



PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION

MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

MODULO 1: "EL SUELO Y EL AGUA"

**CONSORCIO HIDRAULICO MUNDIAL S.A.
"CHIMU"**

**AMSA CONSULTORES
AGRO-INGENIERIA, S.A.**

**AGENCIA INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO
USAID
BOGOTA - COLOMBIA**



Manejo y Conservación de Suelos y Agua- Vol1.Suelos y Agua by Sistema de Bibliotecas Sena
is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).
Creado a partir de la obra en <http://biblioteca.sena.edu.co/>.

CONTENIDO



	Pág.
EL SUELO	
Generalidades	1
Composición	2
Origen y formación	3
El perfil del suelo	5
Características del Suelo	6
Características Morfológicas	6
La Textura	7
Métodos para estimar y determinar la textura	10
La Estructura	12
La Consistencia	14
El Color	15
Características Físicas	16
La porosidad	16
Densidad Aparente	17
Densidad Real	17
Características Químicas	19
Salinidad y Alcalinidad	21
EL AGUA	
Generalidades	29
Ciclo Hidrológico	32
Fuentes de Agua	33
Manejo del Agua	34
Calidad del Agua	35
El Agua en el Suelo	37
Capacidad de retención de agua por el suelo	38
Permeabilidad e Infiltración	39
Profundidad de Raíces	41
El Movimiento Capilar	42
Cantidad de Riego	43
Fisiología y Consumo de Aguas de la Plantas	44
Evapotranspiración, Uso Consuntivo	45
CLASIFICACION DE TIERRAS PARA RIEGO	
Introducción	48
Factores Físicos Económicos	49
Clases de Aptitud	50
Mapas de Suelos	51
Manejo de Suelos Bajo Riego	52
Condición Física	54
Relación entre las Propiedades Físicas y Labores Agronómicas	55
Sistemas de Preparación de Terrenos	56
Glosario	57

EL SUELO: Generalidades

La creciente demanda de alimentos exige la utilización cada vez más eficiente del recurso SUELO sostén natural de las plantas. Estas son la fuente principal de la alimentación del hombre y de los animales.

El conocimiento de las propiedades generales del SUELO permite al agricultor usar y manejar este recurso racionalmente y en función de los cultivos a fin de obtener abundantes cosechas.

El SUELO conjuntamente con EL AGUA Y EL CLIMA son elementos determinantes para el desarrollo de los cultivos.



Para el agricultor es:

- La Tierra donde crecen y se desarrollan las plantas.

Para el agrónomo es:

- La capa superficial de la corteza terrestre, cuya profundidad puede variar desde unos pocos centímetros hasta un máximo de tres metros.
- El medio físico natural donde se cumple la relación agua-suelo-raíz que hace desarrollar las plantas y que produce el necesario movimiento del agua.

COMPOSICION DEL SUELO

El SUELO se puede considerar como un MATERIAL POROSO en el cual se encuentran COMPONENTES:

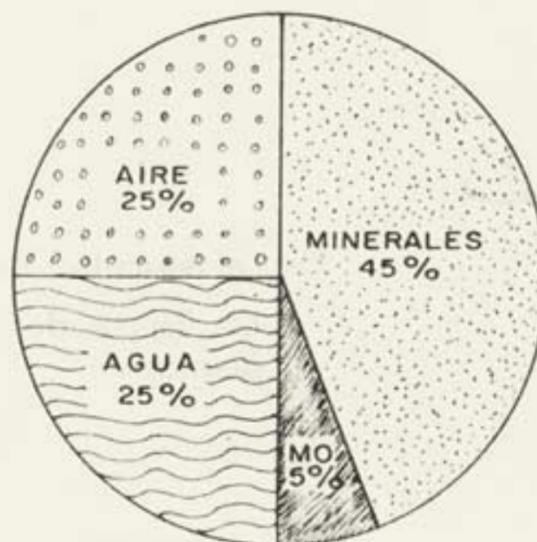
- Los componentes SOLIDOS que estan formados por las PARTICULAS MINERALES que proceden de la desintegración y descomposición de las rocas, y por la MATERIA ORGANICA de plantas y animales vivos o muertos.
- El componente GASEOSO es el AIRE que llena todos los espacios porosos libres.

La Proporción de estos CUATRO ELEMENTOS BASICOS del suelo agrícola depende del tipo de suelo que se analice.

En promedio un suelo debe contener:

- 1) Partículas minerales en una proporción del 45 o/o
- 2) Materia orgánica en un 5 o/o
- 3) Agua en un 25 o/o
- 4) Aire en un 25 o/o

COMPONENTE SOLIDO
COMPONENTE LIQUIDO
COMPONENTE GASEOSO

**OBSERVACIONES:**

EL SUELO AGRICOLA debe proporcionar CONSTANTEMENTE a los cultivos:

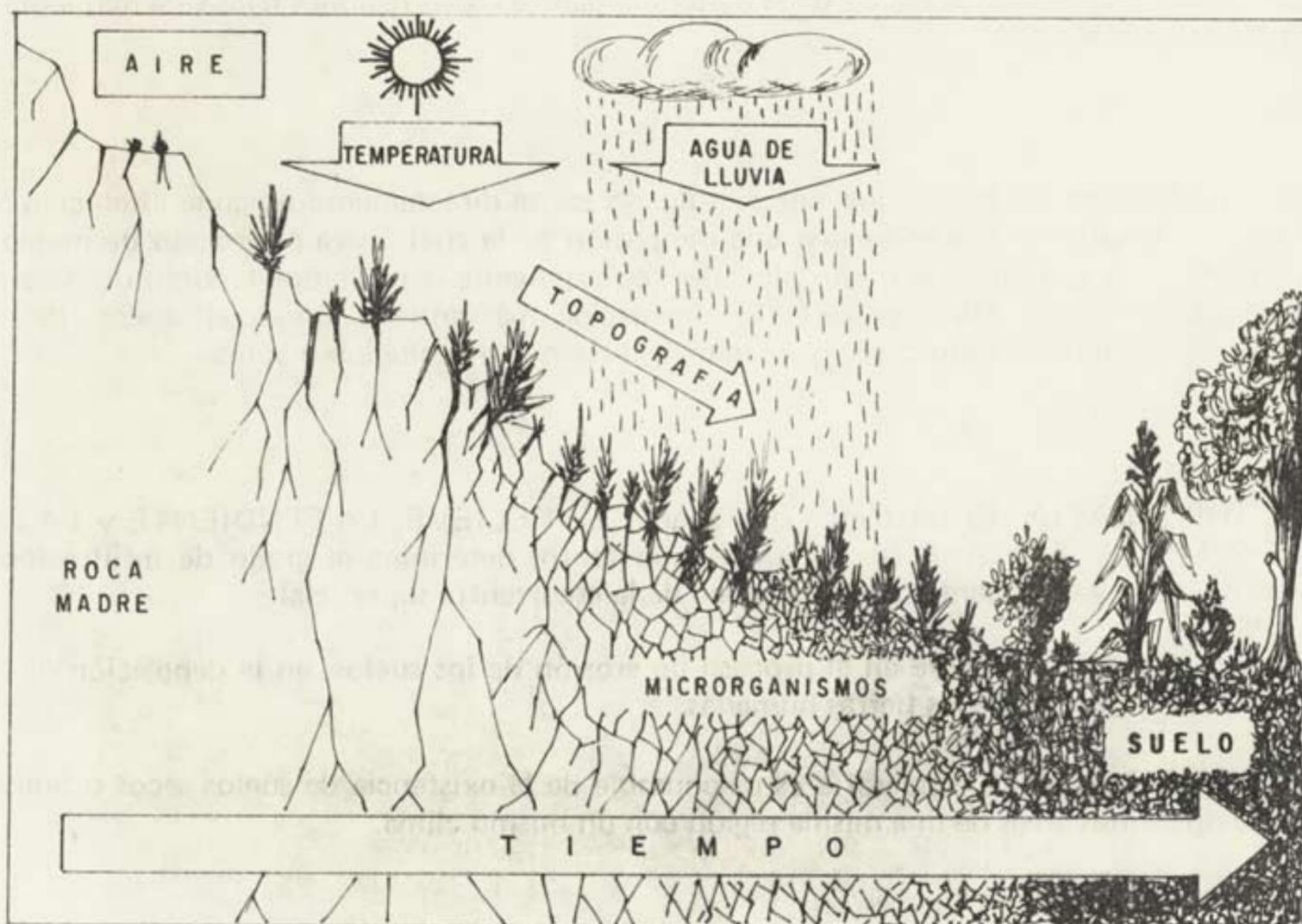
- Los nutrientes MINERALES Y ORGANICOS para el desarrollo de las plantas,
- EL AGUA, elemento fundamental para la vida, y
- EL OXIGENO contenido en el aire, indispensable para la respiración de las raíces.

ORIGEN Y FORMACION DEL SUELO

El suelo es el producto de las modificaciones que sufre la **ROCA MADRE** situada en la superficie de la corteza terrestre, por acción del **CLIMA**, por el transcurrir del **TIEMPO**, por los cambios que se produce en la **TOPOGRAFIA** y en el **CICLO HIDROLOGICO**, así como por el desarrollo y acción de los **AGENTES BIOLOGICOS** (microorganismos).

Los diferentes tipos de suelo que existen en el mundo son el resultado de la amplia variación y grado de participación de estos elementos y/o factores en el proceso de formación del suelo o de meteorización de la **Roca Madre**. Su **COMPOSICION MINERAL** determina el tipo de suelo. Por ejemplo: el basalto, que es una roca de grano fino con poco cuarzo, da origen a suelos arcillosos como consecuencia de su alteración.

Existen suelos ácidos, alcalinos, calizos, etc. según haya sido la composición mineral de la **ROCA MADRE**.



FORMACION DEL SUELO

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO FORMACION DE LOS SUELOS

- a) El clima
- b) El tiempo
- c) La topografía
- d) Los agentes biológicos

- a) **EL CLIMA:** determina la distribución de la vegetación en las diferentes regiones del mundo y consecuentemente influye en la descomposición de la ROCA MADRE dando lugar a variados tipos de suelo.

Dentro del elemento CLIMA hay que considerar la influencia de la TEMPERATURA, PRECIPITACION, VIENTOS, RADIACION SOLAR y HUMEDAD RELATIVA.

Por ejemplo, la descomposición de la materia orgánica en las regiones frías será más lenta que en las zonas tropicales.

- b) **EL TIEMPO:** es un factor que por sí solo no causa directamente ninguna alteración en el suelo. El tiempo sólo proporciona una dimensión en la cual opera el proceso de meteorización. Así, por ejemplo, los suelos aluviales recientemente depositados tendrán un desarrollo casi nulo del perfil. Mientras suelos de formación más antigua, donde el proceso de transformación viene operando desde hace tiempo, tienen una evolución mayor.

- c) **LA TOPOGRAFIA:** Es un factor que abarca EL RELIEVE, LA PENDIENTE y LA POSICION FISIOGRAFICA de los suelos. Por lo tanto, determina el grado de infiltración del agua de lluvia y en la cantidad e intensidad de la escorrentía superficial.

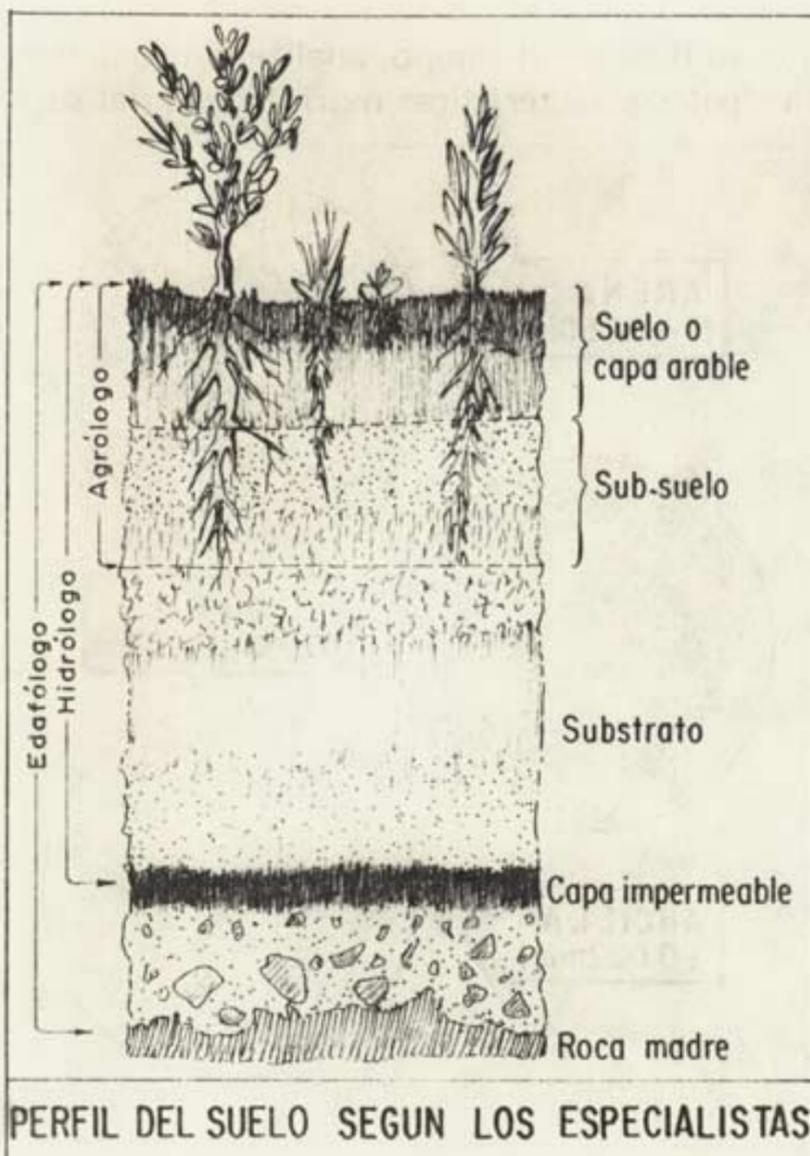
Por eso, este factor influye en el proceso de erosión de los suelos, en la deposición de éstos y en el nivel freático de las tierras húmedas.

La irregularidad de la topografía es responsable de la existencia de suelos secos o húmedos en las diferentes áreas de una misma región con un mismo clima.

- d) **LOS AGENTES BIOLOGICOS:** La descomposición de hojas y raíces de árboles, arbustos y hierbas da lugar a la formación de sustancias orgánicas (Humus) y de ácidos húmicos que tienen influencia sobre el proceso de formación del suelo.

EL PERFIL DE UN SUELO

La sección vertical de un suelo se denomina **PERFIL**. Muestra los diferentes **HORIZONTES** O **CAPAS DEL SUELO** con sus variados tamaños y colores.



Existen diferentes tipos de análisis del perfil según el interés particular de cada especialista.

A nosotros nos interesa más el punto de vista agronómico. El **perfil agrológico** del suelo coincide con la zona radicular de los cultivos. Generalmente se estudia hasta 1.20 m. de profundidad para cultivos normales y en algunos casos hasta 3.00 m.

EL PERFIL AGROLOGICO del suelo abarca dos capas principales:

- La primera capa superficial es la parte de la zona radicular que es considerada como arable.
- La segunda capa o subsuelo es la zona que no sufre mayores modificaciones y/o que está en formación.

EL PERFIL indica las **CUALIDADES AGRICOLAS** de la capa superficial arable y su **CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA**. Lo que posibilita **DOSIFICAR EL RIEGO DE ACUERDO A LA PROFUNDIDAD EFECTIVA DE LAS RAICES**.

También el perfil permite conocer las **PROPIEDADES DE TRASMISION DE AGUA DEL SUBSUELO** para establecer el drenaje correspondiente.

CARACTERISTICAS DEL SUELO

El estudio de un suelo implica siempre una descripción de sus características observadas y medidas en el campo y en el laboratorio.

Las más importantes y de mayor uso en la agricultura son las siguientes características:

- 1) MORFOLOGICAS 2) FISICAS 3) QUIMICAS

1) CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

La descripción de estas características generalmente se hace en el campo, analizando cada horizonte que comprende el perfil del suelo. Las principales características morfológicas del suelo son:

- a) Textura
- b) Estructura
- c) Consistencia
- d) Color

A. La TEXTURA es la composición de los diferentes tamaños de partículas de un suelo determinado.

Estas partículas son:

- Arena
- Limo
- Arcilla

LA TEXTURA:

LOS SUELOS LIVIANOS Y PESADOS

Hay suelos LIVIANOS Y PESADOS

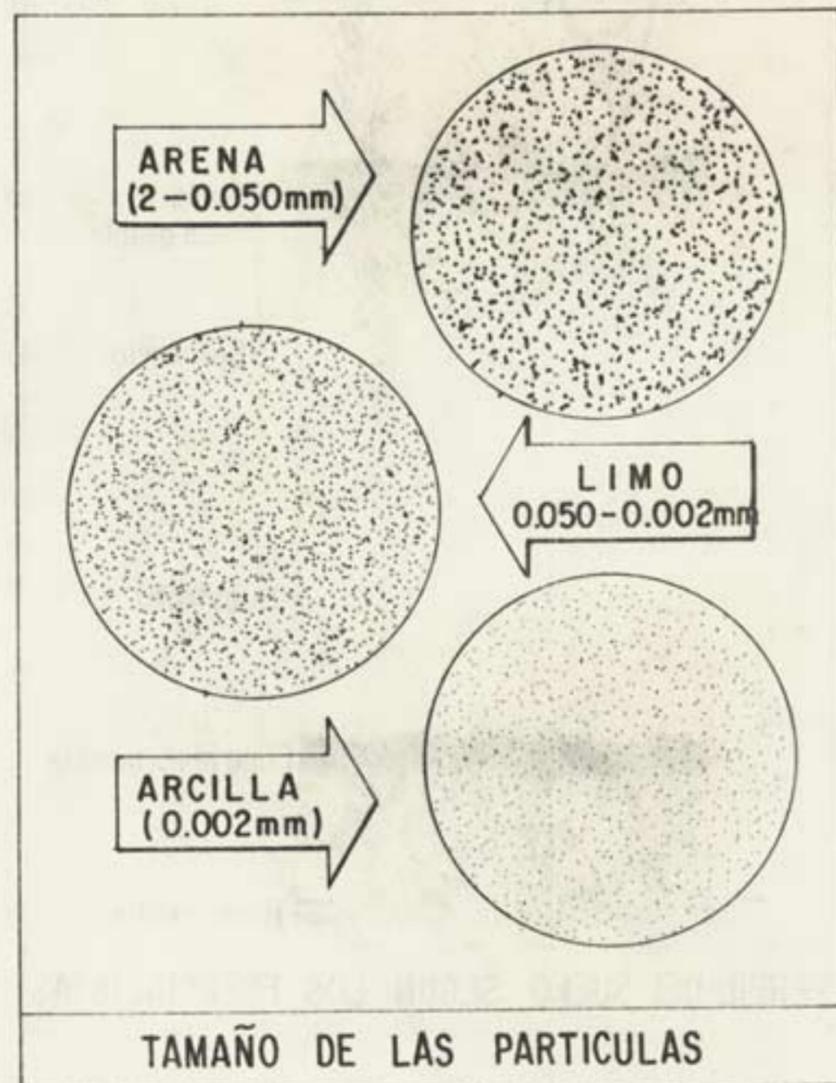
Los SUELOS LIVIANOS o de textura gruesa contienen más arena. Estos suelos son de fácil labranza.

En los SUELOS PESADOS de textura fina predominan las partículas de limo y arcilla. Estos suelos son más difíciles de trabajar por su plasticidad y adherencia.

Por lo tanto, los términos "liviano" o "pesado" circunscriben la facilidad o la dificultad para la labranza en relación a la textura de los suelos.

LA TEXTURA Y LA PERMEABILIDAD DEL SUELO

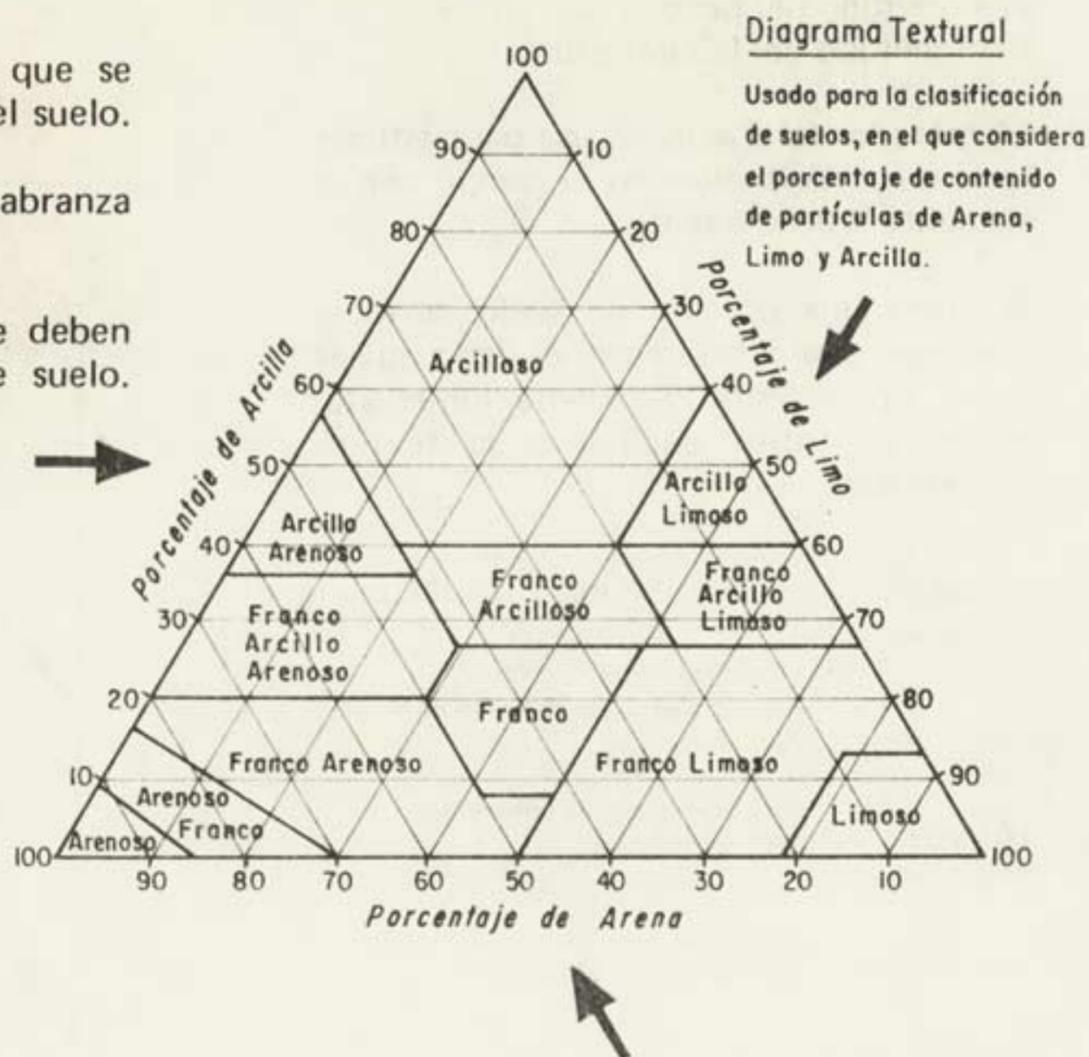
Igualmente, la PERMEABILIDAD de un suelo agrícola depende, en gran medida, de su textura. Así, el SUELO LIVIANO o arenoso tiene mayor permeabilidad y menor capacidad de retención de agua y nutrientes. El SUELO PESADO o arcilloso tiene menor permeabilidad pero mayor capacidad de retención de agua y nutrientes.



