipo de suelos son los compuestos ferrosos, arcillas saturadas con Fe^{2+} y con alta presencia de hidromorfía, alta saturación de agua en su superficie que conlleva procesos de reducción y oxidación, otros elementos que pueden estar presentes son el cuarzo, ferrihidrita y glauconita. (Universidad de Cordoba España, 2017), esta coloración generalmente aparece en superficies con exceso de agua, en ambientes anaerobios que desplazan el oxígeno de los poros existentes y como resultado se dan procesos químicos y biológicos que conllevan su deterioro, para este tipo de suelos es importante generar estrategias de drenaje adecuadas, descompactación y mejoramiento a través de aplicación de materia orgánica, labranza adecuada y buenas prácticas agrícolas.

Color verde: coloración que es común en suelos donde aparece microflora como consecuencia de malas condiciones de drenaje (Alicia, 2016), generalmente son suelos con una consistencia fuerte y poca porosidad, la coloración se da en el horizonte A, pero en horizontes profundos cambia, es indispensable evitar su aparición a través de buenas prácticas de drenaje y ayudas como el establecimiento de cubiertas naturales.

Color pardo: surge cuando el suelo está en una etapa intermedia entre fértil y la pérdida de esta capacidad, su aparición es consecuencia de la disminución en su contenido de materia orgánica, el elemento de mayor presencia en este tipo de suelo es la goetita, (Alicia, 2016) son

suelos con un porcentaje de fertilidad con tendencia a la baja, también poseen un buen drenaje pero que requieren de cuidados a través del aumento de materia orgánica y de otros nutrientes que paulatinamente se han ido eliminando de su composición.

Color negro: suelo con presencia de elementos como el humus, el sulfuro de hierro y pirita, se consideran suelos con un muy alto porcentaje de materia orgánica y a su vez con una gran capacidad de fertilidad, su estructura permite intercambio catiónico de gran facilidad (Alicia, 2016), también tienen presencia de micro y macro organismos, su actividad química y biológica natural es muy alta, estos suelos se pueden proteger manteniendo su estructura a través de buenas prácticas biológicas, agrícolas y de protección como las barreras naturales, cubierta y de manejo integrado.

Color blanco: los suelos blancos o de coloración blanquecita son suelos que en su mayoría están conformados por caolinita, caliza, carbonato de magnesio, yeso o sales, pueden ser todos estos componentes, alguno en particular, o varios de ellos, estos suelos generalmente no son utilizables para el cultivo, sin embargo, si son de mucha utilidad porque de ellos se pueden obtener productos utilizados para la estabilización y mejoramiento de otros tipos de suelos, como por ejemplo la cal, elemento utilizado para la regulación del PH.

Estos son algunos de los colores más representativos del suelo, existe amplia información sobre otras coloraciones, así como de la interpretación que se da cuando existe combinación entre cada uno de ellos, lo importante es precisar que el color en un terreno, es una variable que facilita la toma de decisiones sobre el manejo, el mejoramiento y las estrategias particulares que se deben tener en cuenta en el momento de implementar un proyecto de pequeña, mediana o gran escala, estas variables facilitan el éxito de lo que se planea ejecutar obteniendo así los resultados esperados.

El color del suelo orienta decisiones sobre el manejo del cultivo, un suelo amarillo puede ser el producto de abundante arcilla, a su vez los suelos de este tipo tienen un menor drenaje que los suelos negros, por lo cual, a partir de este análisis, y de los resultados de interpretación de otras variables físicas como la textura y la porosidad, se diseña un sistema de drenaje o de riego con intensidad y frecuencia acorde a la necesidad.

Textura

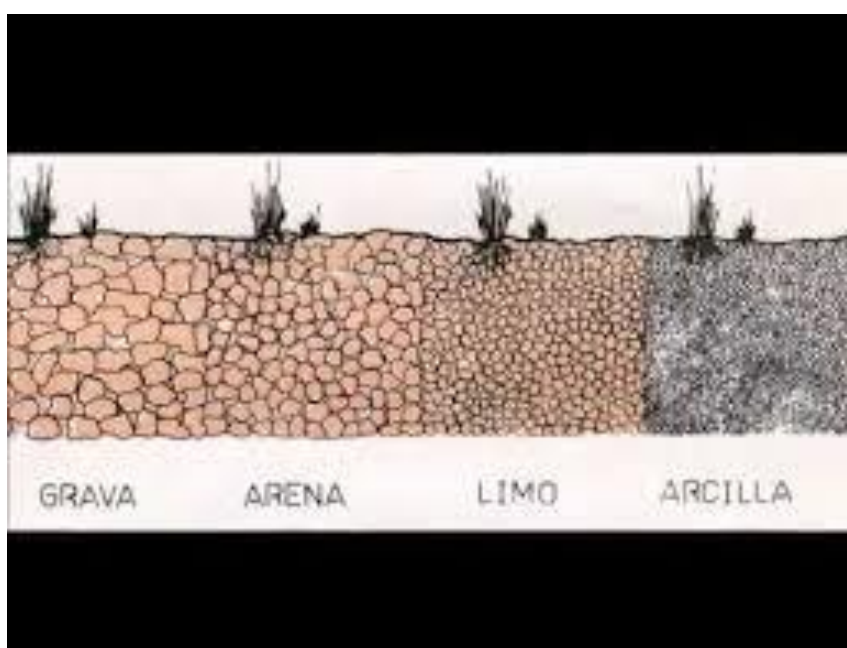


Figura 3: Textura del suelo - <https://magicanaturaleza.com/c-suelos/propiedades-fisicas-del-suelo/>

Los suelos están conformados por partículas de grava, arena, limo y arcilla, el tamaño de estas partículas, así como el porcentaje o cantidad presente en su composición, determina el tipo de textura, en la actualidad casi en todo el mundo las partículas que conforman el suelo son estas 4, por tanto existe un consenso, no pasa lo mismo con los tamaños sugeridos para cada una de ellas, por lo que los sistemas de medición de las partículas más usados y aceptados en el mundo corresponden al Atterberg o Internacional y el