CLASE TEXTURAL

Conocer con la mayor aproximación posible la TEXTURA de un suelo, es muy importante para el agricultor porque permite:

- a) Escoger el tipo de cultivo que se adapte mejor a la textura del suelo.
- b) Escoger el equipo de labranza adecuado.
- c) Programar los riegos que se deben efectuar para cada tipo de suelo.



GRUPOS TEXTURALES

La textura que le corresponde a un suelo agrícola se califica según el diagrama del TRIANGULO TEXTURAL. Este relaciona el porcentaje de partículas de arena, limo y arcilla que contiene un suelo.

La proporción relativa determina su CLASE TEXTURAL, y existen 12 clases texturales.

Estas 12 o más CLASES TEXTURALES se agrupan con fines agronómicos en 7 GRUPOS TEXTURALES.

GRUPO TEXTURAL	CLASES TEXTURALES QUE INCLUYEN
1. Muy liviano o textura muy gruesa	Arena, arena gruesa
2. Liviano o textura gruesa	Arenoso Franco fino y arena franca
3. Moderadamente liviano o textura moderadamente gruesa	Franco arenoso fino y Franco arenoso.
4. Medio o textura media	Franco Limosa, Limosa, Franco arenoso muy fino y Franco.
5. Moderadamente pesado	Franco arcillosa, Limosa, Franco arcillosa y Franco arcillosa y Franco Arcillosa Arenosa.
6. Pesado o textura fina	Arcilla, Arc. Limosa y Arcilla Arenosa.
7. Muy pesado o textura muy fina	Muy arcillosa (más del 60 o/o de arcilla).

METODOS PARA ESTIMAR Y DETERMINAR LA TEXTURA DE LOS SUELOS

Hay dos métodos para estimar y determinar la textura de los suelos:

- a) el método del tacto
- b) el método del laboratorio

a) **El método del Tacto** se usa para estimar la **textura**. Se realiza en el campo con el siguiente procedimiento:

Se toma una porción de suelo, se moja con agua y se amasa entre el dedo pulgar y los otros dedos. Se siente inmediatamente en forma cualitativa la textura aproximada.



CLASE TEXTURAL	APRECIACION DEL SUELO AL TACTO
1 Arena	Aspera, suelta, sin cohesión en húmedo y en seco.
2 FRANCO ARENOSA	Muy áspera, alguna cohesión por el material coloidal.
3 FRANCA	Predomina la aspereza, pero existen partículas adherentes.
4 FRANCO LIMOSA	Suave y harinosa
5 FRANCO ARCILLOSA	Poco áspera, plástica con tendencia al brillo al estrujarla entre los dedos cuando está húmeda. Trozos secos se aplastan con dificultad.
6 FRANCO ARCILLOSA LIMOSA	Suave y harinosa, poco áspera, muy plástica, al estrujarla presenta brillo cuando húmeda y al cortarla cuando seco. Se pueden aplastar trozos secos con dificultad.
7 ARCILLAS	Fuerte, plástica, no áspera, tendencia a mucho brillo al frotarla. Al cortar trozo seco presenta cara pulida; no se puede estrujar entre dedos.

b) **Los métodos de Laboratorio** son usados para determinar más exactamente la textura del suelo.

Los más comunes son los métodos de la "Pipeta" y del "Hidrómetro de Bouyoucos". Se basan en la ley de "Stokes" que establece la velocidad de caída de los cuerpos dentro de un fluido, en función de las características de éste.

Los especialistas determinan la textura en el laboratorio en análisis físicos de suelos cuyos valores obtenidos son muy exactos. Estos procedimientos nos expresan la textura en forma cualitativa y cuantitativa.



B) LA ESTRUCTURA

Es la forma cómo se agrupan las partículas del suelo, o cómo se acomodan y distribuyen las partículas en agregados.

El **agregado** (terron) es la unidad relativamente estable formada por la unión de dos o más partículas del suelo.

La estructura de los suelos se clasifican según:

- a) su forma de agregación
- b) tamaño de agregación
- c) grado de agregación

a) Según su forma de agregación las estructuras de suelos más importantes son las siguientes:



Laminar



Columnar



Prismática



Blocosa angular



Granular



Blocosa sub-angular

Laminar. Cuando las partículas forman láminas horizontales (costras). La estructura laminar no favorece el desarrollo de las raíces de las plantas ya que en estos suelos difícilmente penetran.

Columnar. Cuando se agregan en columnas con bordes redondeados. Esta estructura es favorable para las plantas.

Prismática. Cuando los agregados forman columnas pero con bordes angulosos.

Blocosa. Cuando las partículas de suelo se unen en forma de bloques con bordes angulosos y semi-angulosos. Esta estructura también es favorable para lo cultivos.

Granular. Cuando las partículas se agrupan en gránulos de forma esferoidal. También esta estructura es buena para el desarrollo de las plantas.

Suelos amorfos. Son los que no tienen estructura definida, como los suelos arcillosos que forman una masa que no se rompe en terrones o los arenosos donde las partículas no se unen, o los suelos coloidales desagregados.

- b) Según el tamaño de los agregados que constituyen la estructura de los suelos, estos se clasifican en la siguiente forma:
- Sin estructura o Amorfo, cuando no existen agregados ya sea porque es masiva o porque es grano simple.
 - Débil, cuando los agregados están escasamente formados y son apenas visibles.
 - Moderada, cuando la estructura está constituida por agregados bien formados y diferenciados.
 - Fuerte, cuando los agregados son duros, enteros y toleran desplazamientos sin deformarse.

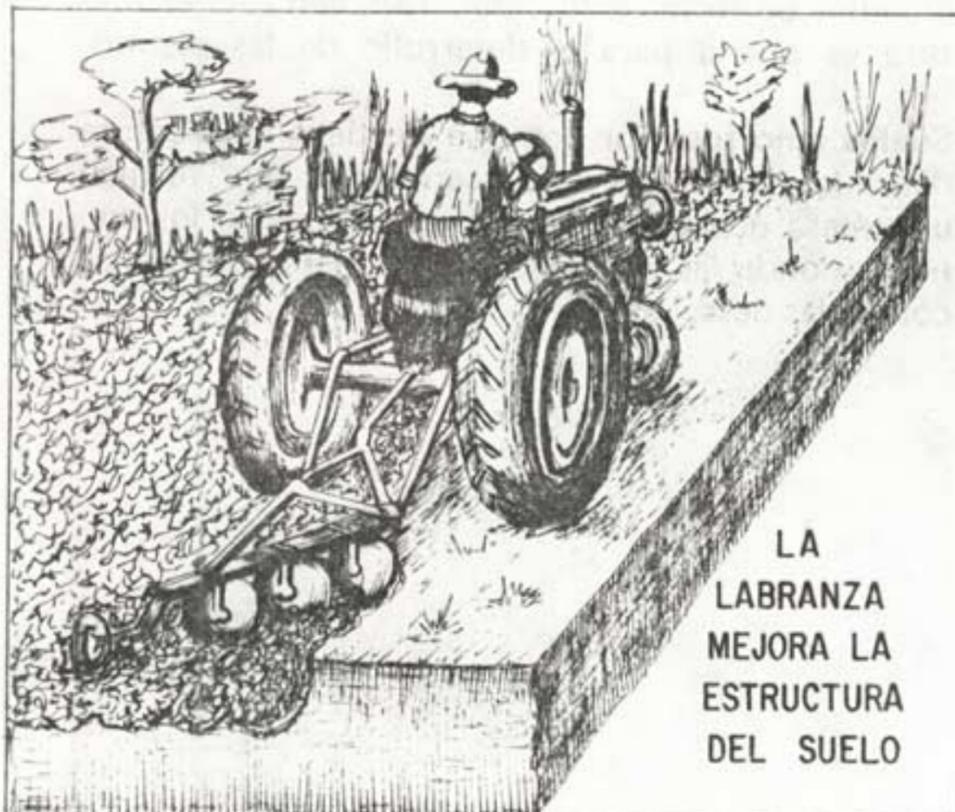
Estructura buena

Los suelos con buena estructura tienen las siguientes características:

- a. Alta capacidad de infiltración y conducción del agua en el suelo.
- b. Buena aireación y como consecuencia buena porosidad.
- c. Rápida penetración de las raíces.
- d. Fácil para labrar.
- e. No se erosionan fácilmente.



SUELO CON BUENA ESTRUCTURA



LA
LABRANZA
MEJORA LA
ESTRUCTURA
DEL SUELO

Estructura pobre

Los suelos de estructura pobre tienen las siguientes características:

- a. Drenaje lento y por lo tanto pobre aireación.
- b. Duros cuando secos, pegajosos cuando húmedos y por tanto siempre difíciles de labrar.
- c. Los vientos y las aguas arrastran las partículas cuando no están bien aglomeradas en terrones y erosionan el suelo.

C) LA CONSISTENCIA

La CONSISTENCIA determina en mayor o menor grado:

- 1o. LA RESISTENCIA QUE EL SUELO OFRECE A LA PENETRACION DE RAICES.
- 2o. LA FIRMEZA O FRIABILIDAD DEL SUELO MAS FAVORABLE O DIFICIL PARA SU LABRANZA.

La CONSISTENCIA depende principalmente de:

- Estado de Humedad
- Textura
- Estructura
- Contenido de materia orgánica del suelo

En suelo seco se determina la dureza de los agregados (al aire)

En suelo húmedo se determina su firmeza o friabilidad (a capacidad de campo).

En suelo mojado se determina su adhesividad y plasticidad (saturado).

D) EL COLOR

El COLOR indica las características de un suelo su desarrollo y conservación. Por eso es muy importante para el agricultor.

El suelo agrícola de la capa arable, generalmente, es de color más oscuro que el subsuelo, debido a que esa zona contiene mayor cantidad de materia orgánica y por consiguiente, es más fértil.

Igualmente el color oscuro hace que estos suelos absorban más energía calórica que los claros; conservan mayor temperatura y como consecuencia, tienen mayor evaporación.

El color también determina la condición de drenaje del suelo. Por ejemplo:

- a) Los suelos de color pardo uniforme indican que tienen un buen drenaje.
- b) Los suelos de color gris, verdoso o azulado indican un alto contenido de humedad durante mucho tiempo.
- c) Los suelos con moteaduras o manchas grises o amarillentas indican que están sometidos a fluctuaciones de la humedad y por lo tanto necesitan drenaje.

El color del suelo es determinado por el elemento mineral que predomina en su constitución. Por ejemplo, los suelos con alto contenido de hierro libre son de color rojizo y los de alto contenido de material calcáreo o yeso son de color blanquecino, de poca fertilidad.

c. Sales y Conductividad Eléctrica

La medida del contenido de sales a través de la conductividad eléctrica es muy importante en áreas con déficit de humedad o áreas bajo riego. Un exceso de sales reduce la absorción de agua por la planta y por lo tanto su crecimiento y rendimiento. Incluso ciertas sales como el Boro son muy tóxicas para muchos cultivos. Valores menores de 2 milimhos/cm indican que no hay peligro de sales para muchos cultivos. Valores superiores a 8 milimhos/cm sólo son permitidos por plantas altamente tolerantes. (Por ser un tema principal se trata ampliamente en la siguiente sección sobre salinidad y Alcalinidad).

d. Capacidad de intercambio catiónico

Medida de la cantidad total de cationes intercambiables que puede ser retenida por el suelo; se expresa en forma de miliequivalentes por 100 gramos de suelo. Esta capacidad es proporcionada al suelo principalmente por los minerales de arcilla y los compuestos de la materia orgánica. Los minerales arcillosos tienen diferentes rangos de intercambio, así la CAOLINITA tiene 3.15 miliequivalentes/100 gr. de arcilla, y la VERMICULITA de 100 a 150 miliequivalentes/100 gr. de arcilla.

e. Cationes Cambiables

Los suelos con mayores capacidades de cambio podrán retener mayores cantidades de cationes y constituir hasta niveles mayores, su estado de fertilidad.

Los cationes cambiables que comúnmente se determinan son: el calcio, el potasio, magnesio y sodio.

Milimho/centímetro (mmho/cm). Es la milésima parte del mho/cm. siendo ésta (mho/cm) la unidad standard de medida de la conductividad eléctrica (CE) que expresa el contenido total de sales de un suelo y es la recíproca de la resistencia eléctrica (OHM).

Miliequivalente. Es el milésimo de un equivalente, donde un equivalente es el peso atómico o peso de la fórmula dividido por su valencia.



METODOS PARA DETERMINAR EL COLOR

Existen diversos métodos para determinar el color de los suelos, pero comúnmente se utiliza la TABLA DE MUNSELL que posee un sistema numérico de descripción que considera aspectos de matriz, intensidad y pureza del color.

Para determinar el color con la TABLA DE MUNSELL, el suelo debe humedecerse a capacidad de campo y luego hacer la respectiva comparación con el color que más se parezca a los codificados en la tabla.

2) CARACTERISTICAS FISICAS

Las principales características físicas del suelo son las relacionadas con:

- a) Porosidad
- b) Permeabilidad
- c) Constantes hídricas o de humedad

La POROSIDAD y la PERMEABILIDAD dependen del grado de dureza y compactación de un suelo; describen la mayor o menor facilidad con la que se mueven el aire y el agua contenidos en los suelos.

- a) La **POROSIDAD** es el porcentaje del volumen total de los espacios o poros que quedan entre las partículas del suelo.

Los VALORES de la porosidad fluctúan entre 30 o/o en suelos arenosos y 65 o/o en suelos arcillosos. Los suelos francos o de textura media tienen alrededor de 50 o/o de porosidad.

La porosidad del suelo de acuerdo AL TAMAÑO DE LOS POROS puede ser

- a) Capilar - espacios finos
- b) No capilar - espacios grandes.

Por ejemplo, en un suelo arcilloso que tiene 50 o/o de porosidad, los espacios están distribuidos así 47 o/o de poros capilares y 3 o/o de poros no capilares.

- b) **PERMEABILIDAD**. Propiedad específica de la cual depende el grado o rapidez con que un medio poroso transmite fluidez bajo condiciones standard.
- c) Las **CONSTANTES HIDRICAS** o de **HUMEDAD** expresan con valores numéricos las relaciones que existen entre el agua contenida en el suelo y su textura, estructura y porosidad.

DENSIDAD APARENTE Y DENSIDAD REAL

La **DENSIDAD APARENTE** es la relación que existe entre el peso de un volumen dado de suelo seco y el peso de un volumen igual de agua.

El volumen del suelo o volumen total incluye el espacio ocupado por los poros.

LOS METODOS MAS CONOCIDOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE SON:

- El terrón parafinado. Consiste en cubrir un terrón de suelo con una capa de parafina, pesarlo y luego determinar su volumen sumergiéndolo en un recipiente de agua.
- Cilindro de suelo no disturbado. Consiste en extraer un volumen conocido de suelo (de forma cilíndrica) con un muestreador, de manera que la muestra no se deforme por compactación o hinchazón y luego determinar su peso.

En ambos casos tales valores de peso se relacionan a valores de peso de igual volumen de agua.



LOS VALORES DE LA DENSIDAD APARENTE más comunes de los suelos agrícolas se encuentran entre 1.0 a 1.6, variando según la textura y el contenido de materia orgánica. Estos son los valores medios.

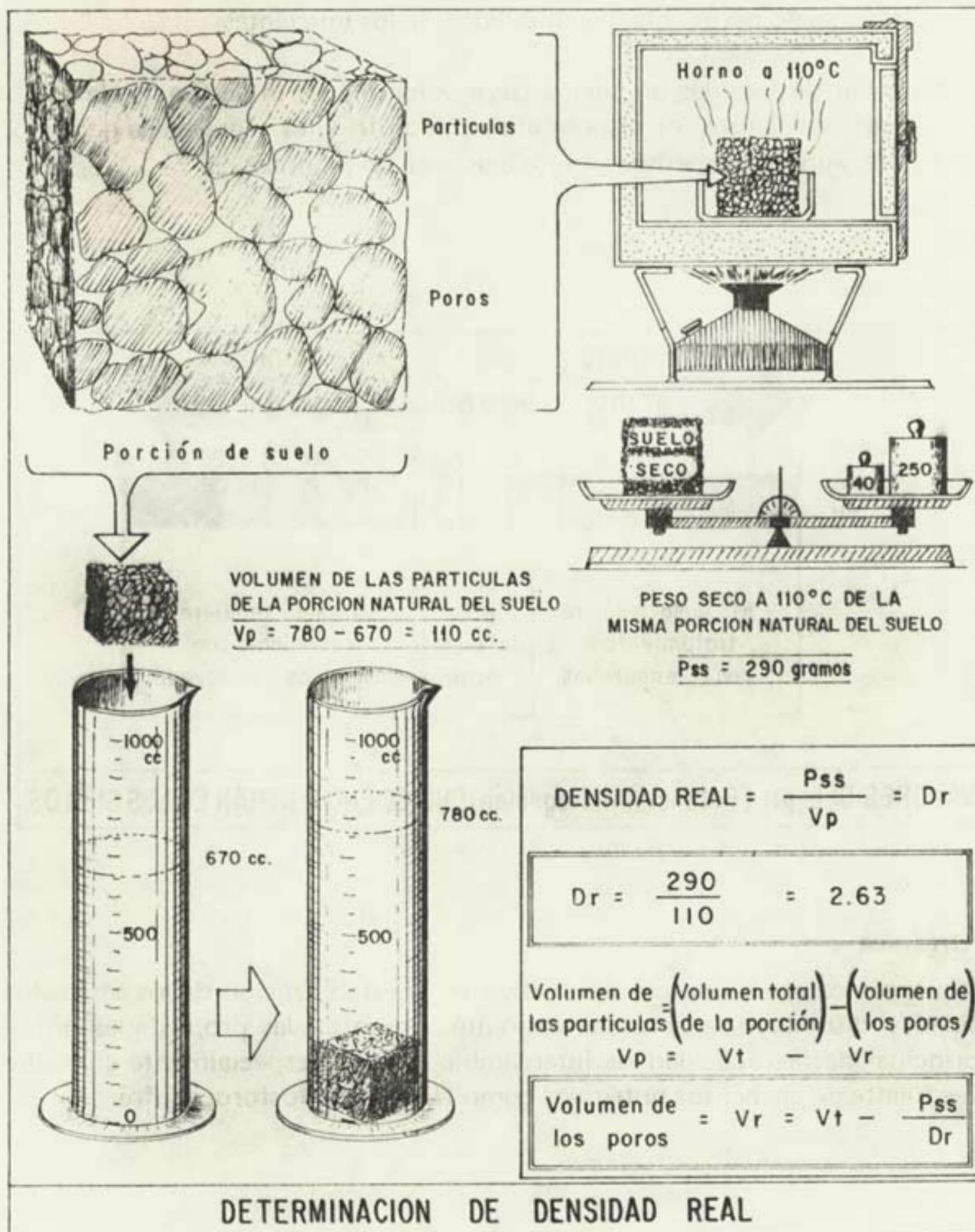
- Suelos arenosos: 1.8
- Suelos francos: 1.5
- Suelos arcillosos y orgánicos: 1.6

LA DENSIDAD REAL. Es la relación existente entre el peso seco de una muestra de suelo y su volumen sin considerar el volumen de poros. También ésta es relacionada al peso de un volumen igual de agua, por lo cual dicho valor tampoco tiene unidades.

El método más común para determinar la densidad real es:

EL METODO DEL PICNOMETRO

LOS VALORES DE LA DENSIDAD REAL más frecuentes varían entre 1.5 en suelo orgánico y 5 en suelos donde predominan compuestos ferrosos (magnetitas o Hematitas).

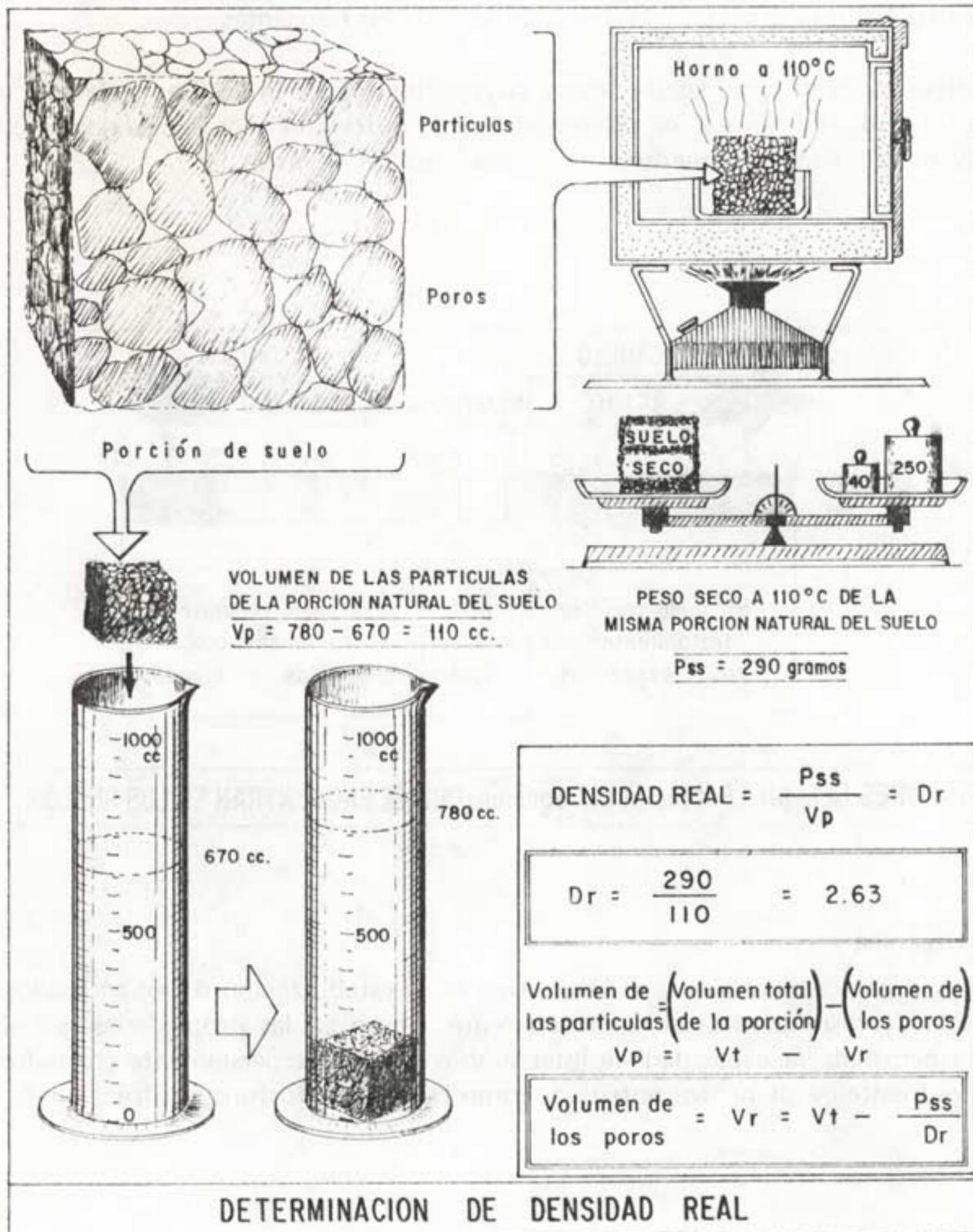


LA DENSIDAD REAL. Es la relación existente entre el peso seco de una muestra de suelo y su volumen sin considerar el volumen de poros. También ésta es relacionada al peso de un volumen igual de agua, por lo cual dicho valor tampoco tiene unidades.