USDA sugerido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos,
(Edafologia.net, 2020)

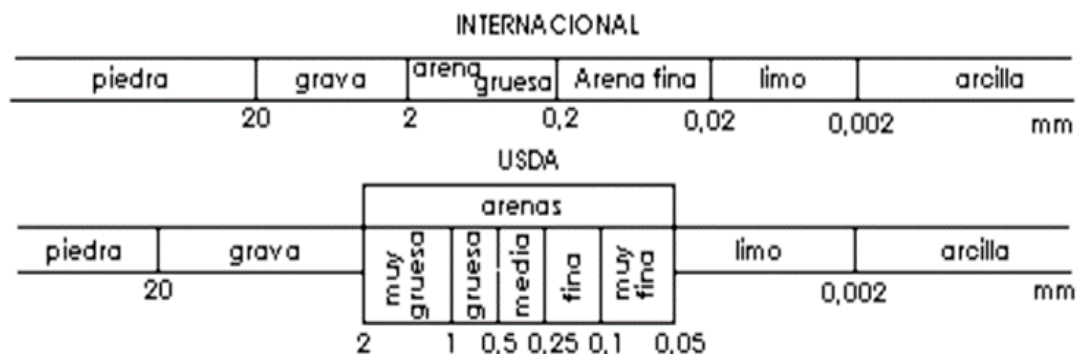


Figura 4: Clasificación de texturas - <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>

Los dos sistemas coinciden en indicar que las partículas de tamaño inferior a 0,002 mm corresponden a arcilla, sin embargo para el limo el sistema internacional establece que corresponde a partículas que van entre 0,002 y 0,02 mm, en el USDA ubica las que van entre 0,002 y 0,05, para la arena el internacional realiza dos subdivisiones, arena fina y arena gruesa, las ubica entre los rangos de 0,02 y 2 mm, el USDA subdivide la arena en 5 rangos que van desde 0,05, hasta 2 mm, de ahí en adelante los dos sistemas ubican la grava entre el rango 2 y 20 mm y la piedra de 20 mm en adelante.

Para la determinación de la textura se apartan los componentes de grava y piedra, por lo que el análisis se efectúa a partir de las partículas de arena, limo y arcilla, los porcentajes de cada uno de estos elementos determinan la textura, para su identificación se hace uso del triángulo de las texturas de la USDA - Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

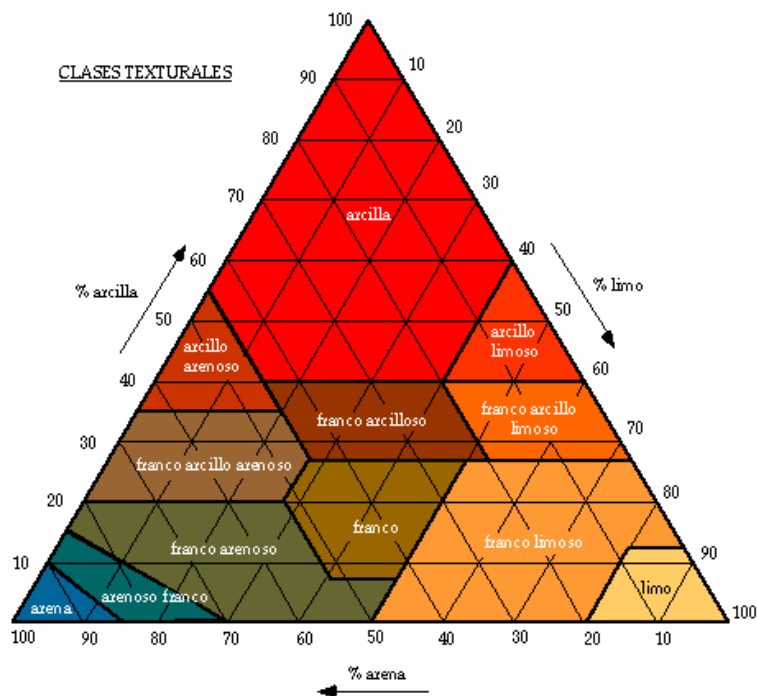


Figura 5: Triángulo de texturas USDA - <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>

El cruce de los porcentajes obtenidos para cada uno de los 3 elementos que conforman el suelo, da como resultado su textura, esta puede ser; suelo arcilloso, arcilloso-arenoso, arcilloso-limoso, franco-arcilloso-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcilloso-limoso, franco-arenoso, franco-limoso, franco, arenoso, arenoso-franco o limoso.

En resumen, si se tiene un suelo que tiene un 20% de arcilla, 60% de arena y 85% de limo, se está frente a un suelo de textura franco-arenosa, al analizar esta información con la propiedad física de color, vista en el aparte anterior, muy posiblemente será un suelo con una coloración oscura y con gran contenido de materia orgánica, suelo fértil, esta información permite ir obteniendo datos que paulatinamente ayudan para adoptar las prácticas agrícolas más adecuadas dentro del manejo de un suelo, las otras propiedades físicas también aportan datos que bajo un análisis aislado, posiblemente no brindan mucha información.

Conocer la textura es de mucha importancia para la elección de un sistema de riego adecuado, suelos donde el porcentaje de arena es muy alto, el drenaje se facilita y filtran el agua muy rápido, por ende, tienden a secarse con mayor rapidez, lo contrario ocurre en suelos donde el porcentaje de arcilla es mayor, los suelos arcillosos tienen un drenaje más deficiente que los de textura limosa o arenosa, además, si el tipo de mineral arcilloso es de las esmécticas, en suelos arcillosos en relieve llano, el drenaje no es el más adecuado; como ocurre con los vertisoles, Eslitsoles y Gleysoles arcillosos (Bernal, y otros, 2015), por tanto en suelos con abundante arcilla el agua se retiene con mayor facilidad y la frecuencia de riego debe ser menor, el limo por su parte es más neutral y su influencia depende en gran medida de los porcentajes existentes de arcilla y arena, la textura también orienta el trabajo para ir adecuando un suelo a una textura ideal y que favorezca el trabajo productivo y la protección de sus propiedades.

Estructura

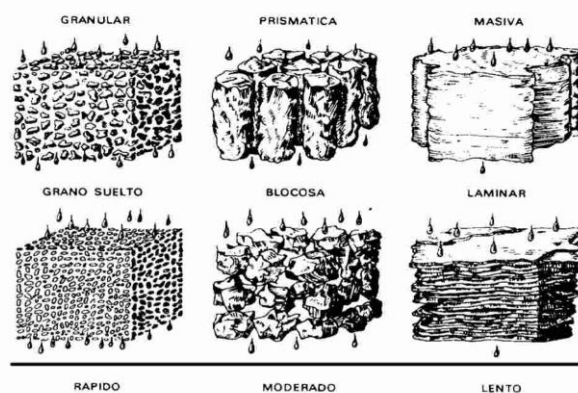


Figura 6: Estructura del suelo - <https://infoagronomo.net/que-es-la-estructura-del-suelo/>

La estructura de un suelo, está definida por el orden o disposición de cada una de sus partículas para dar forma a diferentes agrupaciones diferenciadoras, cuando las partículas se unen entre sí van conformando un arreglo espacial, que se define por una forma y un tamaño

distinto o similar al presente en otros suelos, así mismo los sobrantes de estas uniones o estructuras (partículas sueltas o con otras formas) se conocen como agregados del suelo.

En la unión de estas estructuras existen fuerzas que mantienen unidos sus componentes y que permiten que los agregados se comporten como una unidad. Tales fuerzas son mayores que aquellas que unen agregados adyacentes, de esa forma, al aplicarse una presión sobre una masa de suelo, los agregados se separan por superficies naturales de fragilidad, que representan los límites entre agregados (Gimenez, S.F)

Las partículas de un suelo al unirse paulatinamente, van adoptando una forma, un tamaño y una orientación, su masa, volumen y densidad se van transformando, lo que le va dando al suelo distintas propiedades cualitativas, más que cuantitativas, las formas del suelo más características o comunes son las de bloque, esferoidal, prismática y laminar, a su vez cada una de ellas tiene algunas subdivisiones.

Bloque: Partículas que se ubican alrededor de un punto el que es rodeado por otras partículas adoptando una forma lisa o redondeada (Gimenez, S.F). se subdividen en **Bloques angulares, que corresponden a aquellos** limitados por planos que se interceptan en ángulos relativamente agudos y los bloques **subangulares:** cuando las caras tienen forma redondeada y plana con vértices, que en la mayoría de los casos son redondeados.

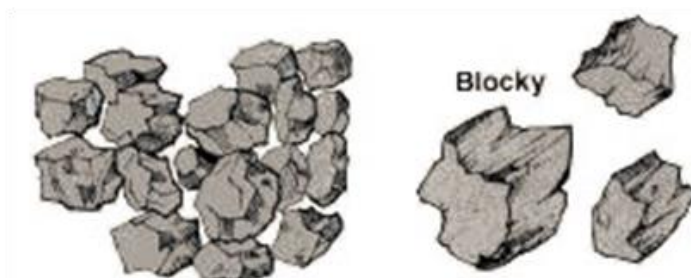


Figura 7: Estructura de bloque - <http://wwwcuatroc.blogspot.com/2010/11/la-estructura-del-suelo.html>

Esferoidal: tipo de estructura donde las diferentes partículas se distribuyen alrededor de un punto central generando tres dimensiones con una misma magnitud, se adopta una forma **granular** en la cual los agregados son no **porosos o migajosos**.

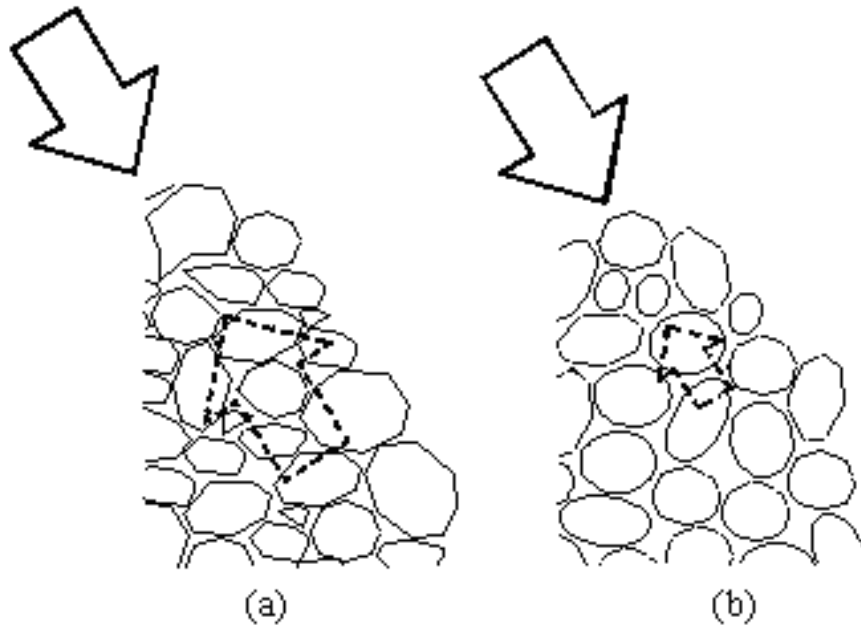


Figura 7: Formaciones esferoidales del suelo -

<https://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/10/estructura-y-cohesion-del-suelo.html>

En este tipo de suelos, se facilita la circulación del aire y del agua, ya que las partículas del suelo que forman las agrupaciones casi esféricas, generan espacios por donde pueda circular con facilidad el aire, el agua, nutrientes y microorganismos que posibilitan la transformación del suelo.