El método más común para determinar la densidad real es:

EL METODO DEL PICNOMETRO

LOS VALORES DE LA DENSIDAD REAL más frecuentes varían entre 1.5 en suelo orgánico y 5 en suelos donde predominan compuestos ferrosos (magnetitas o Hematitas).



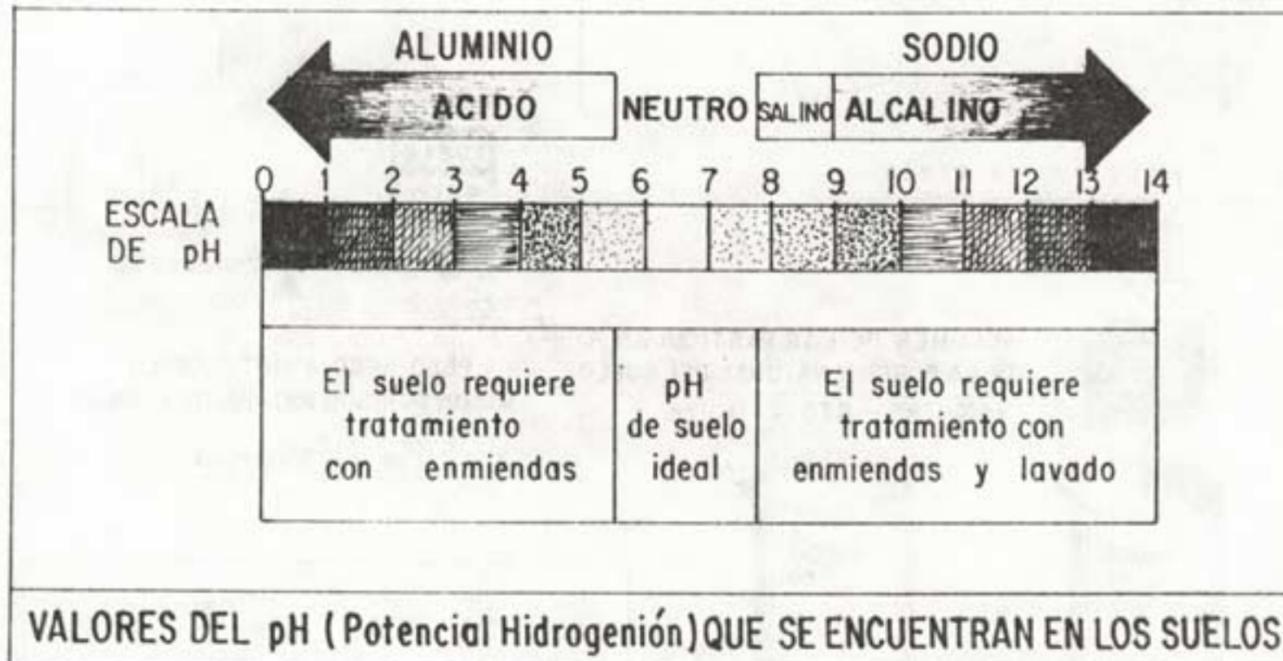
3. CARACTERISTICAS QUIMICAS

Las caracterización química del suelo nos aclara su condición química o fertilidad, que constituye la base alimenticia para las plantas.

Las características más importantes son:

- a. El pH del suelo
 - b. La Materia Orgánica
 - c. Sales y Conductividad Eléctrica.
 - d. Capacidad de intercambio catiónico
 - e. Cationes cambiables.
- a. **El pH es la medida del grado de acidez o de alcalinidad de un suelo.**
Además el pH del suelo permite la disponibilidad de los nutrientes.

La mayoría están disponibles en suelos cuyo valor pH varía de 6 a 7. Valores más altos o más bajos de pH indican menor disponibilidad de nutrientes y presencia de sodio y aluminio respectivamente. Ambos elementos son tóxicos para las plantas.



b. Materia Orgánica

La materia orgánica es el agente más efectivo en la estabilización de los agregados. Aumenta la porosidad y disminuye la densidad aparente. Como en las propiedades químicas es una fuente principal de la capacidad de intercambio de iones especialmente en suelos arenosos. Además es fuente de elementos nutritivos como Nitrógeno, fósforo, azufre.



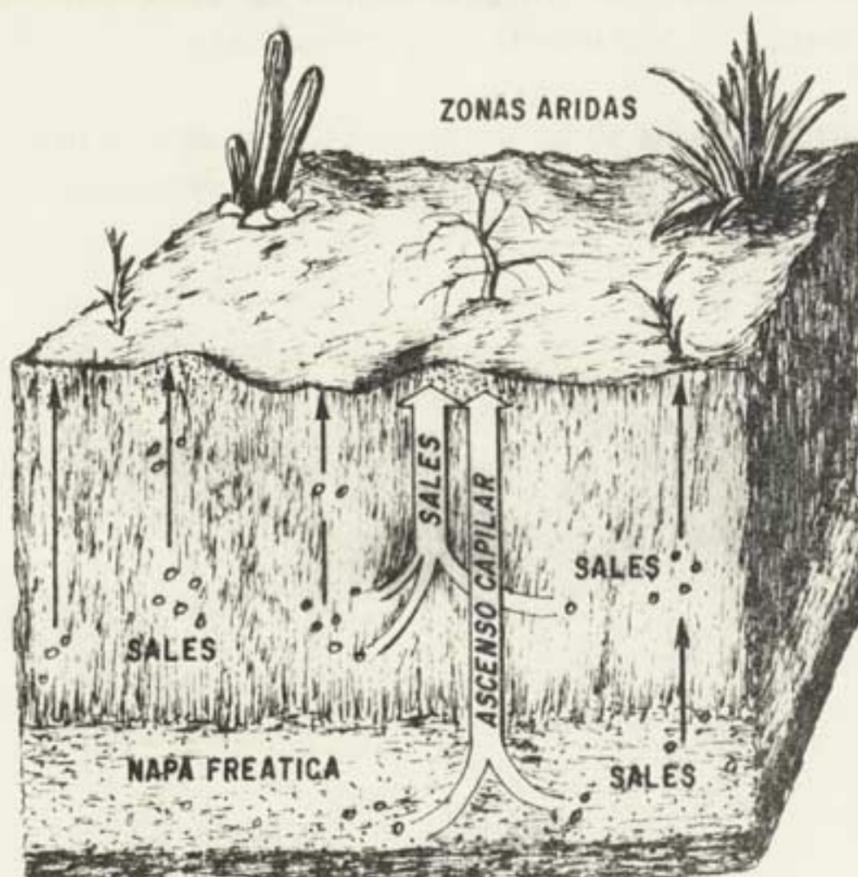
SALINIDAD Y ALCALINIDAD

Ambos constituyen características químicas fundamentales en el estudio del suelo y la planificación del riego.

ORIGEN

El origen de los suelos salinos y sódicos se halla condicionado a la acción de uno o más factores tales como:

- Escasa precipitación que crea condiciones de aridez.
- Extremo calor y evaporación que facilita la ascensión capilar (vea dibujo)
- Práctica de irrigación deficiente (aplicación de agua de riego con alto contenido de sales).
- Tabla de agua alta (vea dibujo)
- Relieve plano o plano cóncavo (facilita condiciones de mal drenaje).



EVOLUCION DE LAS SALES EN EL SUELO

La evolución de las sales en el suelo se produce de la siguiente manera; en el primer instante hay acumulación paulatina de sales solubles (Bicarbonato, Cloruro y Sulfato de calcio, magnesio y sodio entre otras). Posteriormente, al saturarse el suelo con estas sales, empiezan procesos de precipitación de acuerdo a sus grados de solubilidad, precipitando en primer lugar las sales menos solubles tales como los carbonatos y sulfatos de calcio y magnesio lo cual induce a un aumento y enriquecimiento relativo del suelo en sales de sodio.

TIPOS DE SALES

La unión de aniones de carga negativa y de los cationes de carga positiva da lugar a la formación de sales. Por ejemplo la reacción entre el Cl⁻ (Anión: Cloruro) y el Na⁺ (Cation: Sodio) crea el Cl Na (Cloruro de Sodio o sal común).

La concentración de sales en el suelo puede ser de una gran variedad. Entre los **aniones** tenemos: Cloruros, sulfatos, carbonatos, nitratos y boratos. Los principales cationes que acompañan estos aniones para formar las sales, son: Sodio, magnesio, calcio y potasio.

EFFECTOS DE LAS SALES EN LOS CULTIVOS

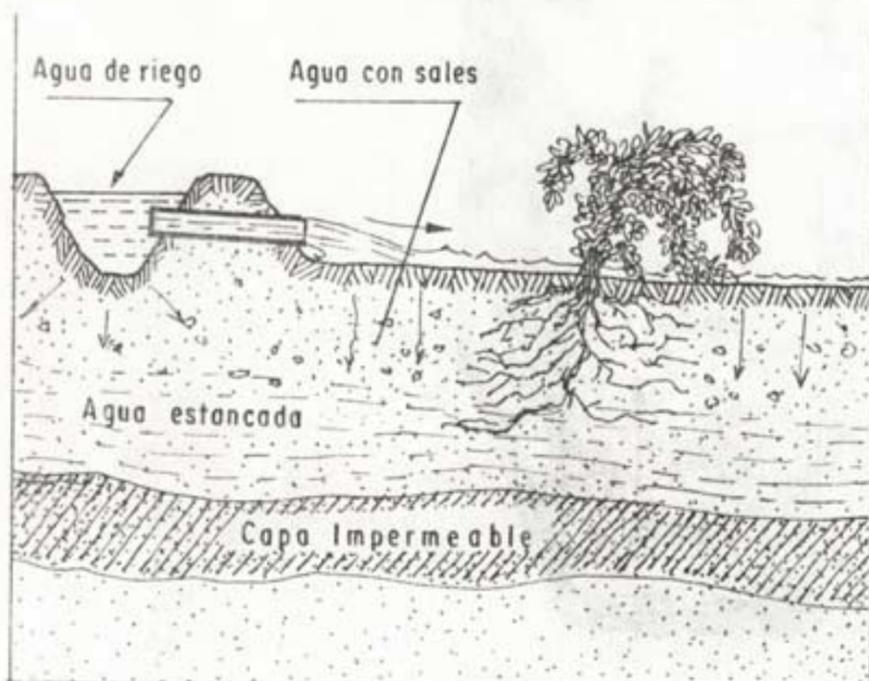
El efecto de una alta concentración de sales en el suelo y en los cultivos depende del tipo de sales, el tipo de cultivo y su estado de desarrollo, la clase de suelo y su manejo.

Las altas concentraciones de sales en los cultivos tiene los siguientes efectos perjudiciales:

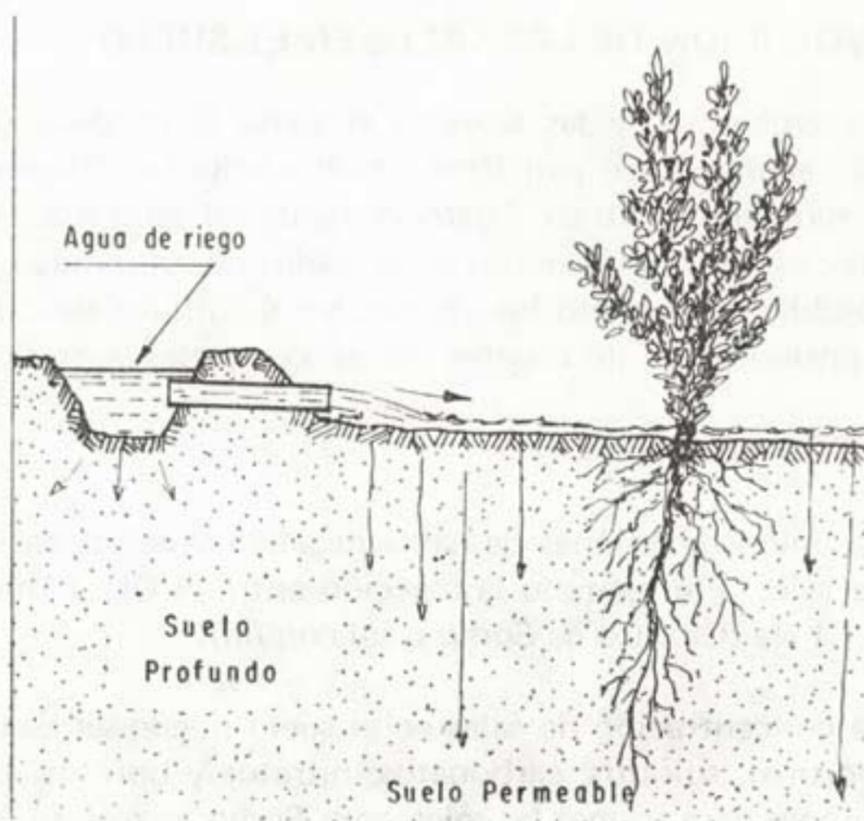
- Disminución de la disponibilidad de agua para las plantas, al producir un aumento de la presión osmótica de la solución suelo.
- Quemaduras de las márgenes de las hojas debido al efecto tóxico de algunos iones.
- Antagonismo iónico; es decir que la excesiva concentración de algún ion disminuye la absorción de otro. Ejemplo: calcio vs. potasio.

Asimismo se ha observado que las altas concentraciones de sales, tienden a flocular el suelo formando agregados y por consiguiente aumentan la permeabilidad.

Por otro lado, altas concentraciones de sodio en ambientes no salinos provocan la dispersión de las arcillas, destruyen la estructura y crean condiciones de baja permeabilidad.



CUANDO NO TIENE DRENAJE INTERNO



PREVENCION Y MANEJO

Las labores de prevención para evitar la salinización y/o sodificación de un área requieren un diagnóstico inicial de las posibles causas.

Es necesario usar aguas de riego apropiadas y en volúmenes adecuados, mantener los niveles freáticos bajos (cercano o más de 2 m) para evitar un enriquecimiento de sales por ascenso capilar. La práctica de mantener los terrenos bien nivelados es esencial para que la aplicación del agua sea uniforme sobre el terreno.

Las labores de manejo incluyen también labores de prevención. En este caso se asume que los suelos presentan problemas de sales y/o sodio, sin contemplar labores de recuperación. En cuanto al manejo del agua: en el suelo con alto contenido de sales, se debe mantener los suelos lo más **húmedo posibles**, para obtener menores valores de conductividad eléctrica, lo que se logra aumentando la frecuencia de los riegos. Si el agua de riego tiene alto contenido de sodio, se puede añadir una fuente de calcio como el yeso para mejorar sus RAS (Relación de adsorción de sodio).

En cuanto al manejo de cultivos estos deben sembrarse en las áreas del terreno con la más baja salinidad. En caso de riego por surcos, debe hacerse en el mismo surco o en el lado del camellón. El lomo del camellón sería el peor sitio porque ahí se concentran más sales. Riegos fuertes para la siembra y germinación son favorables.

En los suelos sódicos se puede roturar el subsuelo si es que existen capas impermeables.

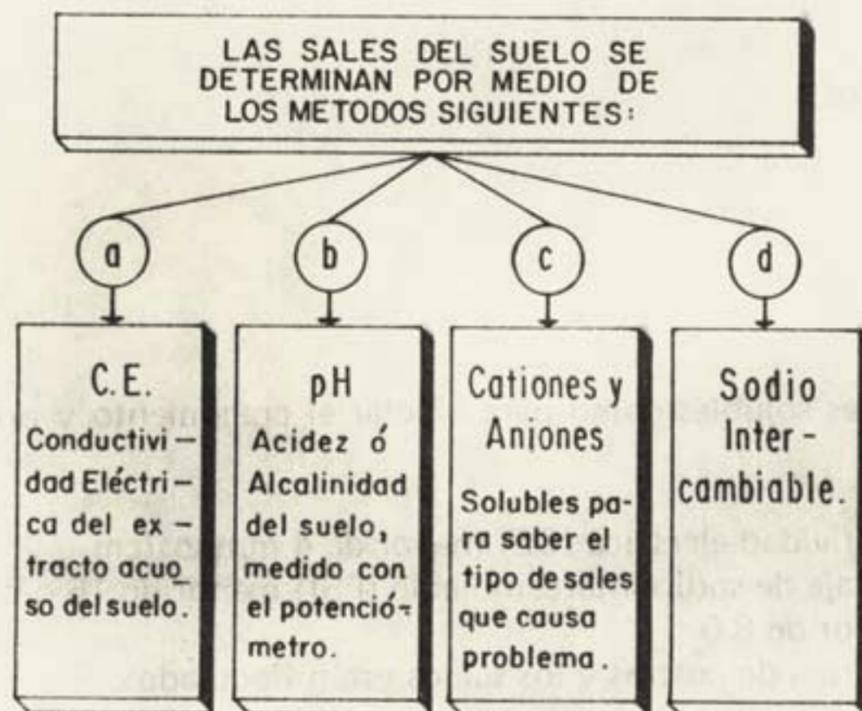


TOLERANCIA RELATIVA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD, MENCIONADOS DE ACUERDO CON SU MENOR TOLERANCIA DENTRO DE CADA GRUPO

CULTIVOS	TOLERANTES	MODERADAMENTE TOLERANTES	SENSIBLES
COMUNES	13-8 mmhos/cm Cebada Remolacha azucarera Nabo Algodón	8 - 4 mmho/cm Centeno Maíz Trigo Arroz Avena Sorgo Girasol Soya	3 - 2 mmhos/cm Frijol
HORTICOLAS	8 - 5 mmhos/cm Espárrago Espinaca Remolacha	5 - 3 mmhos/cm Brócoli Zanahoria Col Cebolla Coliflor Melón Lechuga Calabaza	3 - 2 mmhos/cm Rábano Apio
CULTIVOS FORRAJEROS	12 - 6 mmhos/cm Pasto bermuda Pasto Rhodes Festuca alta Cebada (para heno)	6 - 3 mmhos/cm Trébol dulce Pasto inglés Sudán grass Alfalfa Centeno (para heno) Trigo (para heno)	3 - 15 mmhos/cm Trébol blanco Trébol híbrido Trébol ladino
FRUTALES	8 mmhos/cm Palma datilera	6 - 3 mmhos/cm Granada Naranja Breva Toronja Olivo Limón Vid Manzana Pera Ciruela Almendra	3 - 15 mmhos/cm Durazno Zarzamoras Frambuesa Fresa

MÉTODOS DE DIAGNOSTICOS DE SALINIDAD

Aún cuando los suelos muestren las características típicas de suelos salinos o sódicos, es necesario efectuar análisis de laboratorio. El gráfico adjunto muestra los diferentes métodos para determinar las sales del suelo.



- La conductividad eléctrica (CE) se expresa en mmho/cm y se basa en la conducción de la electricidad en el extracto acuoso de una pasta saturada de suelo (a mayor cantidad de sales mayor conductividad eléctrica).
- Por lo general valores bajos de pH indican mayor actividad de ion hidrógeno y presencia de aluminio, por el contrario valores de pH superiores o iguales a 8.5, indican presencia de altas concentraciones de sodio.
- Conociendo los tipos de sales será posible elegir el tratamiento más adecuado para la recuperación del suelo.
- La determinación del sodio intercambiable es dificultosa, ya que será necesario calcular la capacidad de intercambio catiónico (CIC) total del suelo para relacionarlo con la cantidad de sodio intercambiable extraído. Indirectamente se puede calcular el sodio intercambiable a través del RAS. (Relación de adsorción de Sodio).

CLASIFICACION

La agrupación de suelos en diferentes clases de acuerdo a sus características de salinidad y sodicidad constituye una clasificación con fines de tratamiento y manejo de los suelos. Se considera las siguientes clases de suelos:

- 1) Suelos Salinos
- 2) Suelos salino-sódicos
- 3) Suelos sódicos

1) Suelos Salinos:

Poseen suficientes sales solubles como para afectar el crecimiento y producción en la mayoría de los cultivos.

Presentan: a) Conductividad eléctrica (CE) mayor de 4 mmhos/cm
b) Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor de 15 o/o
c) pH menor de 8.0

Las sales afloran en forma de costras y los suelos están floculados.

2) Suelos Salino-Sódicos:

Presentan: a) Conductividad eléctrica (CE) mayor a 4 mmhos/cm.
b) Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) mayor de 15 o/o.
c) pH entre 8.0 - 8.5

Cuando el contenido de sales supera al de sodio se produce una floculación del suelo. En caso contrario hay dispersión del suelo y disminuye la permeabilidad.

3) Suelos Sódicos - No salinos:

Presentan: a) Porcentaje de sodio intercambiable superior al 15 o/o.
b) Conductividad eléctrica (CE) menor de 4 mmhos/cm.
c) pH superior a 8.5

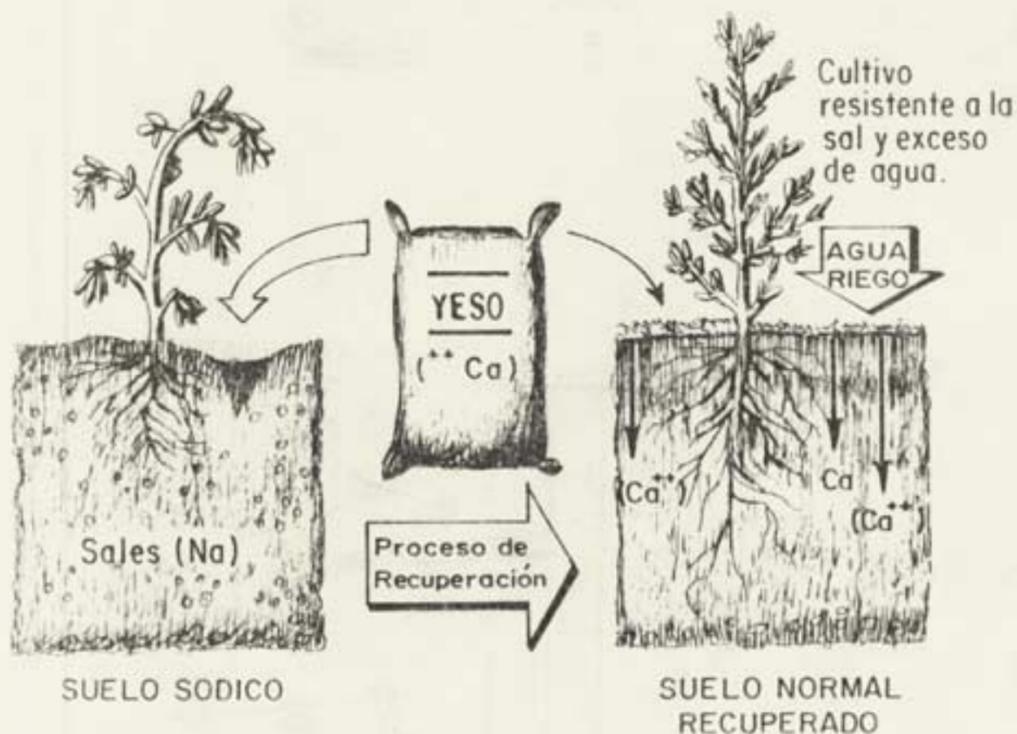
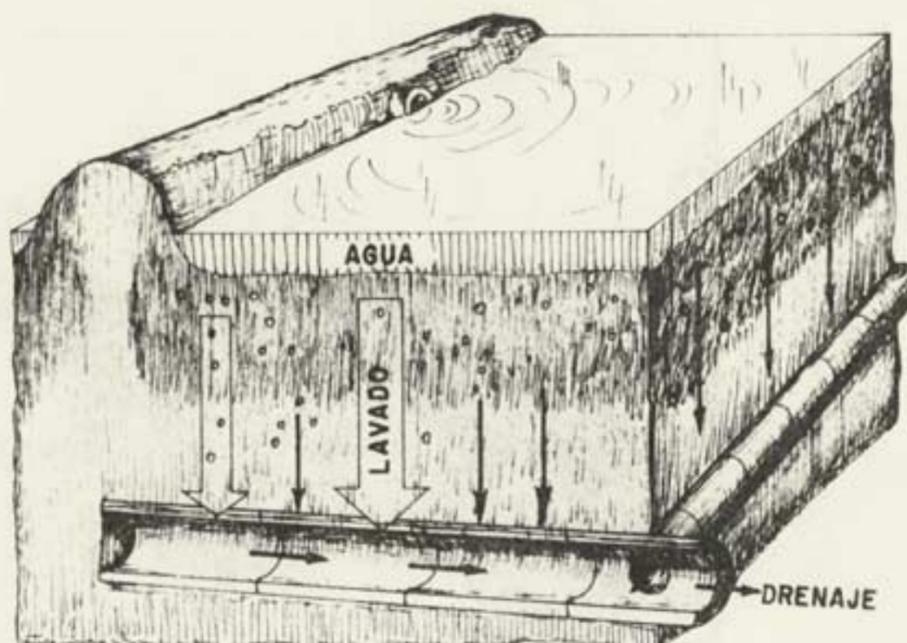
En este tipo de suelo se presenta el fenómeno de dispersión que se traduce en una destrucción de los agregados por lo que disminuye la permeabilidad, creando problemas de drenaje y aireación.

RECUPERACION

Se realiza labores de recuperación cuando los suelos tienen excesiva cantidad de sales o de sodio que necesitan un tratamiento más drástico para hacerlos productivos.

De suelos Salinos

Para llevar a cabo su recuperación, solamente es necesario lixiviar las sales mediante lavados, programados de acuerdo a las características texturales, niveles de sales y profundidad del suelo.

**De Suelos Salinos-Sódicos**

La recuperación de estos suelos se efectúa en 2 fases sucesivas:

- Aplicación de una sal soluble de calcio (yeso o cloruro de calcio), con el fin de sustituir el sodio intercambiable.
- Lavado programado, con el objeto de lixiviar el sodio y las sales solubles.

AL APLICAR YESO A UN SUELO SODICO, EL SODIO SOLUBLE (Na)⁺ QUE ES TOXICO PARA LAS PLANTAS, ES DESPLAZADO POR EL CALCIO (Ca)^{**} DEL YESO, FORMANDO UN COMPUESTO INSOLUBLE QUE LUEGO ES LAVADO Y ELIMINADO DE LA CAPA DE SUELO AGRICOLA.

De Suelos sódicos no salinos

Para la recuperación de estos suelos se debe conocer a través de análisis, si el suelo contiene yeso o carbonato de calcio. En el caso de tener yeso o carbonatos de calcio el proceso se limita solo a aumentar la solubilidad de estos compuestos para liberar el calcio. Si los suelos no poseen carbonato o yeso, se sigue los mismos pasos como en el caso de suelos salinos-sódicos.

EL AGUA ES UN ELEMENTO ESENCIAL PARA TODA FORMA DE VIDA. Es necesaria para la alimentación del hombre, animales y plantas. Alberga diversas especies vegetales y animales que forman actualmente parte importante de la alimentación del género humano.



EL AGUA.- Elemento básico para todo tipo de vida.



ANGUSTIA

MUERTE Y DESOLACION

DESOCUPACION

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE AGUA

LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL AGUA LE CONFIEREN PROPIEDADES MUY ESPECIALES, COMPORTANDOSE COMO UN ACTIVO AGENTE EROSIVO Y TAMBIEN COMO AGENTE DISOLVENTE DE TODO TIPO DE COMPUESTOS QUIMICOS. SU PRESENCIA ES DETERMINANTE EN EL MODELADO DE LAS FORMAS TERRESTRES.



BUEN MANEJO

BUEN MANEJO:

- Beneficio para la humanidad;
- Uso Múltiple;
- Reutilización;
- Conservación y Preservación

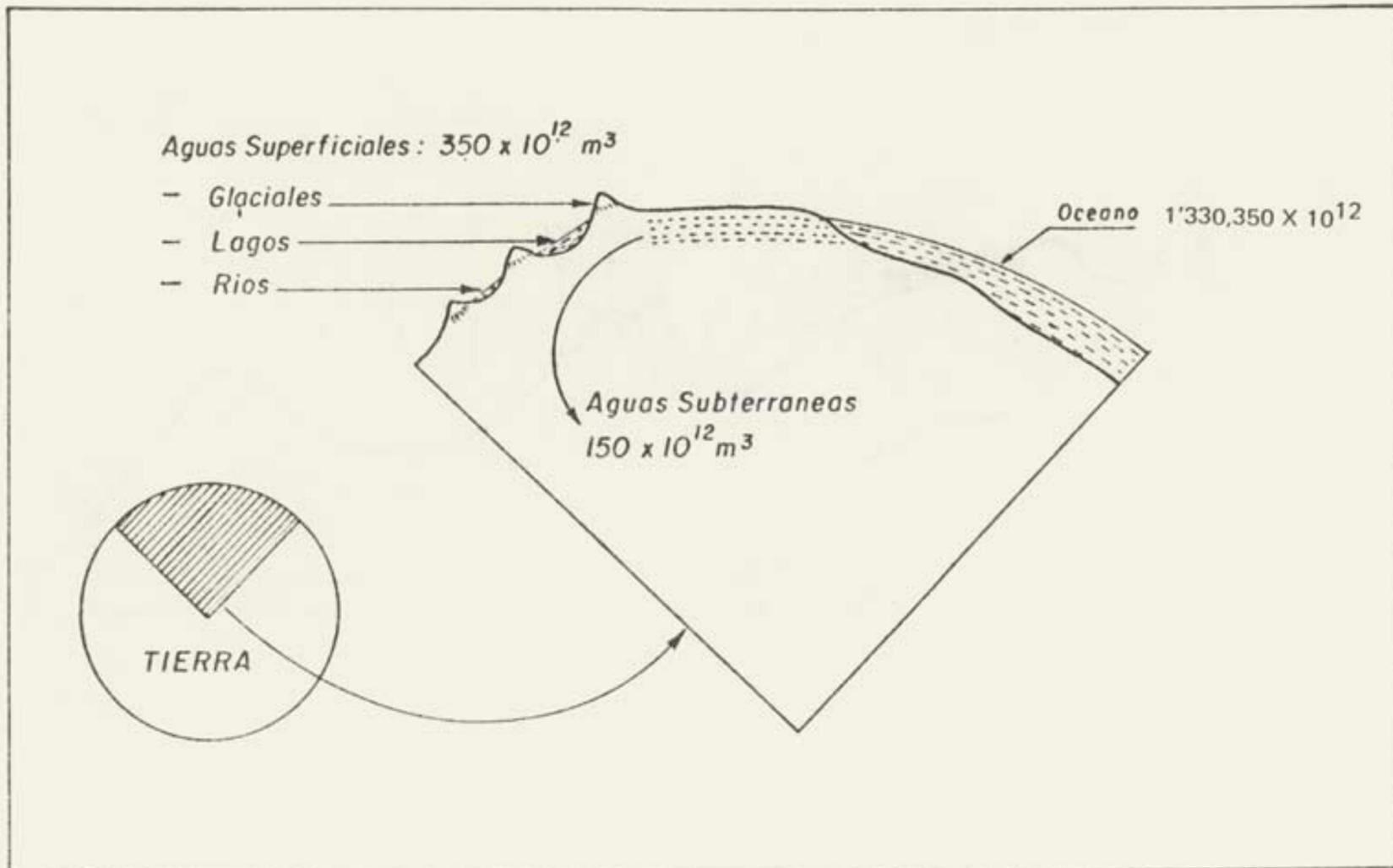
MAL MANEJO:

- Perjuicios;
- Erosión;
- Empantanamiento y Salinización de tierras;
- Avalanchas;
- Inundaciones



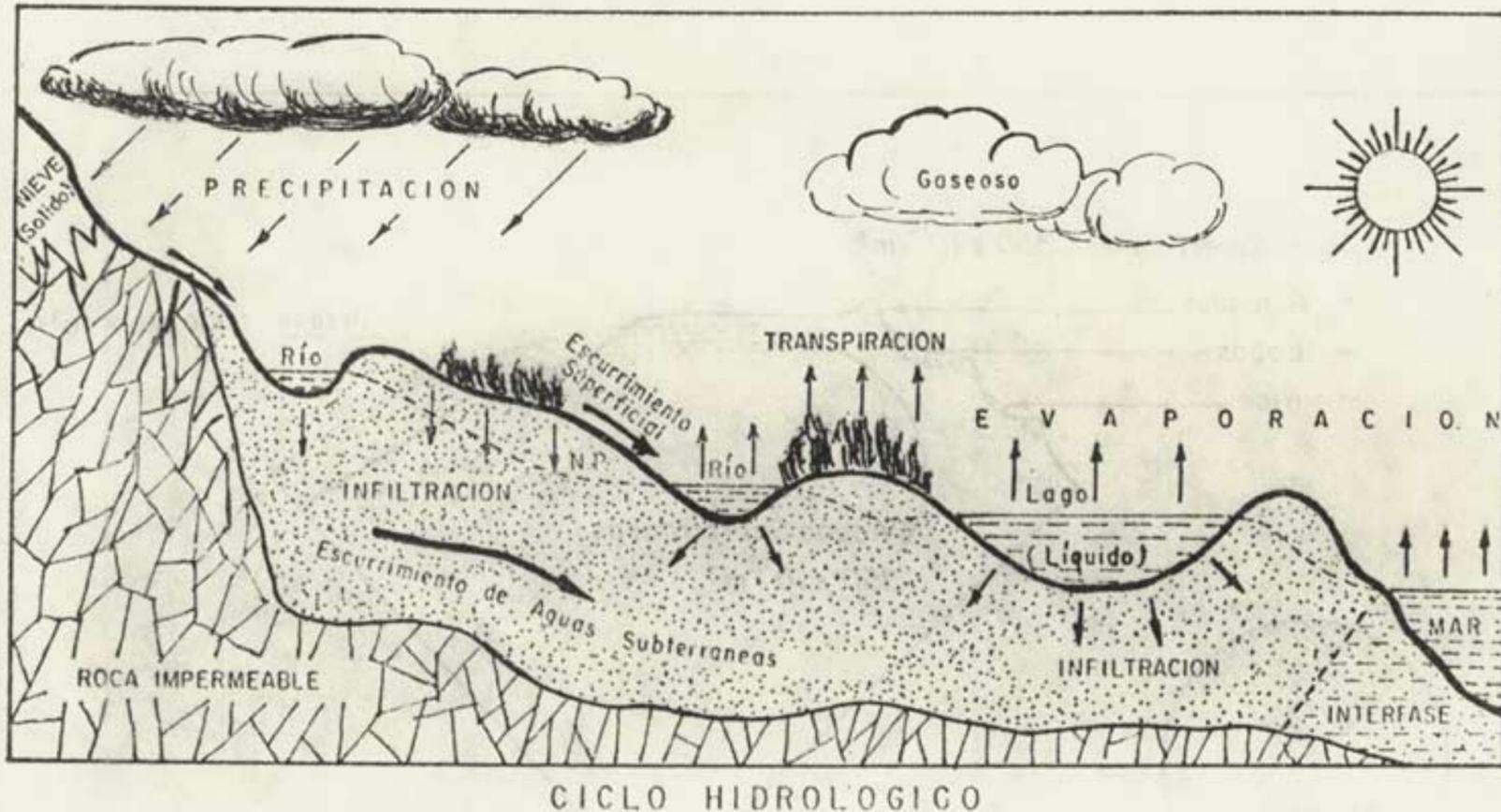
MAL MANEJO

Las aguas continentales, se estiman formadas por 350×10^{12} m³. de aguas superficiales y el resto son aguas subterráneas. Estas son las aguas de las que dispone el hombre para su alimentación, haciendo la salvedad que el íntegro de este volumen no es aprovechable puesto que equivaldría a secar los lagos, ríos y napas del planeta. Sólo puede aprovecharse la parte que se renueva anualmente debido al ciclo hidrológico.



DISPONIBILIDAD DE AGUA CONSTANTE VS. AUMENTO PROGRESIVO DE LA DEMANDA MUNDIAL DE AGUA.

Las aguas de los océanos, lagos, ríos e incluso las subterráneas que se encuentran a profundidad, se evaporan bajo la acción del aumento de temperatura provocado por los rayos solares. Se forman así las nubes, las que debido a nuevos cambios de temperatura se condensan y se precipitan sobre la corteza terrestre bajo la forma de lluvia, nieve o hielo.



Al llegar al suelo, estas aguas se escurren, hacia los puntos topográficamente más bajos, formando así los arroyos, lagos, ríos y océanos o mares que es donde finalmente se acumulan las aguas que caen sobre la tierra.

En este proceso una parte de las aguas se infiltra cuando encuentra terrenos porosos y permeables; esas son las aguas subterráneas que se escurren, como las aguas superficiales, hasta llegar a un punto de salida que puede ser un río, un lago o un mar. Llegadas las aguas superficiales y subterráneas a su nivel de base (océanos o mares, ríos, lagos), se reinicia el ciclo hidrológico por acción de los cambios de temperatura. Este fenómeno se representa por la ecuación o fórmula siguiente:

$$P = R + E_v + I$$

Donde:

- P = Cantidad total de agua que cae sobre una región determinada (generalmente se toma una cuenca hidrográfica), sea como lluvia, hielo o nieve.
- R = Escorrentía de agua superficial (ríos, arroyos, etc.)
- E_v = Evaporación y transpiración a través de la vegetación.
- I = Cantidad de agua que se infiltra y forma las napas de aguas subterráneas.

Esto significa que la cantidad total de agua que cae en una cuenca en un lapso determinado (generalmente se toma el año hidrológico compuesto por las 4 estaciones climáticas), debe salir de la cuenca hacia su nivel de base, por escorrentía superficial o subterránea; o se evapora hacia la atmósfera.

SEGUN ESTADOS FISICOS	}	SOLIDO:	Nieve, hielo
		LIQUIDO:	Lluvias, ríos, mares, lagos.
		GASEOSOS:	Nubes, neblinas
SEGUN LOCALIZACION CON RESPECTO A LA CORTEZA TERRESTRE	}	SUPERFICIAL:	Océanos, lluvias, ríos, lagos, nieve, hielo, etc.
		SUBTERRANEA:	Napas freáticas y artesianas, volcánicas, geiseres, etc.



USO DOMESTICO



USO AGRICOLA



USO PECUARIO

Además: poblacional, recursos hidrobiológicos, terapéutico, recreacional, turístico, etc.

COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA

Cada molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Esta es la fórmula química del agua al estado puro. En la naturaleza no se encuentra jamás en este estado. Esto se debe a que en el recorrido sobre y (principalmente) bajo la superficie terrestre las aguas se cargan de materiales que conforman la corteza terrestre. Así, las aguas tienen siempre un contenido salino en solución y a veces hasta en suspensión. Esto sucede con las aguas de lluvia que son consideradas como las de más pura composición química.

Los elementos minerales más comunes presentes en el agua son los más solubles, como: calcio, sodio, potasio, magnesio, bajo la forma de cloruros, sulfatos o carbonatos. También se pueden cargar naturalmente con materias biológicas: plantas, micro-organismos, bacterias, etc.

Artificialmente las aguas también pueden cargarse con elementos minerales o biológicos. Cuando el agua se hace inutilizable para uso poblacional o agropecuario debido a la cantidad elevada de elementos minerales y biológicos se dice que está contaminada.

CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA REQUERIDAS PARA EL USO AGROPECUARIO

Es muy variable dependiendo del tipo de cultivo, clima, y eficiencia de riego en el caso agrícola. En el caso pecuario depende del tipo de animales.

Pecuario:

Para alimentación de animales mayores se considera entre 10 l/día/animal, hasta 80 l/día/animal.

Agrícola:

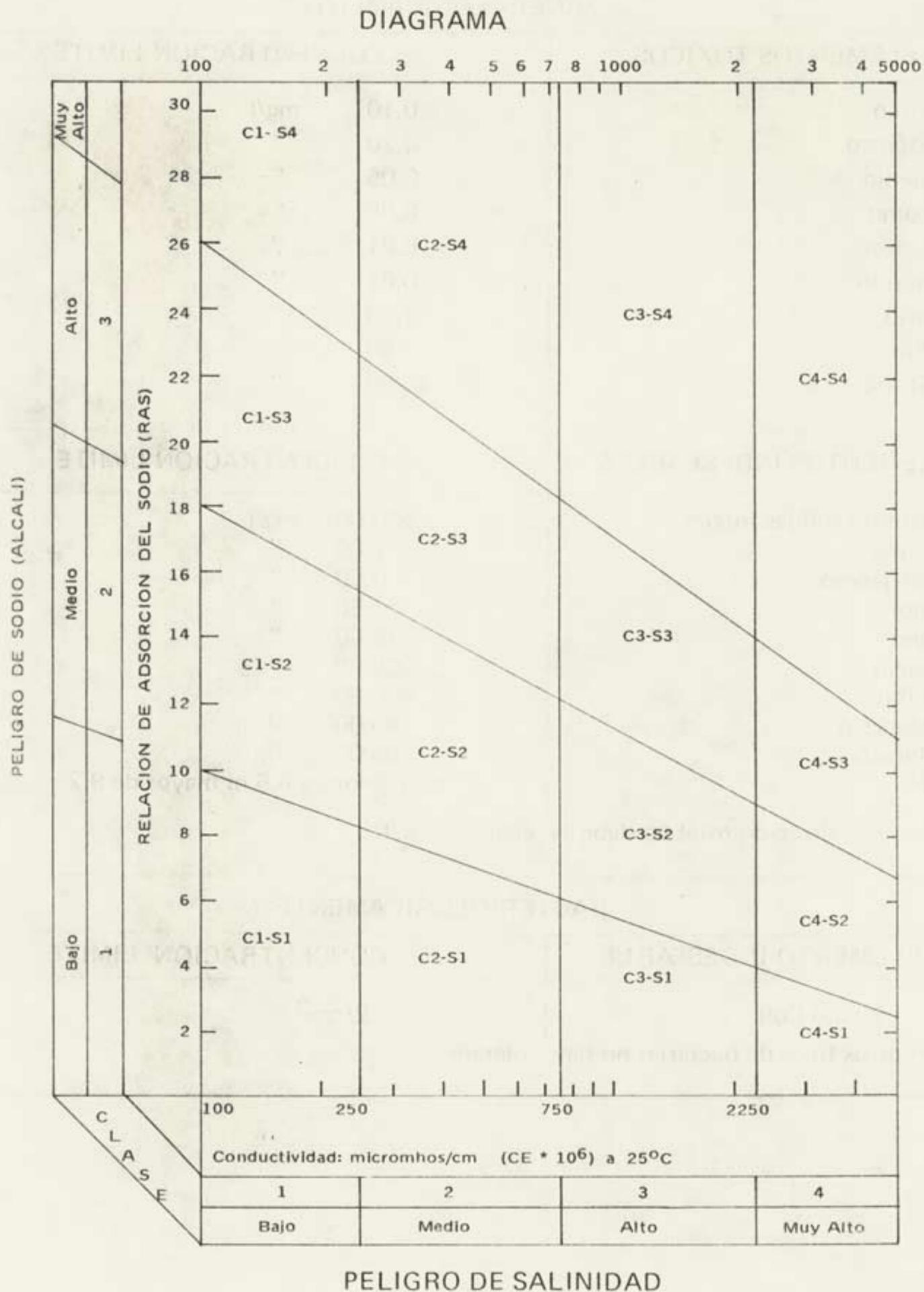
Para la agricultura se estima groseramente en 1 l/s/Ha.

CANTIDAD	
Uso Poblacional:	200 a 500 l/día/habitante
Uso Doméstico:	40 a 150 l/día/habitante
Uso Agrícola:	1 l/s/Ha
Uso Pecuario:	De 10 a 80 l/día/animal

CALIDAD AGUA POTABLE		
MINERALOGICAMENTE		
ELEMENTOS TOXICOS	CONCENTRACION LIMITE	
Plomo	0.10	mg/l
Arsénico	0.20	"
Selenio	0.05	"
Cromo	0.05	"
Cianuro	0.01	"
Cadmio	0.01	"
Bario	1.00	"
Fluor	1.50	"
Nitrato	45.00	"
ELEMENTOS INDESEABLES	CONCENTRACION LIMITE	
Materias sólidas totales	1,500.00	mg/l
Fierro	1.00	"
Manganeso	0.50	"
Cobre	1.50	"
Zinc	15.00	"
Calcio	200.00	"
Sulfato	400.00	"
Magnesio	150.00	"
Cloruro	600.00	"
pH	no menor de 6.5 ni mayor de 9.2	
La mineralización total no debe exceder de 2 gr/l		
BACTERIOLOGICAMENTE		
ELEMENTO INDESEABLE	CONCENTRACION LIMITE	
Bacilo Coli	2/cm ³	
En otros tipos de bacterias no hay tolerancia		

Para conocer la aptitud del agua con respecto al uso agrícola se utiliza EL DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO. Este diagrama clasifica las aguas de acuerdo al peligro de sodio y a su mineralización global. Esta se expresa en unidades de conductividad eléctrica: micromhos/cm. En efecto a mayor cantidad de sales disueltas en el agua la conductividad eléctrica que se registra mediante un equipo especial, será mayor.

Otro elemento importante es la concentración de boro que no debe estar ausente ni depasar una parte por millón





Agua de Baja Salinidad (C1)

Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Agua de Salinidad Media (C2)

Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Agua Altamente Salina (C3)

No pueden usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales, muy tolerantes a sales.

Agua Muy Altamente Salina (C4)

No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.

La clasificación de las aguas de riego con respecto a la RAS, se basa primordialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. No obstante, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños a consecuencia de la acumulación del sodio en sus tejidos cuando los valores del sodio intercambiable son más bajos que los necesarios para deteriorar la condición física del suelo.