Prismática: esta estructura que ubica las partículas en una forma de arreglo vertical, alrededor de la cual se forman otras líneas con forma regular lisa, si la estructura que adopta en la parte superior no es redondeada se conoce como **prismática**, pero si adopta una estructura redondeada se conoce como **columnar**.

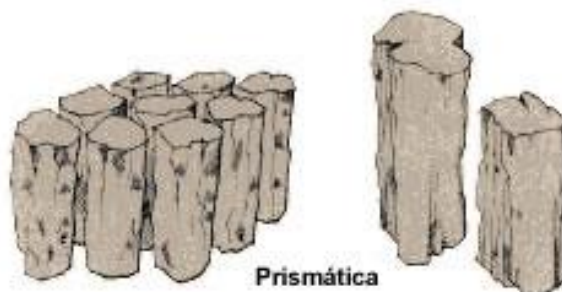


Figura 8: Suelo de estructura prismática -

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm

Los suelos de tipo prismático o columnar son el resultado de formaciones verticales separadas por espacios denominados fisuras, con una clara definición, por estas fisuras circula agua y otros elementos, aún así, por la disposición de cada una de las columnas que se han formado, son suelos con dificultades para el drenaje, facilitan la formación de cárcavas y el deterioro paulatino del suelo.

Laminar: este tipo de estructura aparece cuando las partículas del suelo se compactan dando lugar a la formación de capas finas de diferentes tamaños, distribuidas horizontalmente sobre el suelo, se forman en los horizontes superiores.



Figura 8: Suelo de estructura laminar -

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm

Las láminas que se forman, generalmente se superponen unas sobre otras, esta condición dificulta el paso de agua, aire y nutrientes, es una condición muy particular de suelos de textura arcillosa.

La estructura juega un papel de gran importancia para la producción y conservación del suelo, la mayor limitante identificada en varias estructuras de suelo, son la poca porosidad y la limitación para la circulación de agua, aire y otros elementos, existe una amplia variedad de elementos y tecnologías que permiten modificar las estructura, generando que los agregados se vayan desintegrando y formando suelos sin una estructura definida o que se adapte a las necesidades del productor, es importante saber que los suelos también son el resultado de las interacciones naturales, físicas y biológicas de su entorno, todos estos aspectos deben ser identificados previamente para garantizar su estabilidad estructural, otro aspecto a tener en cuenta en la intervención es agregar elementos y sustancias al suelo, que no empeoren o favorezcan la formación de estructuras no deseadas.

Consistencia

Esta propiedad está relacionada con la capacidad de cohesión y adhesión de las partículas que conforman el suelo, varía en función de otros factores como la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica y la cantidad de humedad presente, también influyen la gravedad, la presión, la tensión y la tendencia de las partículas a unirse a otras, para que sus átomos conformen lo que se conoce como enlaces químicos, esta condición facilita su equilibrio energético, situación que no ocurre cuando sus partículas se mantienen separadas. (Crosara, 2020)

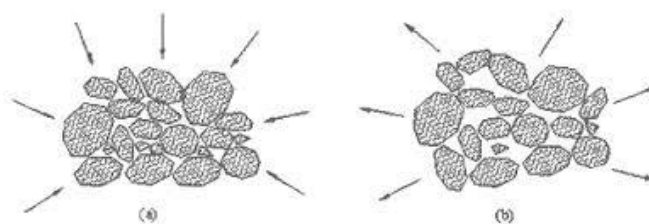


Figura 9: Consistencia del suelo - <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/12/consistencia-del-suelo.html>

La consistencia de un suelo se describe en función del grado de la humedad presente, en el año 1911 el pedólogo sueco Albert Mauritz Atterberg , descubrió esta particularidad, pues definió que la consistencia del suelo no es un estado permanente, sino que es una condición temporal que depende del contenido de agua existente entre las partículas, sus estudios permitieron presentar la siguiente tabla que representa el comportamiento del suelo, desde un estado seco a un estado muy húmedo, también describe el tipo de consistencia que adopta dependiendo del porcentaje de humedad presente.

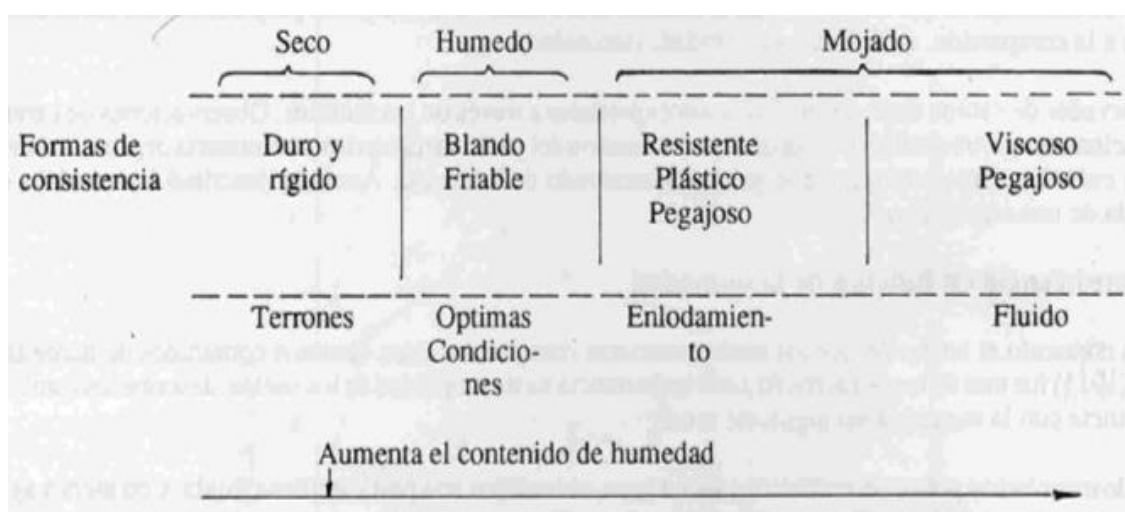


Figura 10: Consistencia y humedad - <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%205.pdf>

El manejo del suelo se facilita cuando hay un porcentaje de humedad que no es muy alto, cuando está completamente seco, existe una mayor dureza o rigidez, se forman estructuras difíciles de manipular debido a que la adherencia o cohesión de las partículas es muy fuerte, por el contrario, cuando hay encharcamiento, el suelo pasa a tomar una forma viscosa, pegajosa, que conlleva problemas de manejo, las partículas se pegan muy fácil a las herramientas de laboreo, se dificulta adaptar la forma del suelo a las necesidades del cultivo, por lo cual un suelo blando o friable, condición intermedia, es el ideal para las tareas de laboreo.