Agua Baja en Sodio (S1)

Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Agua Media en Sodio (S2)

En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas sólo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

Agua Alta en Sodio (S3)

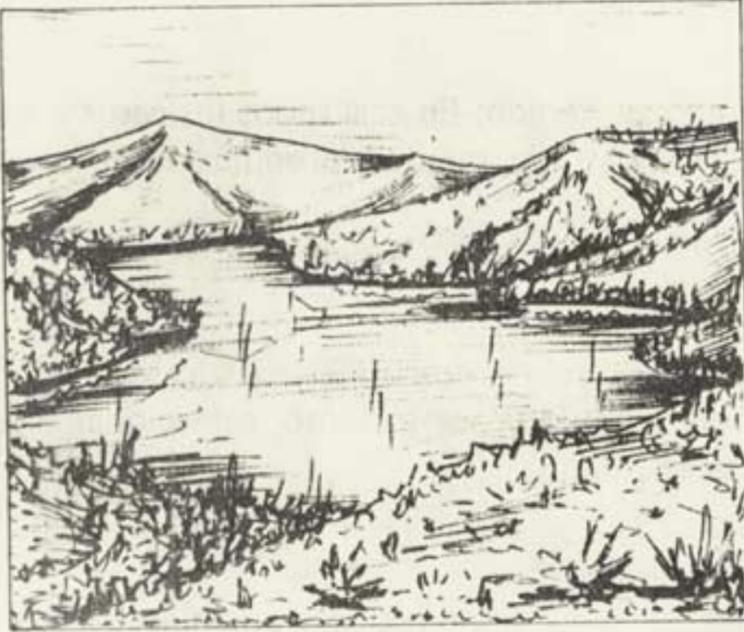
Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitan prácticas especiales de manejo - buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable, cuando se riegan con este tipo de aguas. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir el sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad.

Agua Muy Alta en Sodio (S4)

Es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media, y cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico el empleo de esta clase de aguas.

El agua es aprovechable directamente de cualquiera de sus estados.

FUENTES SUPERFICIALES

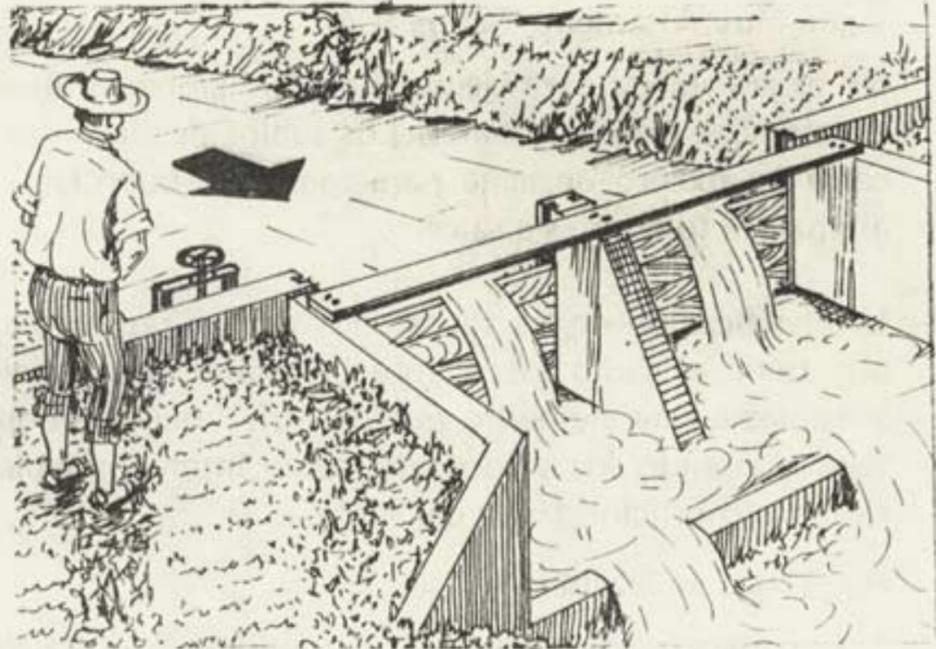


Naturales:

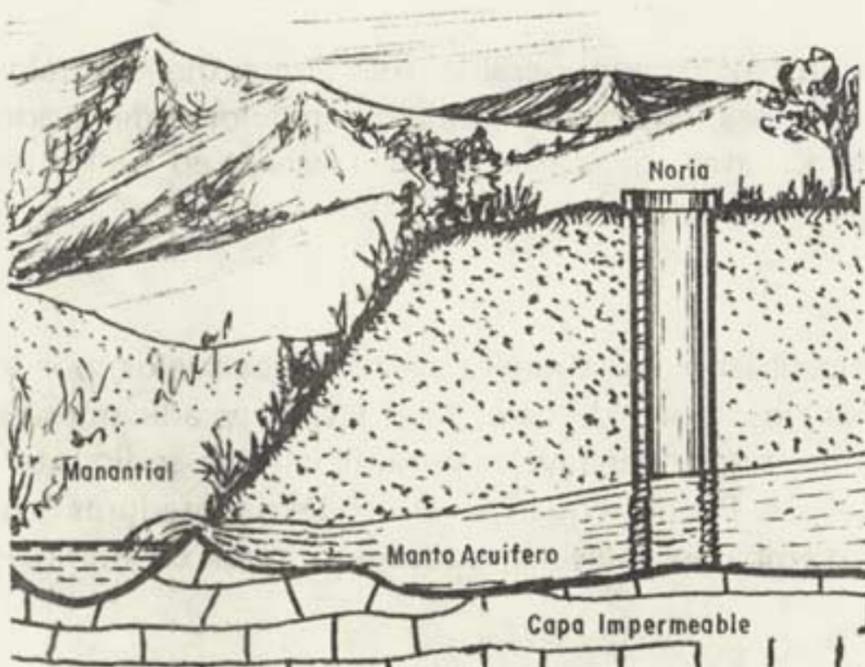
Aprovechamiento de lluvias, agua de deshielos, tomas directas de los ríos, etc.

Artificiales:

Tomas de agua del río, concebidas como obras de ingeniería civil, represas o acueductos construídos en material noble, represamiento de lagunas; túneles para transvase de agua de una cuenca a otra, etc.



FUENTES SUBTERRANEAS



Naturales: Manantiales

Artificiales: Pozos y galerías filtrantes

Es recomendable el uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas. Por ejemplo: en época húmeda se pueden captar y utilizar las aguas de lluvia y de ríos. El excedente puede ser almacenado en pequeñas presas o jagueyes, para ser utilizado en épocas de sequía conjuntamente con las aguas subterráneas.

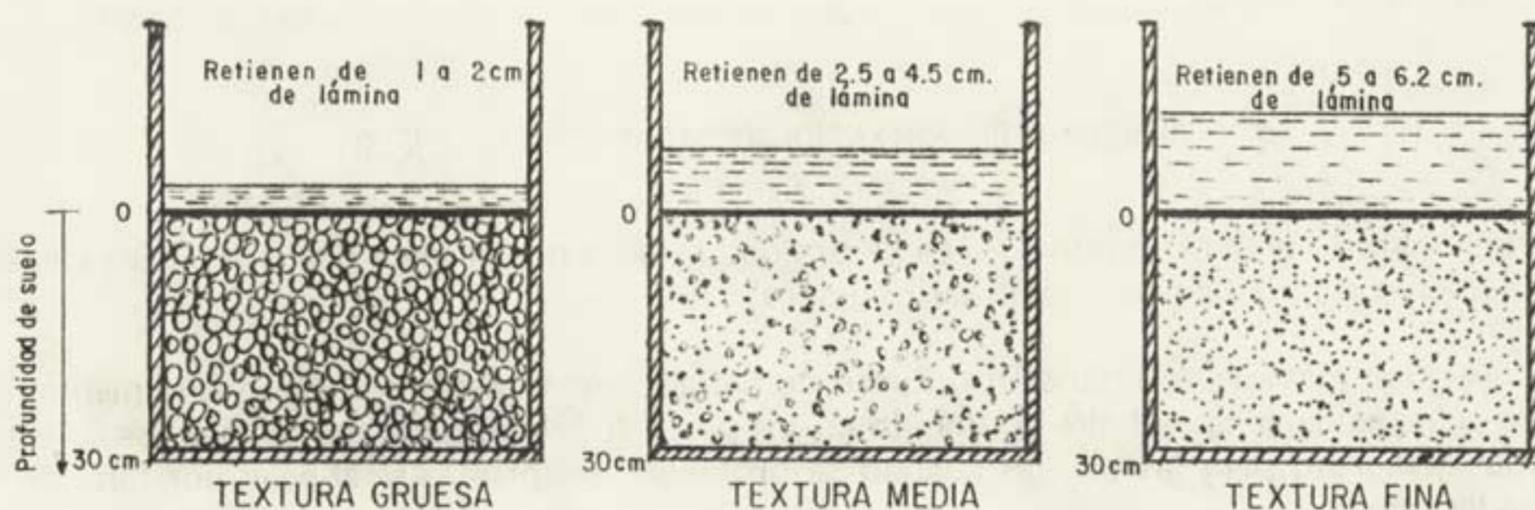
EL SUELO COMO RESERVORIO PARA AGUA

La práctica de riego se basa en considerar al suelo como un reservorio donde se almacena el agua y del cual las raíces de las plantas van extrayendo la humedad que necesitan para poder vivir, es decir, la requerida por sus necesidades fisiológicas.

Entre las partículas de suelo de diferentes formas y tamaños quedan espacios vacíos o huecos denominados poros, donde se almacenan e intercambian el agua y el aire del suelo. El aire del suelo es un elemento necesario para la respiración de las raíces y complemento para el desarrollo de los tejidos de la planta. Un buen equilibrio entre el contenido de agua y aire constituye la clave para un buen manejo de riego, y el rendimiento agrícola.

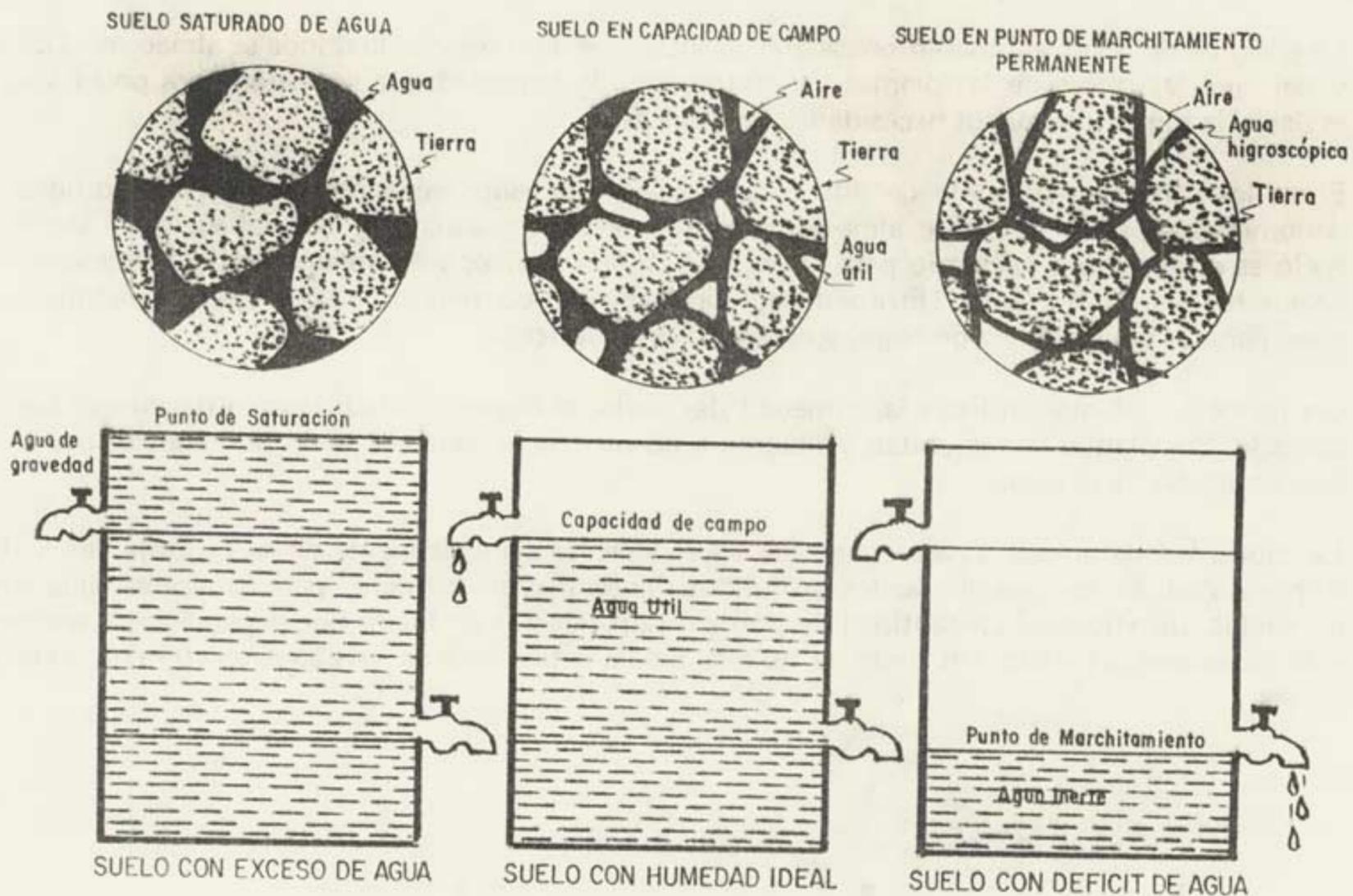
Conforme las plantas utilizan la humedad del suelo, la disponibilidad de agua disminuye hasta agotarla. Las plantas se marchitan y mueren a no ser que el agua del suelo sea repuesta por una lluvia o mediante el riego.

La capacidad de un suelo para almacenar agua depende principalmente de su **profundidad** y de su **porosidad**. En general, los suelos profundos tienen mayor capacidad para almacenar agua que los suelos superficiales. La cantidad de poros o porosidad es un factor que depende de la textura y la estructura del suelo. Un suelo de textura media o fina retiene más agua que uno de textura gruesa.



LAMINAS DE AGUA QUE ALMACENAN LOS SUELOS A 30 cms. DE PROFUNDIDAD SEGUN SUS TEXTURAS

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA POR EL SUELO



CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA POR EL SUELO

También llamado poder de retención. Es la cantidad de agua que el suelo puede retener expresado en volumen. Esta retención presenta varios grados:

- Capacidad máxima de retención o Punto de Saturación: Considera al suelo totalmente lleno de agua, es decir que el aire contenido en los poros fué desplazado por el agua. Es un estado muy peligroso para las plantas cuando se prolonga. Las plantas se ahogan por falta de aire en las raíces.
- Capacidad de retención o de campo: Es cuando el suelo se encuentra aún mojado, pero todo el exceso de agua se ha escurrido (drenado). Este estado se alcanza luego de 6 a 48 horas de haber regado.
- Punto de marchitamiento: Es el contenido de humedad mínima del suelo que las plantas ya no pueden extraer, y se marchitan. En consecuencia se debe regar antes de alcanzar este grado.

El agua contenida entre los límites: Capacidad de campo y Punto de Marchitamiento, corresponde al AGUA UTIL o disponible para las plantas.

El agua contenida por debajo del "Punto de Marchitamiento" no puede ser aprovechada por las plantas. Su fuerza de succión es menor a la adherencia del agua a las partículas del suelo. Esta agua es conocida como AGUA INERTE.

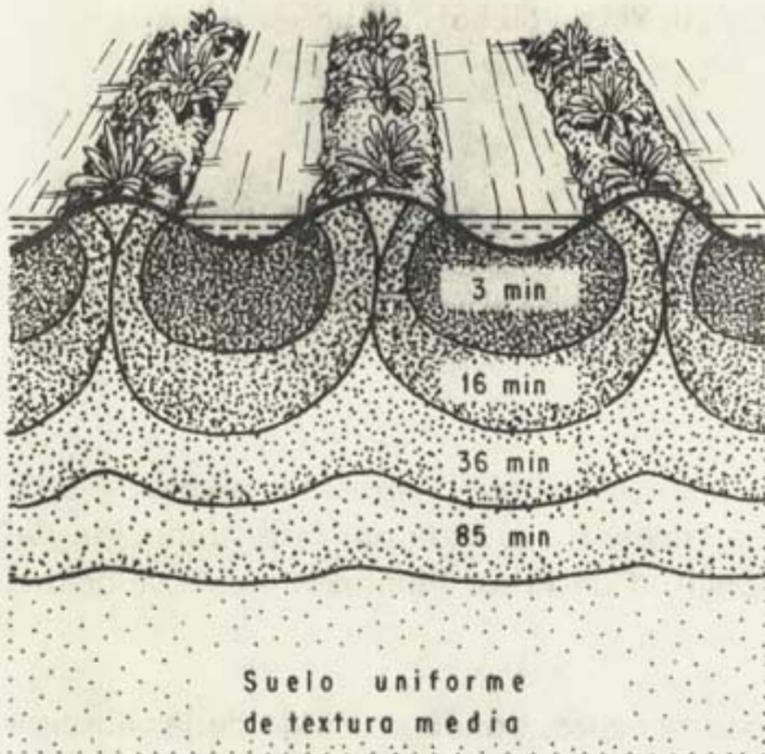


PERMEABILIDAD DEL SUELO. Cualitativamente es el estado de un medio poroso con relación a la rapidez con que dicho medio transmite fluidos, mientras que cuantitativamente es la propiedad específica de la que depende la rapidez con que un medio poroso transmite fluidos bajo condiciones standard.

INFILTRACION. Es la entrada vertical del agua en el suelo.

VELOCIDAD DE INFILTRACION. Es el volumen de agua que pasa el suelo por unidad de área en una unidad de tiempo y es expresado en unidades de velocidad (m/día, cm/hora, pies/día, pulg/hora).

SATURACION. Momento en que los poros o espacios vacíos del suelo se llenan completamente de agua. Una vez saturado un suelo, se hincha el espacio libre de los poros y la velocidad de infiltración del agua se hace constante, es decir se estabiliza.



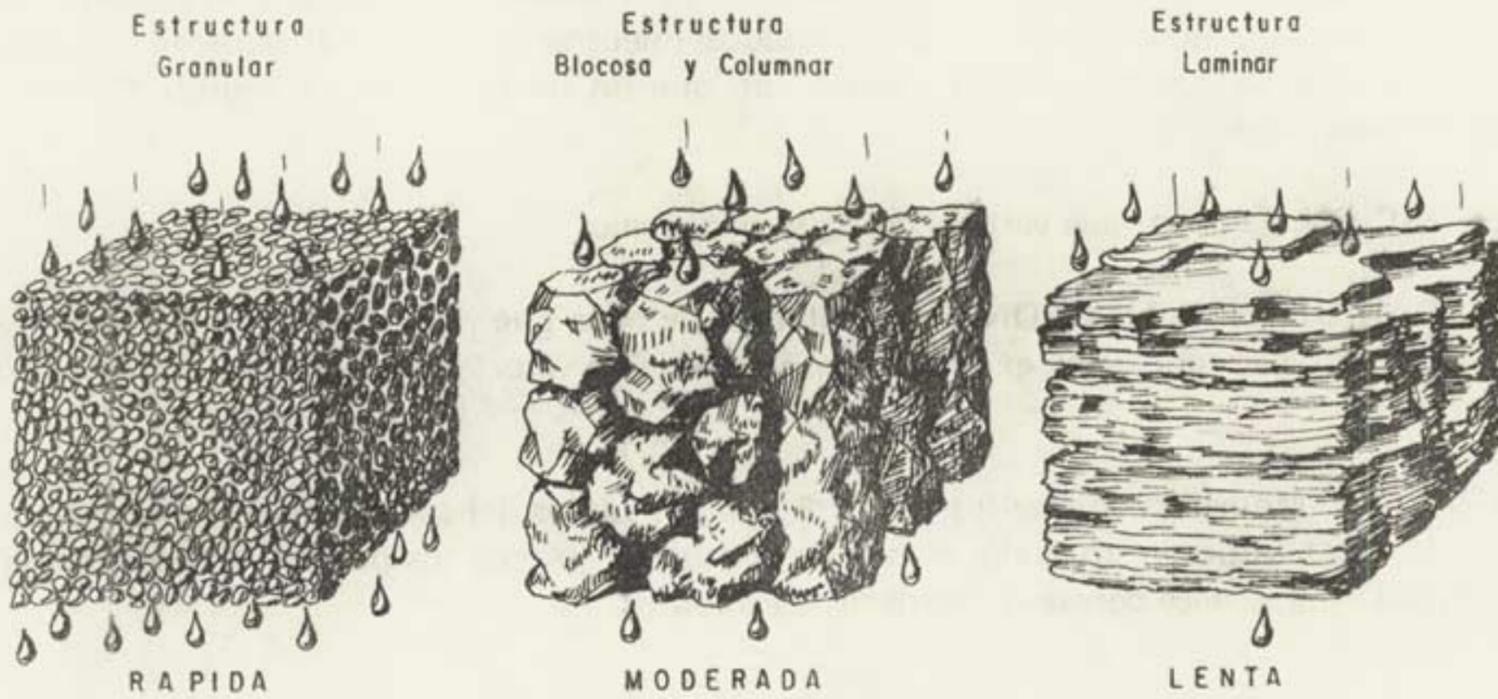
TIEMPO DE PENETRACION DEL AGUA EN EL SUELO

La excesiva permeabilidad causa fuertes pérdidas de agua en las acequias de tierra y en la cabecera de las unidades de riego. Además produce pérdidas de fertilizantes por lavado.

Cuando es muy lenta o casi nula, se producen otros problemas más graves aún, tales como la asfixia de las raíces por falta de oxígeno.

En el cuadro adjunto se presenta las diferentes clases de permeabilidad de las tierras. La infiltración se expresa en cm/hora a través de una porción de tierra saturada bajo una altura o lámina de agua de 12.7 mm.

PERMEABILIDAD	INFILTRACION (cm/hora)
— Muy lenta	0.127
— Lenta	0.127 – 0.50
— Relativamente lenta	0.50 – 2.00
— Media	2.00 – 6.35
— Relativamente rápida	6.35 – 12.70
— Rápida	12.70 – 25.00
— Muy rápida	más de 25.00



PENETRACION DEL AGUA EN EL SUELO DE ACUERDO A SU ESTRUCTURA

La velocidad de infiltración del agua en el suelo, varía en razón a la textura y al contenido de humedad del suelo. En suelos pesados (arcilla) esta velocidad es menor que en suelos ligeros (arenas). En suelos similares cuanto mayor sea el contenido de humedad del suelo, menor será la velocidad de infiltración.

Sin embargo a medida que la humedad de las capas superiores del suelo aumenta, la velocidad de infiltración decrece, debido a la mayor resistencia que encuentra el agua por la disminución del espacio poroso del suelo y por el incremento de la longitud de flujo. Finalmente esta velocidad se hace casi constante.

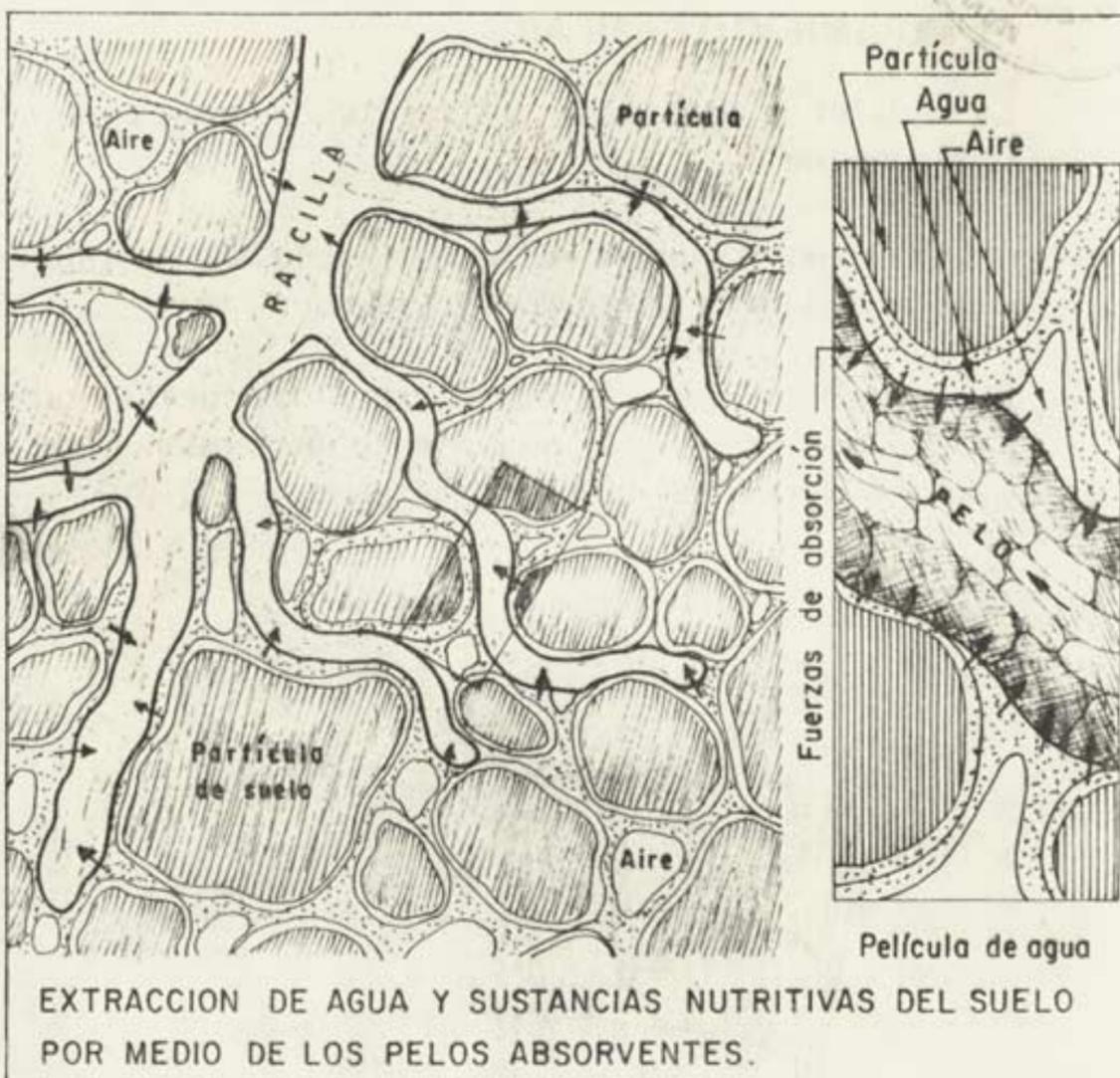
Si graficamos esta característica en un sistema de coordenadas, donde en el eje de las abscisas representamos el tiempo y en las ordenadas la velocidad de infiltración en cm/hora desde el inicio de la prueba, obtendremos:



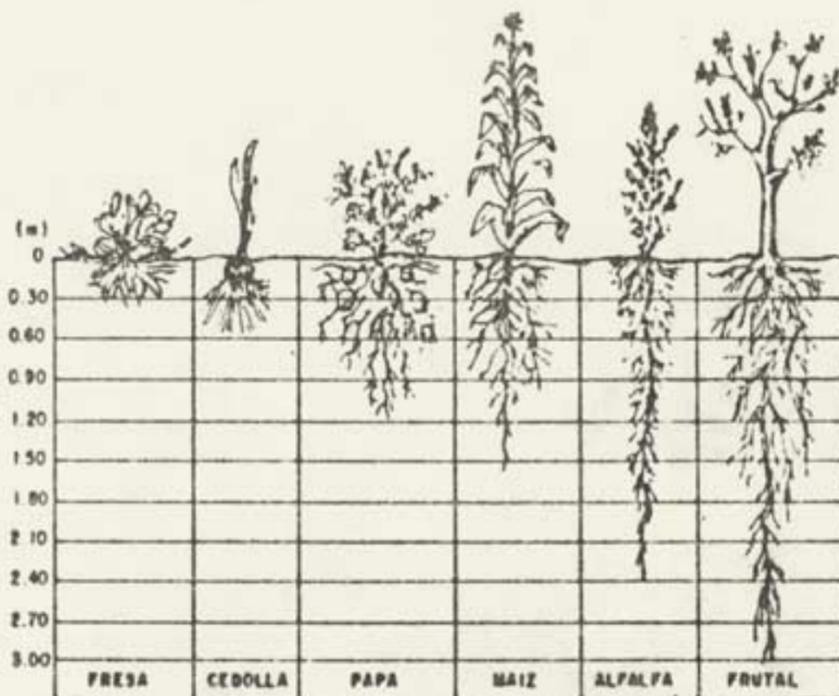
PROFUNDIDAD DE RAICES

La humedad que las plantas requieren para su desarrollo generalmente proviene del suelo y la obtienen por medio de sus raíces. La superficie de absorción en las raíces de las plantas depende de la profundidad que tales raíces alcanzan.

Cada raíz o raicilla tiene pelos en sus extremos que están en contacto directo con las partículas del suelo y con los espacios porosos donde obtienen oxígeno. A causa de una fuerza denominada de OSMOSIS y (otras de absorción), los pelos de las raíces extraen la humedad de la película de agua que envuelve las partículas de suelo. Los sistemas radiculares de las plantas varían según las especies, variedades y diversos factores del suelo que condicionan o limitan su desarrollo.



CULTIVOS	PROFUNDIDAD RAICES (metros)
— Fresa	0.20 — 0.30
— Frijol	0.60 — 0.90
— Cebolla	0.40 — 0.60
— Zanahoria	0.60 — 0.90
— Maíz	1.20 — 1.50
— Papa	0.90 — 1.20
— Caña Azúcar	0.90 — 1.00
— Algodón	1.20 — 1.80
— Vid	2.40 — 3.00
— Lechuga	0.30 — 0.45
— Col	0.30 — 0.60
— Alfalfa	2.00 — 2.40
— Pastos forrajeros	0.90 — 1.20
— Rábanos	0.30 — 0.45
— Espinaca	0.30 — 0.60
— Cacahuete	0.45 — 0.60
— Frutales	2.40 — 3.00



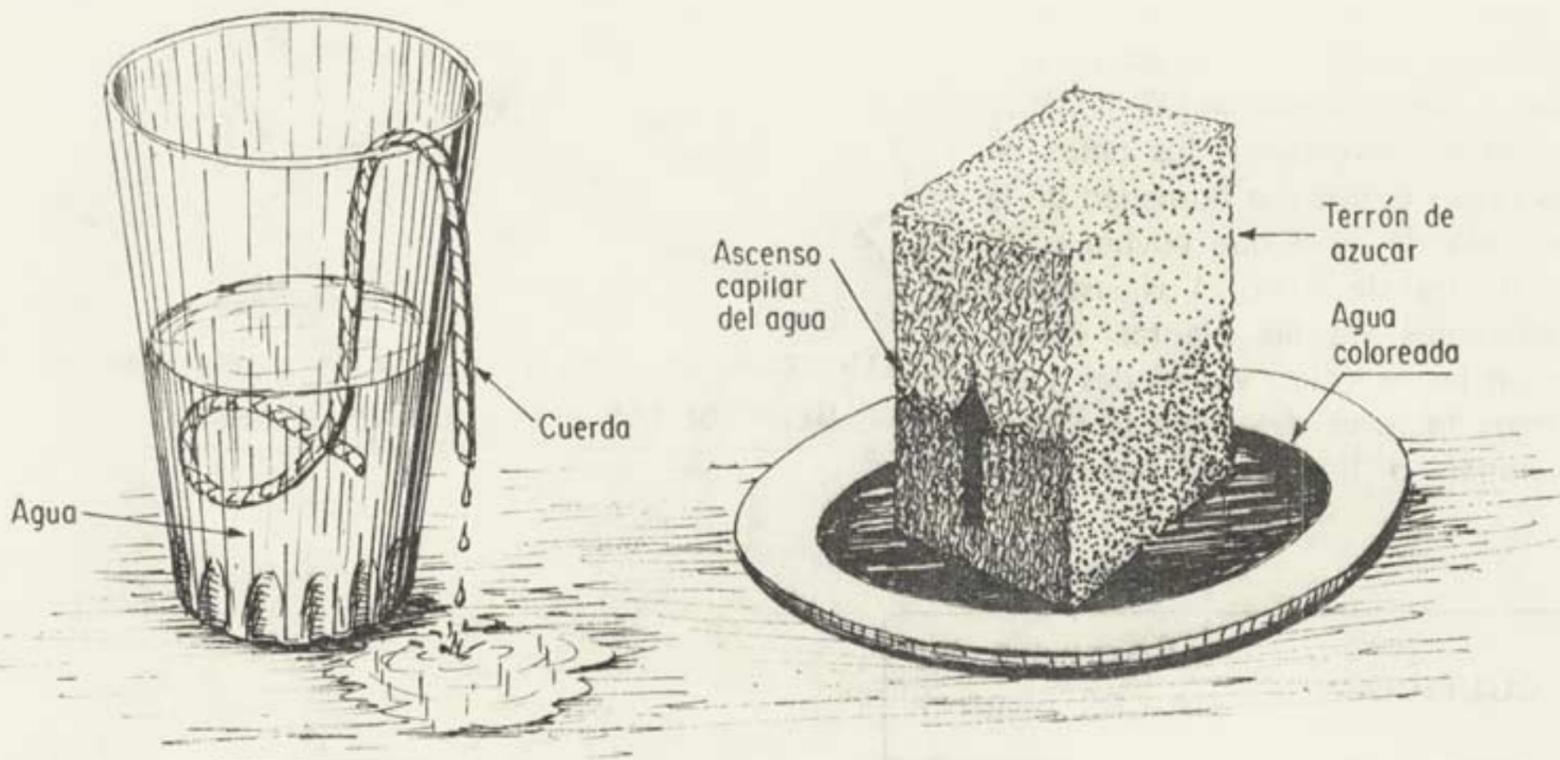
PROFUNDIDAD DE RAICES DE ALGUNOS CULTIVOS EN METROS

EL MOVIMIENTO CAPILAR

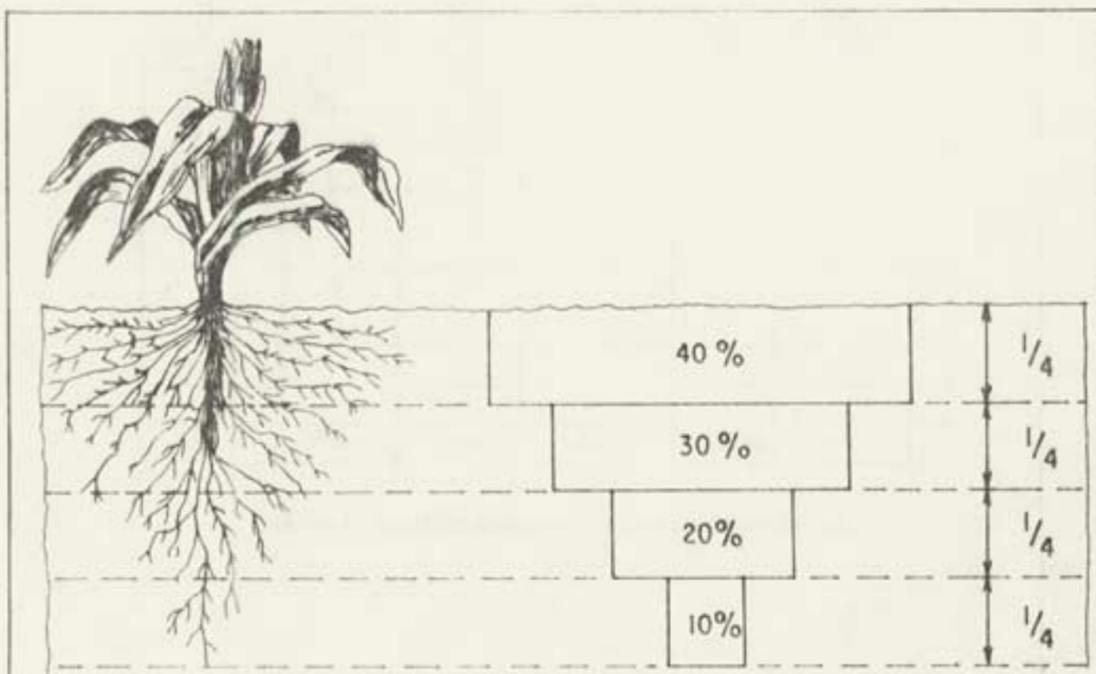
La cantidad de agua que las plantas consumen y transpiran permanentemente se explica por los fenómenos de:

- Movimientos capilares del agua del suelo hacia las raíces
- Crecimiento de las raíces en el suelo húmedo.

El movimiento capilar se origina cuando las raíces absorben el agua que se encuentra alrededor de las partículas del suelo, produciendo una tensión. Como consecuencia el agua que se encuentra en los capilares se moviliza hacia las raíces.



ACCION CAPILAR



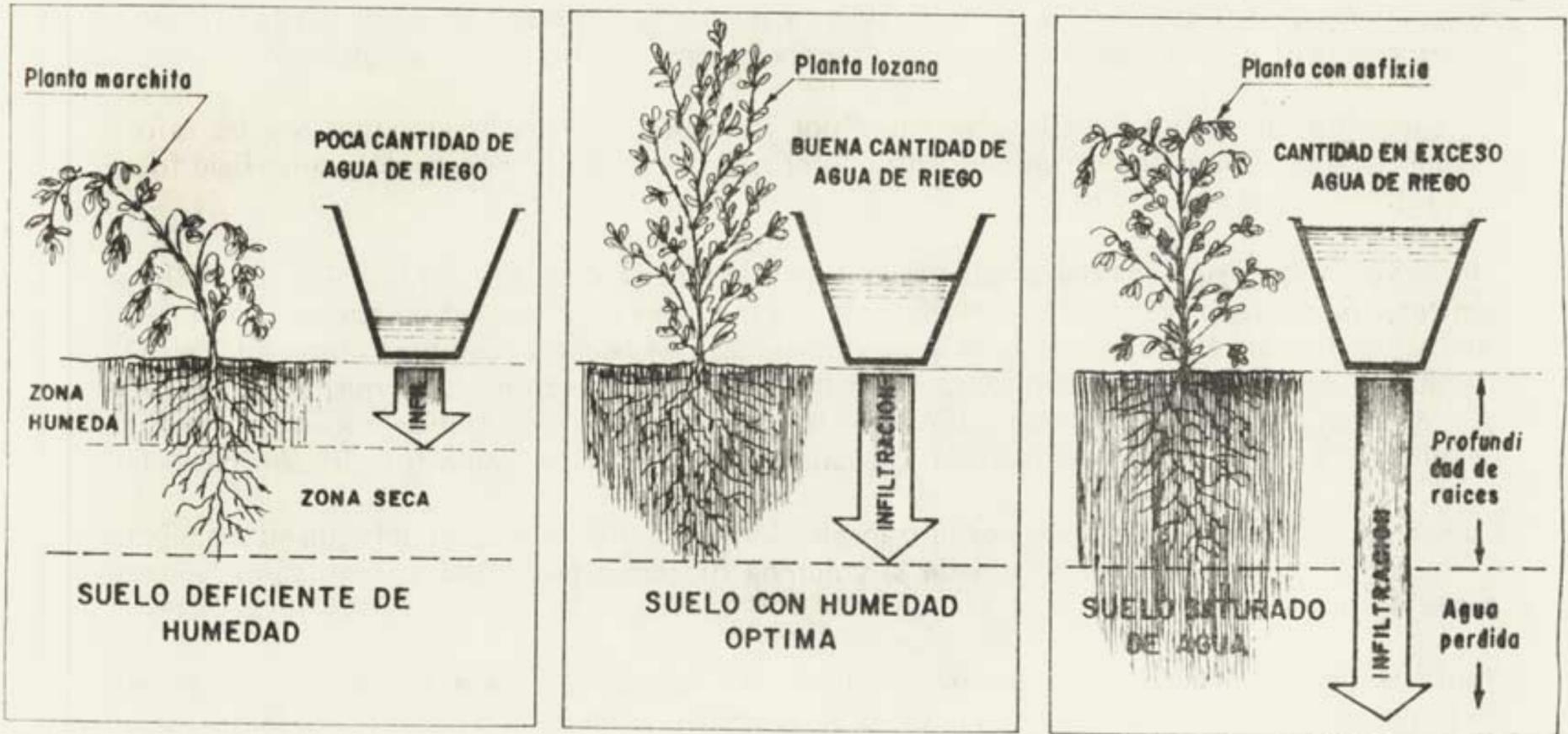
DISPOSICION DE LAS RAICES DE MAIZ EN UN SUELO UNIFORME CON ADECUADA HUMEDAD Y PORCENTAJES PROMEDIOS DE ABSORCION DE HUMEDAD POR LAS RAICES SEGUN SU PROFUNDIDAD.

Absorción de agua por las raíces profundas

Cuando las raíces se encuentran en crecimiento se alargan con tanta rapidez que mantienen contacto con la humedad en forma satisfactoria. Con este buen desarrollo la planta puede captar la humedad necesaria de las capas más profundas; pues si las raíces superficiales agotan el contenido de humedad de las primeras capas hasta el punto de marchitez las necesidades de la planta pueden satisfacerse por medio de las raíces profundas.



CANTIDAD DE RIEGO



Con el riego se procura dar al suelo la humedad óptima para el desarrollo de las plantas. Este humedecimiento debe hacerse hasta llegar a la profundidad promedio de las raíces. Cuando se aplica riego en exceso, el agua penetra a mayor profundidad de las zonas de raíces y por lo tanto se pierde. Pero si el riego es demasiado leve, sólo la parte superior de la zona de raíces alcanza la humedad óptima y la parte inferior sigue seca y no proporciona el agua necesaria para su crecimiento.

Normalmente los cultivos absorben agua gradualmente. Sin embargo, esta continua absorción es cada vez más difícil y las plantas son puestas en tensión. Si esta tensión se prolonga por falta de riego, las plantas se mueren.

FISIOLOGIA Y CONSUMO DE AGUA DE LAS PLANTAS

Las plantas pierden agua en forma de vapor, lo que es denominado **transpiración**. Las raíces absorben agua en función a la transpiración: a mayor temperatura transpiran más y el agua se desplaza dentro de la planta debido a las diferencias de presión o grados de saturación.

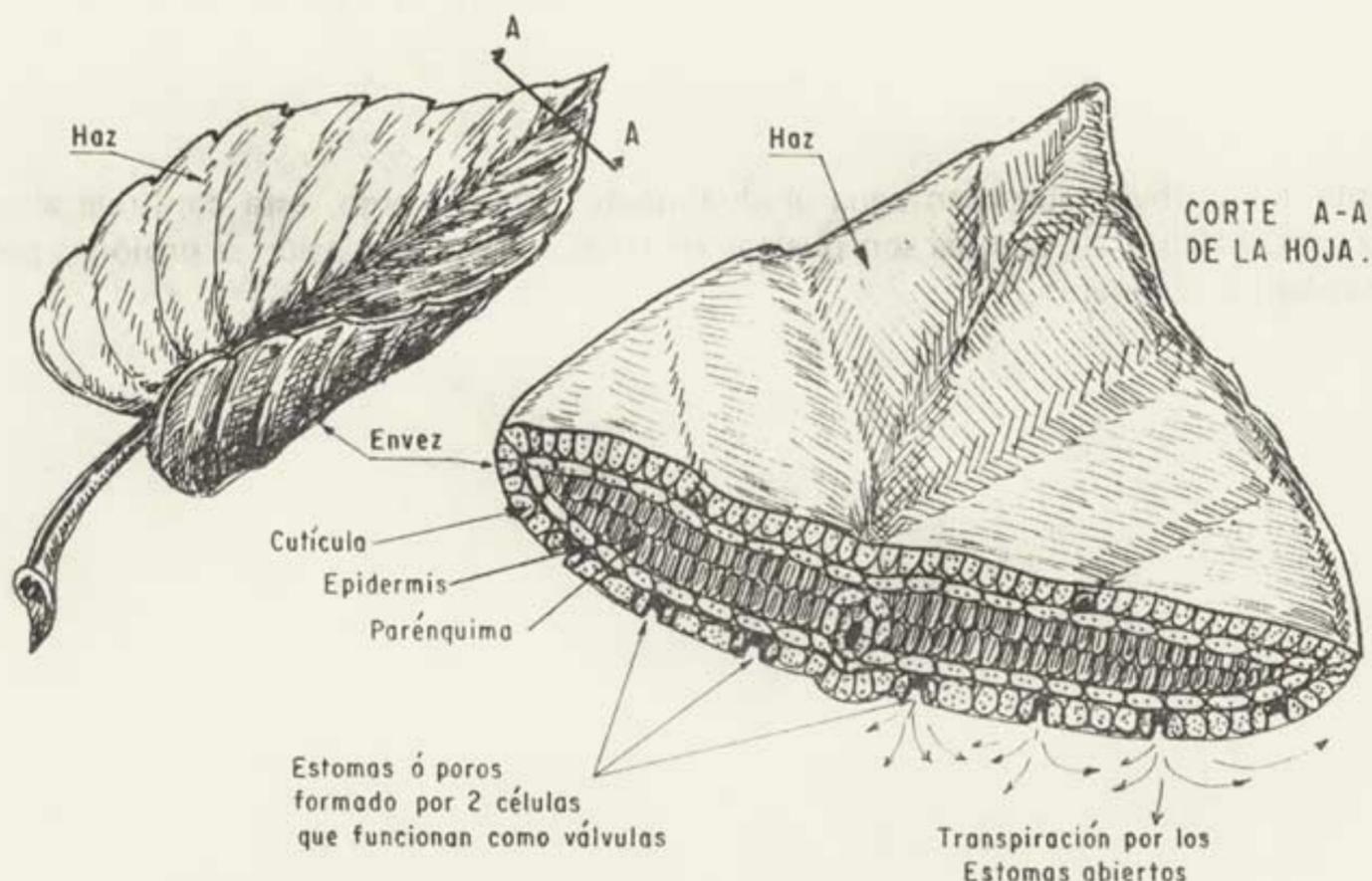
La absorción de agua también se produce por las hojas, pero es menor que por las raíces. Porque la superficie radicular en contacto con el suelo es mucho mayor que la superficie foliar en contacto con el aire.

Los estomas son pequeños poros que varían según la especie de planta de 5,000 a 100,000 por centímetro cuadrado de hoja. En presencia de la luz tienen la propiedad de abrirse y establecer contacto entre el interior de la hoja y la atmósfera. Este hecho aumenta la absorción de CO₂ (anhídrido carbónico) de la atmósfera en el proceso de la fotosíntesis. Al mismo tiempo deja salir el vapor de agua de la planta a través de la epidermis de la hoja que se encuentra revestida de una capa poco permeable llamada cutícula. Este proceso se llama **transpiración cuticular**.