Para determinar la consistencia de un suelo, existen opciones manuales que se pueden poner en práctica, es necesario conocer las proporciones de agua y aire presentes en la estructura que se va a analizar, la metodología más utilizada es la del tacto, así; en condición de seco se toman varios terrones y se ejerce presión de manera individual en cada terrón, tomándolo con los dedos índice y pulgar para determinar la dureza, el resultado del análisis será blando, duro, muy duro, extremadamente duro, la otra medición consiste en agregar algo de humedad al suelo y desmenuzar los terrones con la mano, dependiendo de la resistencia, podemos definirlo como friable, muy friable, firme, muy firme, extremadamente firme, finalmente se hace la medición de la consistencia a capacidad de campo, con el suelo mojado, se mide la adhesividad y plasticidad, para la primera el suelo podrá ser adhesivo, ligeramente adhesivo y muy adhesivo, esto depende de la tendencia que tengan las partículas para pegarse a la mano y entre sí mismas, para la segunda condición, con la mano se toma un fragmento del suelo húmedo, formando una bola y luego con ella se intenta formar un cordón, los resultados que se obtengan se describen así; si se destruye y no forma un cordón es un suelo no plástico, cuando forma un cordón que se puede romper con facilidad, es ligeramente plástico, si forma un cordón con poca opción de maleabilidad, se trata de un suelo plástico y si forma un cordón con el que se puede hacer la letra U con facilidad sin que se deforme o se rompa, se habla de un suelo extremadamente plástico (El poli virtual, 2011)

La textura del suelo juega un papel trascendental en la consistencia, por ejemplo los suelos arcillosos, tienden a generar una mayor pegajosidad que los francos en condiciones de alta humedad, los suelos arenosos, por su parte en condiciones de baja o alta humedad tienden a tener una consistencia muy leve, pues sus partículas no tienen mayor capacidad de adherencia, tienden a permanecer sueltas, estas variables se deben conocer para que la consistencia sea un factor que

juegue en favor de las necesidades del productor y para efectuar labores de labranza que no demanden mucha dificultad.

Porosidad



Figura 11: Porosidad del suelo - <https://www.goconqr.com/es/p/19686623>

La porosidad del suelo comprende todos los espacios que existen entre las partículas y que no están ocupados por ningún tipo de materia, estos espacios facilitan la circulación de agua y de aire, la disposición de las partículas en el suelo, y la textura que predomina en él, son factores que inciden en el porcentaje de porosidad presente, así, en suelos con textura arenosa, la porosidad es mayor que en aquellos con estructura arcillosa, los suelos con textura limosa, presentan un porcentaje de porosidad intermedia, la compactación del suelo, es otra variable de atención en el momento de identificar el grado de porosidad, suelos con mal manejo de maquinaria, de prácticas inadecuadas de laboreo, con presencia de animales u otras condiciones particulares, son propensos a la compactación, resultado de la presión ejercida permanente sobre su estructura.

Generalmente la calidad de un suelo, está dada por la porosidad presente en los primeros

centímetros de profundidad, es decir los horizontes superiores, de existir una porosidad satisfactoria se facilita el filtro de agua y de aire, que posteriormente y de manera progresiva va alcanzado las estructuras más profundas con lo que se facilita el intercambio físico, químico y biológico. Las funciones del suelo asociadas a su calidad incluyen; aceptar retener y liberar nutrientes, aceptar, mantener y liberar agua hacia las plantas, hacia arroyos, ríos o acuíferos profundos, facilitar y soportar el desarrollo de raíces vegetales, permitir un hábitat de micro y macro organismos y responder al manejo, resistir la degradación (José , Guillermo , Ignacio , Armando , & Luis , s.f.)

En el suelo existen básicamente dos tipos de poros que no están delimitados con exactitud, corresponde a los macroporos con medidas mayores a 50 μm , que son espacios principalmente ocupados por agua, su tamaño facilita la circulación de este elemento vital para las plantas y distintas formas de vida , los microporos con medidas entre 2 y 50 μm , ocupados por el aire, ambos tipos permiten la circulación de los dos componentes, sin embargo, cada uno facilita en mayor medida la circulación de un elemento de acuerdo con la anterior descripción.

La porosidad del suelo no es igual para todos los horizontes, en este sentido, es válido decir que no se puede hablar de un concepto general de porosidad, sino que es necesario identificar el grado de porosidad en la capa o capas de las cuales se efectúa el análisis, la estructura también es una propiedad física de gran importancia, pues la disposición de las partículas en últimas es la que permite conocer la porosidad, la consistencia también arroja luces sobre esta condición física, pues un fragmento de suelo con consistencia muy fuerte o extremadamente fuerte, es indicador de una menor porosidad.

En general el espacio poroso varía entre un 40 y 60 % y representa el volumen total de los poros, es así que la capacidad de almacenamiento y movimiento del agua, ya sea en el suelo o en

la relación agua - suelo – planta, la tasa de difusión de los gases del suelo y el crecimiento radicular, resultan no solo de este volumen total, sino también de la distribución por tamaño de estos poros (Olson, 1985).

Los suelos con una porosidad adecuada, facilitan los procesos físicos, químicos y biológicos que requiere la planta para su desarrollo, por lo cual es una propiedad física de mucha importancia, labores como el riego, la aplicación de fertilizantes, las actividades de labranza, se orientan mejor si conoce el grado de porosidad de un suelo y son necesarias para temas como; disponer un sistema de riego adecuado, los suelos con mayor porosidad absorben agua más rápidamente que suelos con poca porosidad, pero la frecuencia debe ser mayor, los suelos con menor porosidad absorben lentamente los nutrientes, por lo cual no es viable aplicar grandes cantidades, sino menores cantidades y con mayor frecuencia, por su parte cuando se sabe que el suelo tiene un gran porosidad, no es recomendable una labranza profunda, lo contrario, cuando la porosidad es mínima, la labranza debe ser más profunda y más recurrente, con lo que se logra desintegrar las partículas y aumentar la porosidad, facilitando el acceso de agua, aire, nutrientes y la aparición de microorganismos.

Permeabilidad

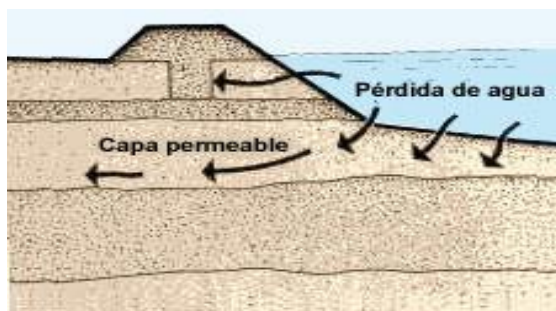


Figura 12: Permeabilidad del suelo -

La permeabilidad del suelo es la capacidad que tiene para permitir el paso de fluidos sin que se alteren sus estructuras o componentes, un suelo es más permeable en la medida en que aumente la capacidad de fluido que logra pasar en determinado tiempo, la permeabilidad también es un concepto asociado a su conductividad o capacidad de transmisión hidráulica. Existen tres factores que inciden en la velocidad con la que se tramiten los fluidos en el suelo, su porosidad, la densidad del fluido, así como la presión a la que es sometido.

El suelo tiene varios horizontes o capas, el grado de permeabilidad de cada una de ellas es diferente, también la presencia de grietas, cárcavas o fisuras en estas capas, afectan las mediciones de permeabilidad hechas en un punto en particular, por lo que es importante utilizar otras ayudas que permitan obtener resultados representativos de un territorio más amplio.

Las otras propiedades físicas arrojan información que ayuda a determinar más claramente la permeabilidad de un suelo, la textura aporta información de los componentes de arcilla, limo o arena, siendo la permeabilidad más lenta en la arcilla y más rápida en la arena, la propiedad de estructura, también aporta información relevante, suelos laminares o con traslapo, tienen un porcentaje de permeabilidad más lento que aquellos con estructura prismática o granular, otras propiedades físicas brindan datos de importancia para determinar el grado de permeabilidad, es importante conocer cada condición física particular. (Fao, 2020)

Una herramienta que ayuda a determinar la permeabilidad del suelo es la ley de Darcy

$$Q = k \frac{h_3 - h_4}{L} A = k * i * A$$

- Q = gasto, descarga o caudal en m³/s.

- L = longitud en metros de la muestra.
- k = una constante, actualmente conocida como coeficiente de permeabilidad de Darcy, variable en función del material de la muestra, en m/s.
- A = área de la sección transversal de la muestra, en m^2 .
- h_3 = altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la entrada de la capa filtrante.
- h_4 = altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante

Sin embargo, como se dijo en apartes anteriores, esta ley es válida cuando la medición se hace en un medio continuo y homogéneo, es decir que trasmite igual en todas las direcciones, con la misma constancia y velocidad, situación que no ocurre en un suelo lleno de diferencias, de horizontes distintos y de variables no controlables, como la presencia de fisuras, o de elementos ajenos al suelo, en este punto es necesario tomar en cuenta información obtenida de otras condiciones físicas.

Densidad

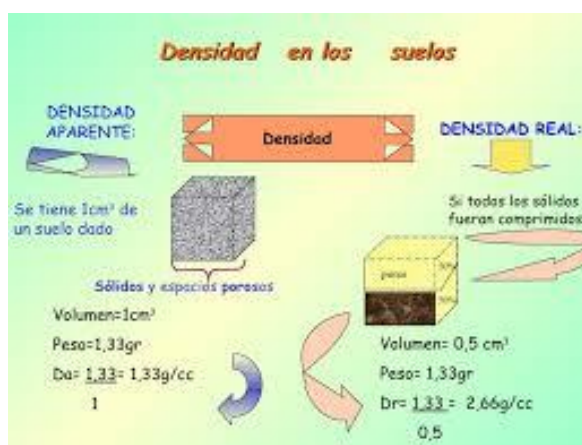


Figura 13: Densidad del suelo - <http://densidadesporosidad.blogspot.com/>

La densidad del suelo puede ser entendida como el peso del material sólido del suelo en estado seco, por unidad de volumen, valor que corresponde a la densidad aparente o densidad volumétrica, pero el suelo es una estructura que incluye porosidad, espacios vacíos que están llenos de aire, por lo que es necesario restar este valor para lograr obtener el valor de su densidad real.

Existen distintas opciones para determinar la densidad de un suelo, método del cilindro, método del hoyo o pozo (recomendado por FAO para suelos pedregosos) o el método de la densidad de terrones. En los tres casos se trabaja de forma tal que se evite alterar lo menos posible la estructura natural de los suelos, (Universidad de la Plata, 2019)

En campo se puede conocer a través de un sencillo procedimiento el referente de densidad del suelo, haciendo uso de una probeta y de una gramera, con lo que podemos identificar el volumen y el peso de una muestra de suelo seca y obtener el dato de la densidad aparente, para obtener el dato de la densidad real, basta con llenar con agua la muestra de suelo hasta el volumen referenciado en la probeta, tomar nuevamente el peso restando el volumen agregado en agua y que es ocupado por los espacios porosos al volumen total, con este valor conocemos la densidad real de la muestra de suelo.