Con la deshidratación de la hoja por la transpiración disminuye la tensión del agua en sus tejidos y empieza el movimiento ascendente de la columna hídrica a través del xilema (vasos leñosos) desde las raíces a las hojas.

Tanto la pérdida de agua como el movimiento de la columna de agua en la planta y la absorción de humedad del suelo sigue más o menos paralelamente el ciclo de la temperatura y la intensidad de luz durante el día.

Los estomas se cierran con la disminución de la temperatura y de la luz. Sin embargo, la absorción continúa hasta que se saturan nuevamente tanto los tejidos antiguos como los nuevos tejidos que la planta va produciendo.

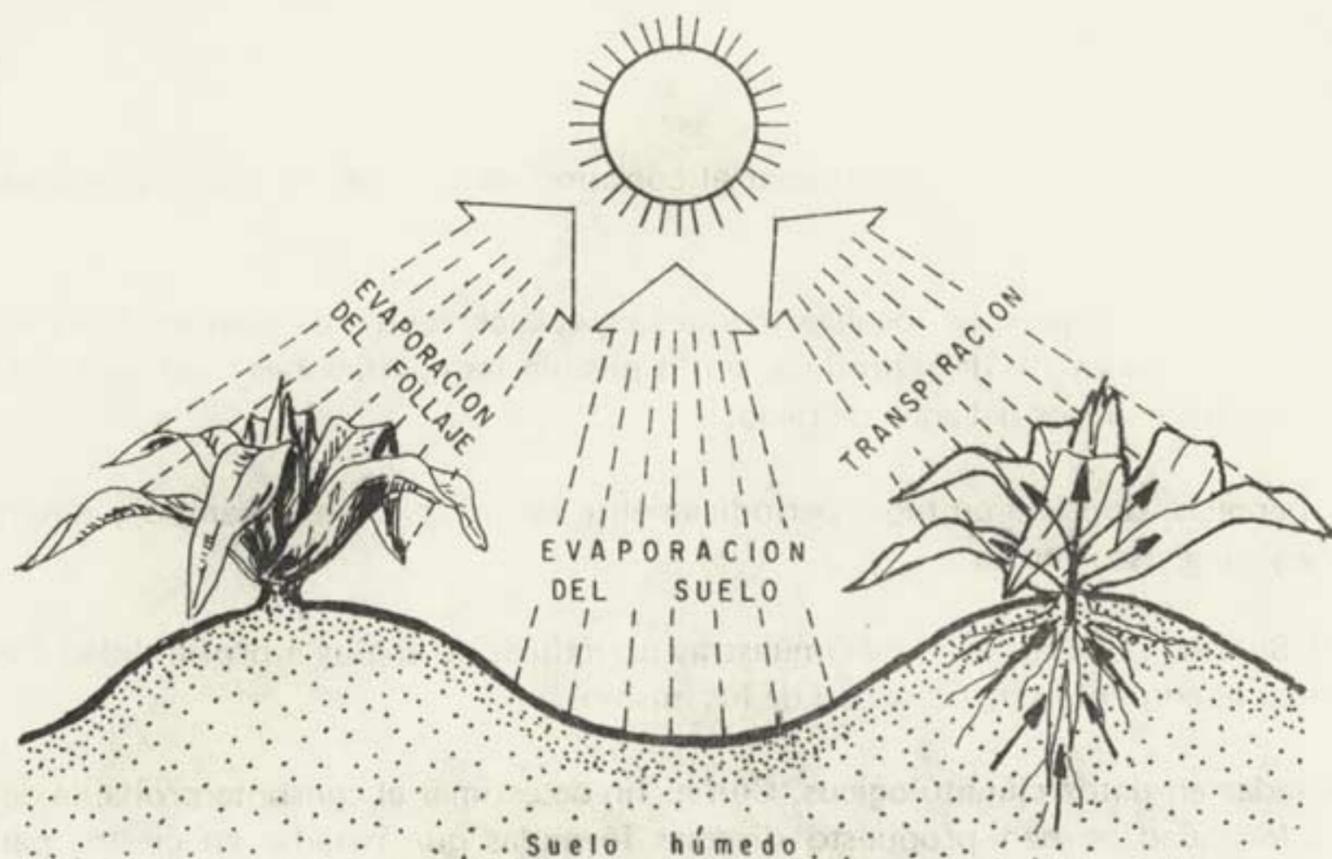


PROCESO DE LA TRANSPIRACION EN UNA HOJA

El consumo de agua está representado por la cantidad mínima de agua necesaria para producir una cosecha; o sea, el agua que la planta utiliza en su proceso fisiológico de transpiración y formación de tejidos. Se incluye además el agua que se evapora desde la superficie del suelo cultivado. Dicho consumo de agua se llama EVAPOTRANSPIRACION

— **Evaporación.** La evaporación del agua desde la superficie del suelo es un fenómeno natural gobernado por los mismos factores físicos que la transpiración. Sin embargo, se reduce a medida que la humedad del suelo decrece por debajo de la capacidad de campo. Por eso la evaporación es mínima en las tierras que tienen buen drenaje interno.

— **Transpiración.** Es el movimiento del agua desde el suelo hacia el aire a través de las plantas. Este proceso es afectado por muchos factores como la temperatura y humedad ambientales, las condiciones físicas del suelo, el nivel de agua dentro del mismo, la cantidad de luz solar disponible para los procesos metabólicos, el ciclo metabólico de la planta, etc.



ESQUEMA DEL USO CONSUNTIVO

EVAPORATRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)

Es la máxima cantidad de agua que "podría" evapotranspirar un cultivo de pasto uniformemente distribuido, considerándose muy buenas condiciones de humedad es decir sin déficit. Esta "evapotranspiración potencial" es utilizada como referencia para calcular el uso consuntivo o evapotranspiración real de los diferentes cultivos.

EVAPOTRANSPIRACION REAL (ETA)

Es la cantidad de agua que puede consumir un cultivo bajo condiciones climáticas reales. Puede calcularse a partir de la "evapotranspiración potencial" afectándose de su correspondiente coeficiente así: $ETA = k \times ETP$, dependiendo este coeficiente del tipo de cultivo y su período de crecimiento.

De una manera muy general podemos indicar que la evapotranspiración es mayor en zonas cercanas al ecuador terrestre, y menor conforme se alejan, es decir, hay mayor consumo de agua para un mismo cultivo en dicha zona que en zonas más alejadas debido a la mayor radiación solar.

Requerimiento de Agua de las Plantas

Depende de los siguientes factores:

- a) Factores meteorológicos
 - Temperatura
 - Humedad relativa
 - Horas de sol
 - Vientos
 - Radiación solar
- b) Condiciones de la Vegetación
 - Número y tamaño de las hojas
 - Tipo de follaje
 - Altura de las plantas, etc.
- c) Condiciones del Suelo
 - Humedad disponible
 - Retención de humedad

Se utilizan diversos métodos para determinar el consumo de agua de las plantas de acuerdo a la localidad.

Cultivo de plantas en tanques. Se localiza tanques especiales dentro de grandes áreas sembradas con las mismas plantas, a fin de reproducir en lo posible las condiciones naturales. En estos es posible controlar los ingresos del agua de riego.

Cultivos en parcelas. Consiste en regar periódicamente las parcelas en el campo y determinar el agua aplicada y el de escorrentía.

Muestreo de Suelos. Consiste en tomar muestras periódicas de suelos a profundidad escalonada para determinar el contenido de humedad de los mismos.

Fórmulas basadas en datos climatológicos. Con el fin de estimar el consumo probable de agua en determinada localidad se han propuesto diversas fórmulas que basadas en ciertos parámetros meteorológicos (temperatura, Humedad relativa, horas de sol, velocidad del viento, etc.) permiten estimar indirectamente los requerimientos de agua de los cultivos.

CLASIFICACION DE TIERRAS PARA RIEGO**INTRODUCCION**

La clasificación de tierras sirve para determinar la adaptabilidad de los suelos para el riego, lo cual es necesario para planificar el sistema y manejo de riego.

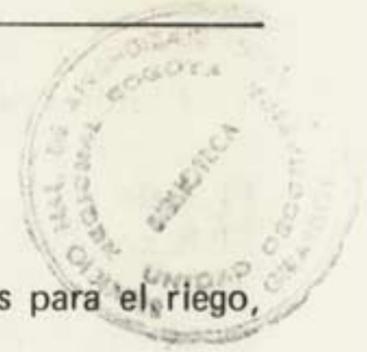
La diferenciación entre clases de tierras se realiza en base a **factores**:

- a) Físicos: El suelo
la topografía
el drenaje

- b) Económicos:
La capacidad productiva
costos de producción
costos de desarrollo
capacidad de pago

Para la selección de tierras se debe tener un levantamiento básico de suelos, de topografía y del uso actual de la tierra.

Pero, todos los factores mencionados no son suficientes porque varían según la región geográfica. Por ello, los métodos de clasificación de suelos se adecúan a la realidad socio-económica de cada zona.



1. Factores Físicos

El Suelo

El factor Suelo abarca varias características: textura, profundidad efectiva, salinidad y sodicidad; (presencia de fragmentos dentro del perfil de velocidad de infiltración y capacidad de retención de humedad que nos determina su productividad)

Las propiedades del suelo ideal dependen de los cultivos, de la tecnología de los agricultores y su capacidad económica.

La Topografía

La Topografía con sus elementos: pendiente y relieve puede incidir fuertemente en los costos y determina el método de riego. Asimismo condiciona problemas de drenaje externo, erosión y entrada de agua.

Drenaje

El Drenaje abarca la evaluación del drenaje externo e interno y los problemas de inundación. Al regar un terreno hay que planificar el desague de los excesos de agua para evitar acumulaciones en las partes bajas.

2. Factores Económicos

Capacidad Productiva

La CAPACIDAD PRODUCTIVA de la tierra se refiere al rendimiento esperado de los cultivos más comunes en un determinado terreno bajo determinadas prácticas de manejo. Se expresa en Kg/ha., pero es traducido a pesos/ha. Siempre se indica el nivel técnico utilizado.

Costos de Producción

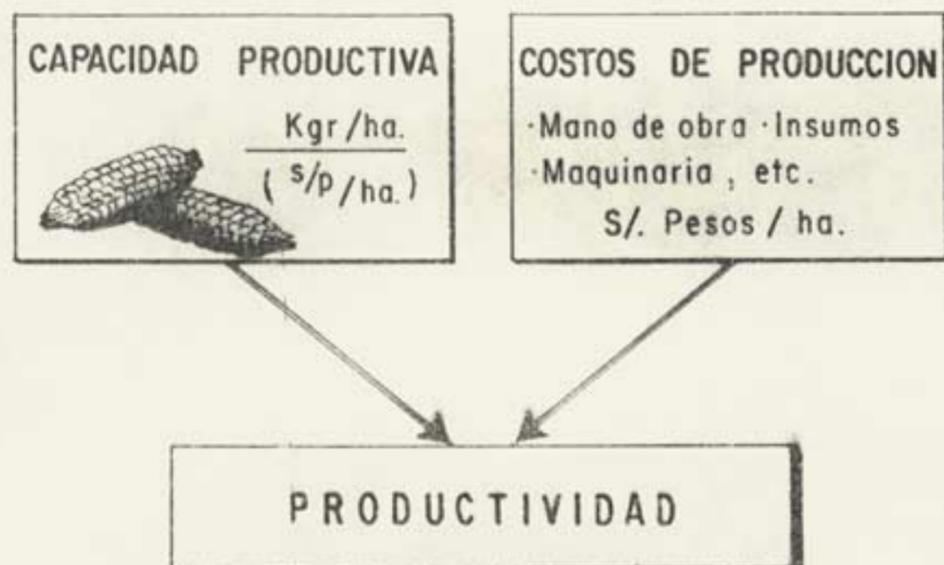
Incluyen los gastos de mano de obra, maquinaria, pesticidas, herbicidas y fertilizantes. Estos gastos dependen de los factores físicos, así como de los cultivos que sembramos. La relación entre capacidad productiva y los costos de producción se denomina: PRODUCTIVIDAD

Costos de Desarrollo

Son los costos de deforestación, nivelación, drenaje, sub-canales, etc., para adecuar las tierras a un riego productivo.

Capacidad de Pago

La relación entre los factores físicos y los económicos nos sirve para determinar la CAPACIDAD DE PAGO del terreno. Esta se utiliza para establecer las diferentes clases de aptitud de riego. Suelos con mejor aptitud para riego, tendrán mayor capacidad de pago.



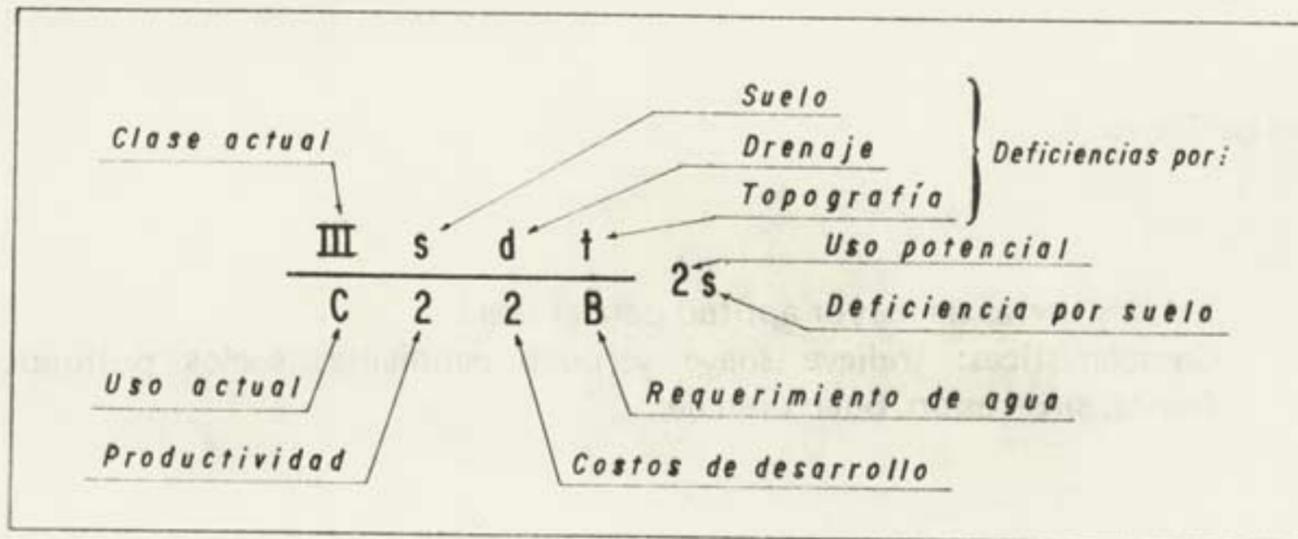
CLASES DE APTITUD DE TIERRAS PARA RIEGO

Hay 6 clases de Tierra:

- CLASE I:** Son las tierras de mayor aptitud para el riego
(ARABLE) Características: relieve suave y poca pendiente, suelos profundos, textura franca, sin erosión, buen drenaje.
- CLASE II:** Son las tierras de buena aptitud para el riego, pero muestran deficiencias:
(ARABLE) topografía irregular, drenaje moderado, textura ligera.
- CLASE III:** Son tierras de moderada aptitud con deficiencias fuertes:
(ARABLE) superficie irregular, pendientes hasta 12 o/o, pedregosos, requieren manejos especiales.
- CLASE IV:** Son tierras de poca aptitud para el riego. Se puede adaptar solo a pocos cultivos
(ARABLE LIMITADA) con prácticas mecánicas, como drenaje, nivelación, despiedre, etc.
- CLASE V:** Son tierras no aptas para el riego de pendientes muy fuertes que pueden ser aprove-
(NO ARA-)chadas a través de estudios económicos y de ingeniería, y la subsiguiente cons-
BLE)trucción de infraestructura (como andenes-terrazas, etc.).
- CLASE VI:** Son las tierras no aprovechables para riego.

EL MAPA DE SUELOS SEGUN SU APTITUD PARA EL RIEGO

En un mapa de suelos se presentan los factores que describen una determinada clase de aptitud de tierras para el riego. Esto se presenta en un quebrado:



La fórmula de este ejemplo describe un suelo con las siguientes características:

- Clase de aptitud: III
- Deficiencia de suelo: S
- Deficiencia de drenaje: d
- Deficiencia de Topografía: t

Abajo se indica:

Factores económicos:

- Productividad
- Costo de Desarrollo

Otros factores:

- Uso de la tierra
- Requerimiento de agua

Después del quebrado se concluye con la aptitud potencial que es la aptitud del suelo después de haber eliminado las deficiencias temporales. En nuestro ejemplo deficiencia por topografía se elimina con una adecuada nivelación, deficiencia por drenaje se subsana con la instalación de un sistema de drenaje y la deficiencia suelo (en nuestro caso salino) se elimina por lavado; en consecuencia el suelo que originalmente tenía una aptitud para Riego III, pasa a ser clase II.

A continuación se presentan los parámetros utilizados en la clasificación de suelos de acuerdo a su aptitud para riego.

**PARAMETROS UTILIZADOS EN LA CLASIFICACION DE TIERRAS DE ACUERDO
A SU APTITUD PARA EL RIEGO**

FACTORES FISICOS**A) SUELO**
Símbolo

Símbolo	CE x 10 ⁻³ mmhos/cm.	Clase
Sin símbolo	0.0 – 4	libre de sales
S ¹	4.1 – 8	ligeramente salino
S ²	8.1 – 15	moderadamente salino
S ³	15.1 – 30	salinos
S ⁴	30.1 – –	fuertemente salino

SODICIDAD

Símbolo	Rango de PSI	Clase
Sin símbolo	0 – 8	normal
N ¹	8 – 15	ligeramente sódico
N ²	más de 15	fuertemente sódico

TEXTURA

Textura ligera (L)	A – AF
Textura Media (M)	FA-F-FL-L
Textura Fina (F)	FAr - FArl - FArA
Textura muy fina (MF)	ArA - Arl - Ar

PROFUNDIDAD Y TEXTURA

Relación de la Profundidad y Textura mediante la expresión:

$$\frac{(0-30) - (30-80)}{80-160}$$

EROSION

Símbolo	Grado
Nula	Sin símbolo
Erosión ligera	e ¹
Erosión moderada	e ²
Erosión severa	e ³
Erosión muy severa	e ⁴

B) TOPOGRAFIA**Pendiente****Símbolo****o/o de inclinación****Descripción**

A	0 – 2	a nivel
B	2.1 – 6	suavemente inclinado
C	6.1 – 13	inclinada
D	13.1 – 25	moderadamente escarpada
E	25.1 – más	escarpada

RELIEVE**Símbolo****Descripción**

Sin símbolo

Plano

1

lig. ondulado

2

ondulado

3

fuertemente ondulado

4

quebrado

C) DRENAJE**Símbolo****Descripción**W₀

muy escasamente drenado

W₁

escasamente drenado

W₂

imperfectamente drenado

W₃

moderadamente bien drenado

W₄

bien drenado

W₅

algo excesivamente drenado

W₆

excesivamente drenado

FACTORES ECONOMICOS:**PRODUCTIVIDAD**

– Alta	1
– Medianamente alta	2
– Moderada	3
– Baja	4
– Muy baja	5

Otros factores:**Uso de la Tierra**

– Cultivado	C
– Pastos	P
– Cobertura arbórea	F

Costo de Desarrollo

– Bajo	1
– Medianamente bajo	2
– Mediano	3
– Alto	4
– Muy alto	5

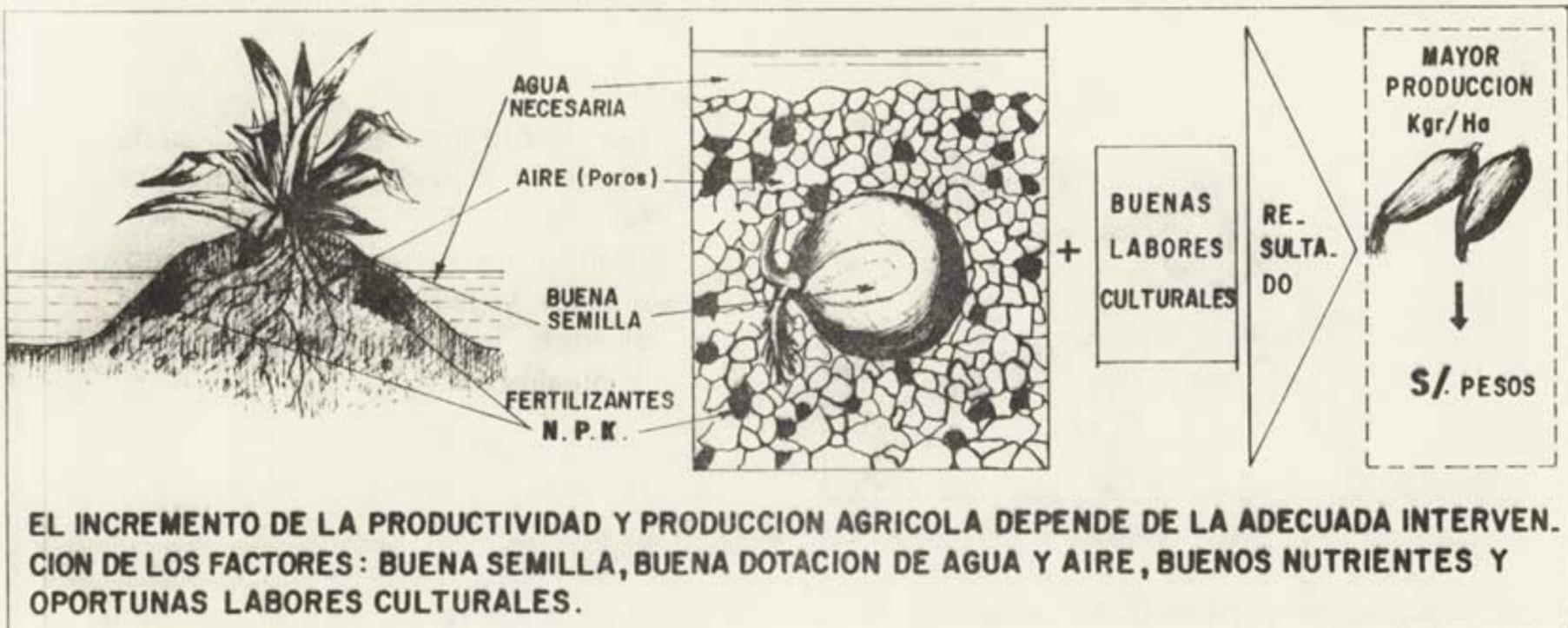
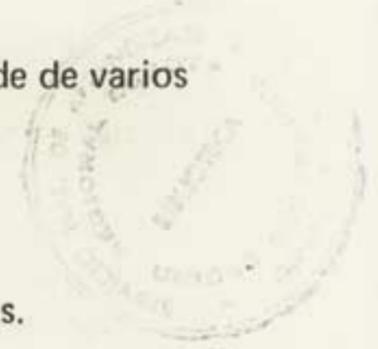
Requerimiento de Agua

– Bajo	A
– Medio	B
– Alto	C

MANEJO DE SUELOS BAJO RIEGO

El buen manejo de suelos bajo riego para incrementar la productividad agrícola depende de varios factores:

- Una amplia dotación de agua y aire
- Un suelo rico en nutrientes
- El uso de semillas de variedades productivas y resistentes a plagas y enfermedades.