La densidad es una condición física que es importante para conocer aspectos de porosidad, filtración de agua y otros factores que apoyan las actividades agrícolas.

Conclusiones.

Conocer las propiedades físicas de un suelo, es de mucha importancia para las personas que tienen que ver con su manejo, cada una de estas propiedades, brinda información útil para saber cuál será su relación con las plantas y en qué medida es favorable o no establecer determinado cultivo.

Al conocer cada una de las propiedades físicas, se identifican algunos aspectos característicos del suelo, como su pertinencia para el manejo, los nutrientes que puede tener, las características de cada uno para establecer los sistemas de riego, la manera adecuada de ejecutar las labores de preparación o labranza y en términos generales, si es apto o no para la actividad agrícola, sin embargo, todos estos datos deben ser analizados de manera conjunta, solo así es posible determinar las particularidades generales de todo el suelo y a partir de los análisis obtenidos, generar estrategias de ajuste o cambiar el proyecto por otro que sea más viable.

Si bien el mayor porcentaje de éxito en el establecimiento de un cultivo esta dado por los componentes químicos y nutricionales que tiene el suelo, es válido decir que el ingreso, distribución y funcionalidad de estos nutrientes en el suelo, se debe a sus condiciones físicas, por tanto, estas propiedades afectan en gran medida las demás condiciones del suelo, sean esta biológicas o químicas, se está frente a un engranaje, donde cada uno de los componentes permiten que esa máquina conocida como suelo, pueda dar su máximo potencial.

Bibliografía

- Aguilar Alínquer, B. (2018). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=dCXKDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=el+suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiy_5-Cnb7oAhURZd8KHfL3BMs4ChDoAQhEMAQ#v=onepage&q=el%20suelo&f=false
- Alicia, C. (2016). *Practico 2 - Color del suelo*. Obtenido de <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%202.pdf>
- Andino, A., Pérez Sutil, D., Aguilera Corrales, Y., Herrera Suárez, M., González Cueto, O., & Macías Socarras, I. (Septiembre de 2019). *Constitutive Models Used in Modeling Mechanical Response of Agricultural Soils*. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=9b9998a3-f09c-4338-b5ca-bea7dc535072%40sessionmgr4006>
- Bernal, A., Hernández, A., Mesa, M., Rodríguez, O., González, P., & Reyes, R. (Junio de 2015). *Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia La Habana*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200005
- Busari, M. (Mayo de 2017). *Soil physical properties in relation to maize (Zea mays) yield after tillage and application of organic and inorganic fertilisers in Abeokuta, southwestern Nigeria*. Obtenido de <https://www.publish.csiro.au/sr/sr16162>
- Camargo García, J. C., Dossman, M. Á., Rodríguez, J. A., Arias, L. M., & Galvis Quintero, J. H. (Junio de 2012). *Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el*

- Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n2/v61n2a08.pdf>
- Carreño Zambrano, J. S., Calixto Martínez, Z. O., & Yori Sanabria, F. L. (24 de Junio de 2014). *Determinación de propiedades físicas de los suelos en la zona central del municipio del Socorro*. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/view/3882/3262>
- Casas, J. M., Gea, F., Javaloyes, E., Martín, A., Pérez, J., Triguero, I., & Vives, F. (s.f.). *Educación Medioambiental*. Club Universo.
- Crosara, A. (2020). *Consistencia*. Obtenido de <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%205.pdf>
- Deagustini, C. A., Franco Dominguez, G., Agostini, M. d., Studder, G. A., & Tourn, S. N. (14 de 08 de 2017). *VICIA COMO CULTIVO PUENTE Y SISTEMAS DE LABRANZA: EFECTO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO*. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=f407b923-0c98-42e1-898a-051aa8be5cb7%40sessionmgr4007>
- Edafologia.net. (2020). *Propiedades Físicas*. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>
- El poli virtual. (2011). *Consistencia del suelo*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=w_rjSbb4bcU
- FAO. (2020). *El suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>

Fao. (2020). *Permeabilidad del suelo*. Obtenido de

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm

Fierros Viqueira, F. D. (2011). *La ciencia del suelo: Historia, concepto y método*. Obtenido de

<https://books.google.com.co/books?id=7M07mxlfv-gC&printsec=frontcover&dq=el+suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjf8trlnb7oAhUineAKHcWYD7s4FBD0AQhjMAg#v=onepage&q=el%20suelo&f=false>

Fisicanet. (2000). *Propiedades de la materia*. Obtenido de

<https://www.fisicanet.com.ar/quimica/materia/ap04-propiedades-de-la-materia.php>

Garcia, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (Abril-Junio de 2012). *Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso*. Obtenido de

<http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=c0b34a85-b1e9-4d4b-8eee-b7fef36e2070%40sessionmgr101>

Gimenez, R. (S.F). *Física del suelo*. Obtenido de

<https://www.edafologia.org/app/download/7953448576/Fisica+del+Suelo.pdf?t=1563476238>

González, H. M., Restovich, S. B., & Portela, S. I. (10 de Octubre de 2016). *UTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA INVERNALES COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL SUELO*. Obtenido de

<http://eds.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=9b9998a3-f09c-4338-b5ca-bea7dc535072%40sessionmgr4006>