El manejo de suelos está determinado por un sistema agrícola dado, que implica labores de adecuación y una inversión elevada según el caso. Por ello tienen que mejorarse los siguientes aspectos.

CONDICION QUIMICA. fertilidad

Es la calidad del suelo en elementos nutritivos para la alimentación de las plantas, según cantidades y el equilibrio entre los diferentes elementos.

Se agrupan en los siguientes: Principales y secundarios

<u>ELEMENTOS</u>	<u>NUTRITIVOS</u>
Macronutrientes(6)	{ N ; P ; K ; Ca, Mg y S.
Micronutrientes(7)	{ Fe, Mn; Cu; Zn; Bo; Mo; Cl.

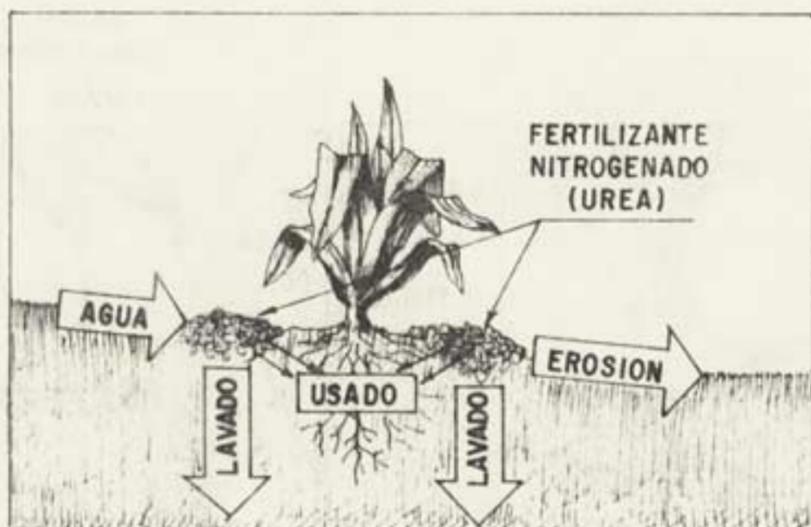
Los elementos principales son:

Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y

Los secundarios son Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

Los siete restantes son llamados micronutrientes, utilizados en menores cantidades y son: Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl). La fertilidad varía con el tiempo y con las necesidades específicas de cada cultivo. Así un suelo "Fértil" para un cultivo dado no lo es necesariamente para otro cultivo.

Los nutrientes incorporados al suelo pueden provenir de los fertilizantes químicos y de la materia orgánica del suelo o añadida a través de la incorporación de residuos de cosechas, abonos verdes, etc. Especialmente son importantes el **Nitrógeno** y **Fósforo** por medio de la descomposición biológica de la materia orgánica.



Los fertilizantes añadidos al suelo no serán tomados totalmente por las plantas. Por ejemplo los fertilizantes nitrogenados sufren lavado, erosión y pérdidas gaseosas hasta alcanzar la mitad de lo añadido originalmente.

La necesidad de nutrientes de un suelo y la cantidad de fertilizantes necesitados se determina en base al grado de deficiencia. Cuando un cultivo necesita fertilizantes, se observa síntomas de deficiencia típicos de cada elemento. Así por ejemplo la falta de **Nitrógeno** en un suelo cultivado de tomate ocasiona falta de follaje en las plantas y como consecuencia un alto porcentaje de frutos con "bolsas de agua" durante su maduración. Al revés, cuando se aplica mucho Nitrógeno se demora la floración y la formación de frutos.

Las fuentes de nitrógeno son: la úrea, el sulfato de amonio y nitrato de amonio. Las fuentes de **fósforo** son el superfosfato, la roca fosfórica, la Escoria Thomas y del **Potasio**: el sulfato de potasio y cloruro de potasio. En todo abono químico aparecen a manera de fórmula 3 ó 4 números seguidos por un guión y estos constituyen el grado del abono. Así por ej.: si un abono tiene grado 10-15-5 significa que en 100 Kg. de abono hay 10 kg. de Nitrógeno, 15 kg. de fósforo y 5 kg. de potasio. Cuando aparece un cuarto número en la fórmula éste se refiere al contenido de magnesio.

ABONO QUIMICO



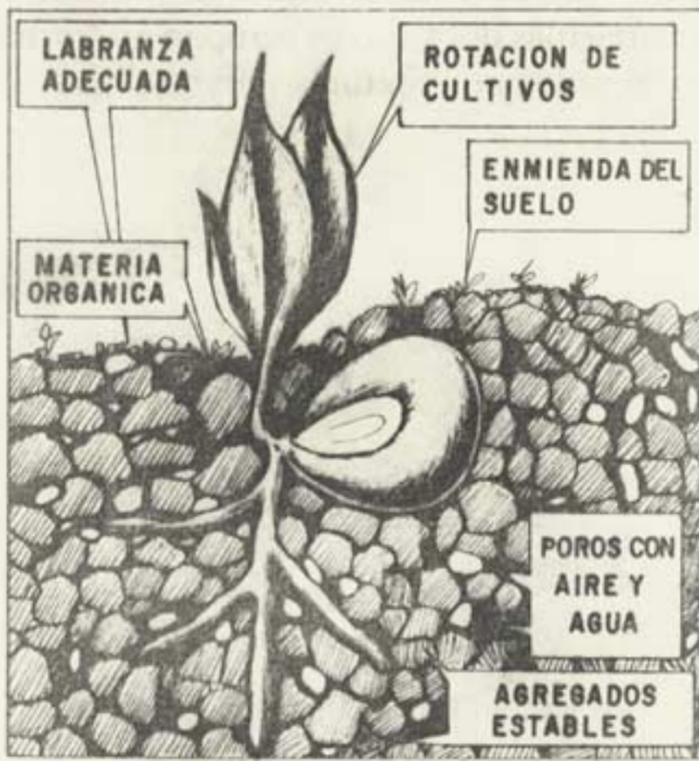
El grado 10-15-5 del abono significa:

10 kgr. de Nitrógeno
15 kgr. de Fósforo
5 kgr. de Potasio
30 kgr. de N. P. K.
70 kgr. de elementos menores
100 kgr. de Abono

CONDICION FISICA

La condición física se refiere al estado o aptitud física del suelo en sus características:

Textura, estructura, grado de humedad, aireación, consistencia.



**SUELO EN CONDICION FISICA IDEAL
PARA LOS CULTIVOS**

Para la mayoría de los cultivos una condición física ideal está representada por la presencia de agregados estables generalmente entre 1 y 5 mms. de diámetro, que producen suficientes poros grandes para una buena entrada y transmisión de aire y agua y con suficientes poros pequeños para retener más agua. Esta condición de estructura unida a una textura media sería ideales para una buena implantación de las semillas.

Las prácticas de manejo que se utilizan para producir una mejor condición física son la labranza, la incorporación de materia orgánica así como la rotación de cultivos.

La Erosión

Los problemas de manejo de suelos bajo riego son ligeramente diferentes en cuanto a erosión que los encontrados en una agricultura de secano. En esta última, una de las principales prácticas es la de disminuir la escorrentía y aumentar la infiltración del agua de lluvia. En zonas bajo riego, especialmente por surcos, la erosión es causada por el flujo de agua aplicada a la cabecera del surco. Lo importante es que no sólo debe mantenerse la superficie del suelo en una buena condición de agregación, sino que es indispensable controlar la erosión a través de un buen manejo del agua y (del sistema de riego usado)

Control de sales y exceso de sales

El control de sales y de sodio en el manejo de suelos bajo riego incluye la prevención, y la recuperación de esos suelos. Debemos seguir prácticas de manejo que mejoren la infiltración y la aplicación uniforme de agua, la selección de cultivos más tolerantes a las sales y métodos de siembra que favorezcan la no acumulación de sales cerca de la semilla.

RELACION ENTRE LAS PROPIEDADES FISICAS Y LAS LABORES AGRONOMICAS

Las labores agronómicas deben darle al suelo características mas favorables, especialmente en cuanto al contenido de aire, agua y consistencia.

La Labranza

La Labranza del suelo mejora la estructura del suelo y es la que determina la cantidad de aire y agua que puede ser almacenada por el suelo. Cuando las partículas del suelo se agrupan en forma de agregados se puede cambiar los efectos desfavorables causados por texturas muy arcillosas o muy arenosas, haciéndolas más aptas agrícolamente.

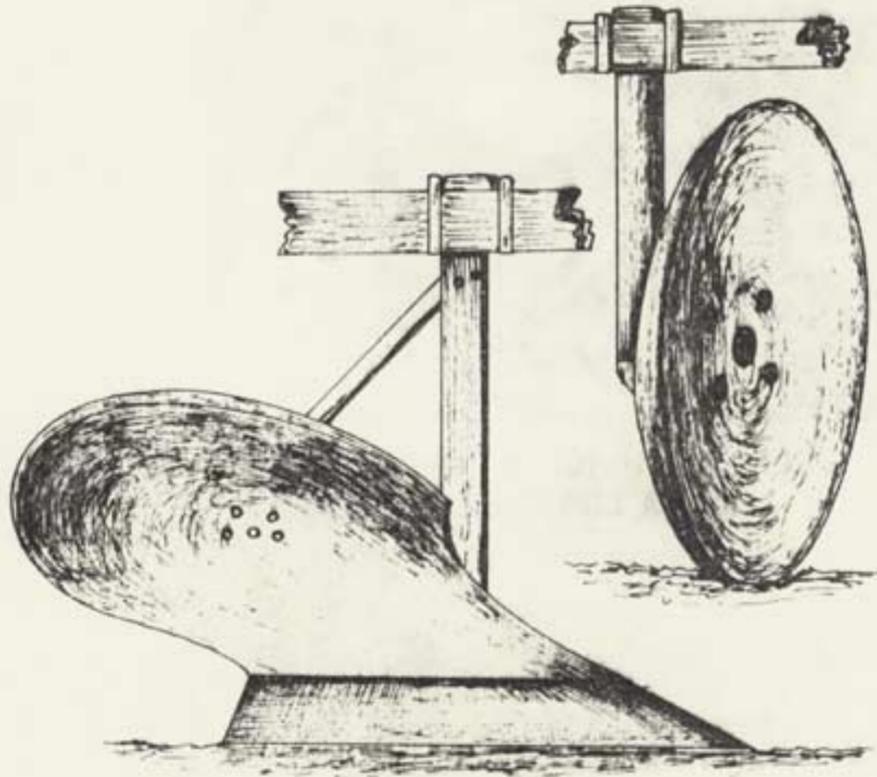
La Arada

Con la ARADA se logra:

- a) formar una capa apta para una adecuada germinación y crecimiento radicular;
- b) Incorporar materiales orgánicos al suelo;
- c) Combatir malezas;
- d) Favorecer la penetración del agua.

Arar favorece la granulación del terreno.

Al "Aflojar" el suelo se favorece la penetración radicular.



La incorporación de la materia orgánica al suelo por medio del volteo, que hace el arado favorece la formación de la estructura.

Cuando se deja la materia orgánica sobre la superficie, el suelo aumenta su grado de infiltración y disminuye la susceptibilidad a la erosión puesto que impide el efecto directo de las gotas de lluvia facilitando la penetración del agua.

**EXISTEN DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARACION DE TERRENO
PARA LA SIEMBRA: CONVENCIONAL, MINIMA Y NO LABRANZA**

1. CONVENCIONAL

La labranza convencional implica una o dos operaciones de arada y tres o cuatro rastrilladas y el uso posterior de maquinaria para nivelar el suelo.

Un número elevado de operaciones tiene las siguientes desventajas:

- a) Elevación de los costos de preparación y con ello los costos de producción.
- b) Daño en las propiedades físicas: al realizar excesivos pases de maquinaria se daña la estructura, se pulveriza la capa arable y se compacta las capas inferiores.
- c) Disminuye la infiltración debido a la compactación y crea un problema de erosión al producir escorrentía, sobre todo en suelos con cierta pendiente.
- d) Permite un buen contacto entre el suelo y las semillas de malezas favoreciendo su crecimiento.

Comparación del arado de discos y el arado de vertedera:

Las ventajas del arado de discos son:

El arado de discos puede trabajar en múltiples condiciones de suelo, en terrenos pedregosos, en suelos sueltos o también en los de turba sin peligro de que se atasque.

Puede operar también en suelos secos y duros donde el de vertedera no puede penetrar y también en suelos adhesivos.

Las ventajas del arado de vertedera son:

El arado de vertedera realiza la labor de arada más uniforme y voltea mejor los residuos. Requiere menos uso de otros implementos adicionales para concluir esta práctica.

El arado de discos requiere peso para penetrar, mientras que el de vertedera penetra por succión.

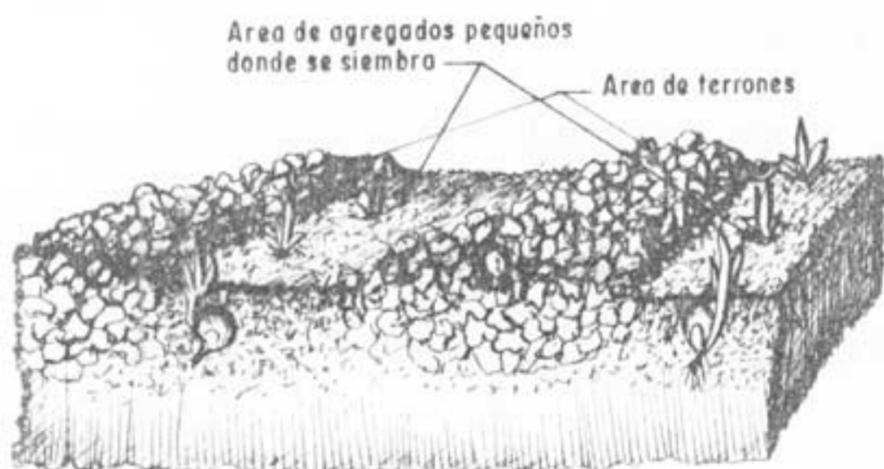
2. MINIMA

La Labranza mínima abarca menos operaciones de labranza para obtener un suelo que conduzca a una rápida germinación y a un desarrollo de la planta que produzca altos rendimientos a un nivel óptimo de costos. Es muy útil para maíz, soya, frijol y, en general, para semillas de grano pequeño.

Se distinguen dos áreas:

Una para sembrar las semillas la cual debe quedar con agregados de suelo muy pequeños para que la germinación y desarrollo se aseguren.

La segunda área se encuentra entre las hileras, en la que el suelo sufre menos manipuleo y solo se deja aterronado, lo que permite una rápida penetración del agua y mayor disponibilidad de oxígeno para el sistema radicular de la planta.



Se utiliza el arado de vertedera y herramientas livianas para pulverizar el suelo superficialmente.

Las ventajas que se obtiene con este sistema son:

- a) Reduce los costos al disminuir el número de operaciones, y ello implica menor tiempo de trabajo.
- b) El suelo se compacta menos.
- c) Al incrementarse la infiltración porque el suelo queda suelto, se penetra mejor el agua, evitando la escorrentía y controlando la erosión.
- d) Retarda el crecimiento de las malezas, pues, al quedar el suelo suelto entre las hierbas no habrá buen contacto con las semillas de malezas.

3. NO LABRANZA

El sistema de no labranza o "siembra directa" se refiere al procedimiento de colocar la semilla en una ranura o canal hecho en el suelo y de un tamaño apenas suficiente para recibir la semilla o el transplante, y que puede proveer cobertura satisfactoriamente. El suelo no recibe ninguna operación para la siembra. Las malezas son controladas por herbicidas, las cuales deben tener cuidado al seleccionarlas.

Produce efectos ventajosos en el suelo:

- El contenido de humedad del suelo es mayor en zonas aledañas a la superficie debido a la concentración de materias orgánicas.
- La mayor acumulación de residuos en la superficie permite una óptima conservación del suelo.

Y desventajas:

- Compactación.
- La penetración de las raíces es menor por la compactación del suelo.

G L O S A R I O

- ADHERENCIA. — Fuerza mediante la cual se unen las partículas de un cuerpo.
- AGENTES BIOLÓGICOS. — Formas de origen animal y vegetal que intervienen en la meteorización del suelo.
- AGUA BLANDA — Agua normal sin presencia de elementos calcio y magnesio.
- AGUA DURA — Agua que tiene en su composición calcio y magnesio. En contacto con el jabón no forma espuma.
- AGUA INERTE — Agua retenida por el suelo, por debajo del punto de marchitez, es decir la que ya no pueden usar las plantas.
- AGUAS SUBTERRANEAS — El agua que se encuentra saturando el subsuelo.
- AGUA UTIL — Agua almacenada por el suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Es el agua utilizada por las plantas.
- ANÁLISIS BACTERIOLOGICO — Estudio específico donde se analiza la presencia de bacterias en el agua.
- ANÁLISIS QUÍMICO — Estudio de la composición química, del agua en nuestro caso, en sus cantidades y proporciones conformantes.
- BASALTO — Roca muy dura, de color oscuro, estructura prismática y origen volcánico.
- CAPACIDAD DE CAMPO — La máxima cantidad de agua que el suelo puede retener una vez eliminada el agua de drenaje o de gravedad.
- CICLO HIDROLOGICO — Intercambio continuo de agua en sus diversos estados (sólido, líquido gaseoso) entre la corteza terrestre y la atmósfera.
- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE) — Recíproca de la resistencia eléctrica OHM, y se expresa en MHO/CM.
- CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA — Es el factor (K) de proporcionalidad de la ley de Darcy ($v = Ki$) y se expresa en unidades de longitud/tiempo.
- DESINTEGRACION — Descomposición de un cuerpo en sus elementos integrantes.
- ELEMENTOS NUTRITIVOS — Son los elementos minerales necesarios para el desarrollo de las plantas, constituidos por los macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio Azufre, etc.) y micronutrientes (Zinc, Manganeso, Cobre, Hierro, etc.).
- ESTOMAS — Poros en la epidermis de las hojas, que tienen la propiedad de abrirse en presencia de la luz.
- EVAPOTRANSPIRACION — Agua transpirada por las plantas a la atmósfera, y utilizada para la formación de sus tejidos más el agua evaporada por el suelo adyacente y evaporada por las hojas.
- EVAPOTRANSPIRACION REAL(ETA) — Cantidad de agua que puede consumir un cultivo bajo condiciones climáticas reales. Se calcula multiplicando la evapotranspiración potencial (ETP) por un coeficiente de cultivo "K". $ETA = K \times ETP$.

-
- EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)** – Máxima cantidad de agua que podría evapotranspirar un cultivo de pasto uniformemente distribuido considerándose muy buenas condiciones de humedad.
- FIRMEZA** – Propiedad de los suelos que los hace estables, o no desmenuzables por acción de una fuerza exterior.
- FLOCULACION** – Grado de agregación de las partículas de los suelos por efecto de las sales.
- FOTOSINTESIS** – Síntesis de la luz solar por acción de la clorofila de las plantas, y que les da el característico color verde.
- GRADO DE SOLUBILIDAD** – Momento en el cual un cuerpo se puede disolver.
- HERBICIDA** – Compuesto químico que elimina determinadas especies vegetales, generalmente las malas hierbas de los cultivos.
- HIDROMETRO DE BOUYOUCOS** – Instrumento de laboratorio, utilizado para medir la densidad de la solución agua-suelo y en función del tiempo, determinar los porcentajes de tamaño del material sólido.
- HORIZONTES O CAPAS DE SUELO** – Cada uno de los estratos conformantes del perfil del suelo. Toman el nombre de horizonte, cuando hay desarrollo genético a partir de la roca madre, y el nombre de capa cuando no hay evidencia de desarrollo genético, como el caso de los suelos aluviónicos formados por depósito.
- HUMUS** – Residuos vegetales y animales que han sufrido un grado considerable de descomposición. Usualmente caracterizado por su color oscuro, contenido considerable de nitrógeno, alta capacidad de intercambio catiónico, absorción de agua y aumento de volumen.
- INFILTRACION** – Entrada vertical (hacia abajo) del agua en el suelo.
- MATERIA ORGANICA** – Residuos de origen animal y vegetal que generalmente se encuentran en las capas u horizontes superficiales de los suelos.
- MATERIAL POROSO** – Suelo o material que presenta gran cantidad de espacios vacíos (macro-poros).
- MASIVA** – Suelo no estructurado que presenta una distribución irregular de sus partículas fuertemente adheridas, formando una especie de masa.
- METEORIZACION** – Proceso de desintegración de la roca in-situ por acción de agentes externos.
- MILIEQUIVALENTE** – Un milésimo de un equivalente donde el equivalente es el peso atómico o peso de la fórmula dividido por su valencia.
- MILIMHO/CM** – Medida de la Conductividad Eléctrica (CE), que equivale a la milésima parte del MHO/CM.
- MOTEADURAS** – Coloraciones de ciertas zonas del perfil del suelo originados generalmente por fenómenos de oxidación-reducción. Ejemplo: Moteaduras rojas por efecto de la oxidación del hierro y moteaduras pardo-amarillentas por la reducción de hierro.
- PARTICULAS MINERALES** – Son los componentes primarios de las rocas.

- PERMEABILIDAD – Propiedad específica que gobierna la rapidez con que un medio poroso transmite fluídos bajo condiciones standard.
- PLASTICIDAD – Propiedad de los suelos por la cual pueden moldearse sin disgregarse, dependiendo del porcentaje de arcilla.
- POSICION FISIOGRAFICA – Ubicación o posición de una zona determinada dentro del paisaje o relieve terrestre.
- PROCESO DE PRECIPITACION – Proceso de acción química mediante la cual sustancias en suspensión reaccionan formando un nuevo compuesto que se sedimenta.
- PROFUNDIDAD EFECTIVA – Profundidad del suelo a la cual llegan las raíces de las plantas.
- PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE – Cantidad de agua que contiene el suelo, cuando las plantas ya no pueden absorber dicha humedad.
- RASTRILLADA – Labor mediante la que se desmenuza los terrones de suelo formados en la aradura.
- RELIEVE – Configuración de la superficie del terreno.
- ROCA MADRE – Roca que sometida a los procesos de meteorización da lugar a la formación de los suelos.
- SATURACION – Colmatación total por agua de los espacios porosos del suelo.
- SUELO ACIDO – Suelo de reacción ácida, es decir aquel cuyo pH de la pasta saturada es menor que 7.
- SUELO ALCALINO – Suelo de reacción alcalina, es decir aquel cuyo pH de la pasta saturada es mayor que 7.
- SUELO CALIZO – Son suelos derivados a partir de una roca caliza, la que a su vez se ha formado por precipitación de materias clacáreas disueltas en agua.
- TABLA MUNSELL – Escala de colores, utilizada como comparación para determinar el color de los suelos de acuerdo a un sistema numérico que considera matiz, intensidad y pureza.
- TEXTURA – Indica la conformación de los suelos de acuerdo a los diferentes tamaños y porcentajes de partículas que lo constituyen.
- TRANSPIRACION – Proceso por el cual el agua es eliminada en forma de vapor por las plantas.
- TRIANGULO TEXTURAL – Sistema visual de clasificación de suelos de acuerdo a los porcentajes de arcilla, limo y arena que la conforman, expresados en un triángulo equilátero que permite identificar las diferentes clases texturales.
- TURBA – Residuos fósiles de materiales vegetales más o menos carbonizados.
- VELOCIDAD DE INFILTRACION – Velocidad de entrada vertical del agua en el suelo.