- Guzmán Jiménez, L. (2018). *Análisis del régimen jurídico del suelo rural*. Obtenido de <http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=ce44d4d7-8614-47c1-b743-8d0254fb8755%40sessionmgr103>
- Hernandes Jimenez, A., Ascanio Garcia, M. O., Morales Diaz, M., Bojórquez Serrano, J. I., García Calderón, M. E., & García Peredes, J. D. (2008). *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=LdIARhjVZN4C&pg=PA50&dq=evolucion+del+suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi1jcbTm77oAhXMV98KHaRZBgIQ6AEIMTAB#v=onepage&q=evolucion%20del%20suelo&f=false>
- Invinkelried, H. O., Pietrobon, M., Dellaferrera, I., & Imhoff, S. (Octubre de 2018). *EFEECTO DE LA DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y EL RENDIMIENTO DE TRIGO Y SOJA*. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=b8f2fad7-d8c3-48e5-bd7f-d998bd775ab5%40sdc-v-sessmgr01>
- Instituto de Ciencias Agrarias – CSIC - España. (Diciembre de 2018). *Propiedades físicas del suelo: la capacidad de retención de agua*. Obtenido de http://www.ciudadciencia.es/wp-content/uploads/2018/12/FICHA-2-BIS_PROPIEDADES-FISICAS-DEL-SUELO_CC.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (01 de Diciembre de 2011). *Propiedades físicas de los suelos*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/propiedades-fisicas-de-los-suelos>

José , L. G., Guillermo , G., Ignacio , S., Armando , L., & Luis , M. V. (s.f.). *Caracterización de la porosidad edáfica como indicador de la calidad física del suelo*. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400369

Juarez Sanz, M., Sánchez Andreu., J., & Sánchez Sánchez, A. (2006). *Química del suelo y medio ambiente*. Obtenido de

<http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/ebookviewer/ebook/bmx1YmtfXzMxODE2OF9fQU41?sid=c0b34a85-b1e9-4d4b-8eee-b7fef36e2070@sessionmgr101&vid=3&format=EB&rid=15>

Julia María , D. S., Alma Delia , R. G., Francisco , P. G., & Otilio , A. S. (2011). *Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos*.

Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000100010

Lanfranco, J. W., Pellegrini, A. E., & Cattani, V. M. (2014). *Contenidos de Edafología, GÉNESIS, EVOLUCIÓN Y PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS DEL SUELO*.

Obtenido de

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/37325/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López Díaz, M., & Estrada Medina, H. (2015). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Obtenido de

<http://www.ccba.uady.mx/bioagro/V8N1/BC%208.1%20Propiedades%20del%20suelo.pdf>.

Lozano Rivas , W. A. (2016). *Suelos - Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio*.

Obtenido de

<http://eds.a.ebscohost.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/ebookviewer/ebook/bmx1YmtfXzE4MDUwMzhfX0FO0?sid=9b9998a3-f09c-4338-b5ca-bea7dc535072@sessionmgr4006&vid=1&format=EK&rid=17>

Machetti, N., Pellegrini, A., Gutierrez, N. M., Giraud, R. A., Tropeano, F., Fernandez, F., . . .

Cosentino, D. J. (22 de Agosto de 2019). *EFFECTO DEL ENCALADO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUELO Y SOBRE EL RENDIMIENTO DE SOJA (GLYCINE MAX)*. Obtenido de

<http://eds.a.ebscohost.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=f407b923-0c98-42e1-898a-051aa8be5cb7%40sessionmgr4007>

Melendez Oviedo, G. H. (Febrero de 2012). *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO CULTIVADO CON CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum) BAJO LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS*. Obtenido de

<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7820/1/CB-0461297.pdf>

Novillo Espinoza, I. D., Carrillo Zenteno, M. D., Cargua Chavez, J. E., Moreira, V. N., Albán

Solarte, K. E., & Morales Intriago, F. L. (27 de Octubre de 2017). *Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador*. Obtenido de

<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1301/1569>

ONU. (08 de 03 de 2020). *Población Mundial*. Obtenido de

<https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

Poblete Barrera, L. A. (2011). *MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO DE TEXTURA FINA DE LA III REGIÓN CULTIVADO CON VID, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LA SOBRE HILERA*. . Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112322/Memoria_Luciana_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Porta, J., Lopez Acevedo, M., & Poch, R. (2014). *Edafología, Uso y protección del suelo*. Cataluña, España: Ediciones Multi Prensa.

Portal Fruticola. (Marzo de 2020). *Tabla Munsell y su correcto uso en la descripción de los suelos*. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/05/21/el-correcto-uso-de-tabla-munsell-en-la-descripcion-de-los-suelos/>

Troncoso Contreras, J. (2015). *DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES SUELO, FLORA Y FAUNA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES EN EL SEIA*. Obtenido de https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2016/02/08/guia_ecosistemas_terrestres.pdf

Universidad de Caldas. (2011). *Edafología 1*. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Universidad de Cordoba España. (2017). *Color del suelo*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-cordoba-espana/edafologia/apuntes/apuntes-tema-8-color-del-suelo/1397489/view>

Universidad de la Plata. (2019). *POROSIDAD Y AIREACIÓN DENSIDAD REAL Y APARENTE*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/332944619/Tema-5-Porosidad-y-Aireacion>.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia "UNAD". (2016). *El papel de los microorganismos en el suelo*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/10790>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2010). *Manual de procedimientos analíticos - Laboratorio de suelos*. Obtenido de <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>

Universidad Nacional de Educación a Distancia - España. (Marzo de 2010). *Riesgos ambientales en la industria*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=s6H7BKPBrPAC&pg=PA41&dq=componentes+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj56eHU7pDoAhWrl-AKHZIFAXI4ChDoAQhfMAc#v=onepage&q=componentes%20del%20suelo&f=false>

Universidad Nacional de Tucumán. (2017). *INTRODUCCIÓN A LA EDAFOLOGIA*. Obtenido de <https://www.edafologia.org/app/download/7953428176/Introduccion+a+la+edafologia+2017.pdf?t=1563476238>

Vaccaro, S. (S.F). *POR QUÉ ES IMPORTANTE CONOCER LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO*. Obtenido de <http://www.lag-laboratorio.com.ar/analisis%20fisico%20en%20suelo.pdf>.