

01
T(106)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO DE ALGUNAS CONSTANTES FISICAS DEL SUELO
CON FINES DE RIEGO

TESIS:

Presentada a la Honorable Junta Directiva
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

VICTOR HUGO GONZALEZ BAUTISTA
EN EL ACTO DE INVESTIDURA DE
INGENIERO AGRONOMO

Guatemala, abril de 1975

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	Ing. Agr. Carlos F. Estrada
VOCAL 1o.	Ing. Agr. Salvador Castillo
VOCAL 2o.	Ing. Agr. Carlos Aldana
VOCAL 3o.	Ing. Agr. Ronaldo Prado
VOCAL 4o.	P. A. Napoleón Medina
VOCAL 5o.	P. A. Miguel Carballo
SECRETARIO	Ing. Agr. Oswaldo Porres

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO : a.i.	Ing. Agr. Salvador Castillo
EXAMINADOR	Ing. Agr. Pablo Campollo
EXAMINADOR	Ing. Agr. Carlos Aldana
EXAMINADOR	Ing. Agr. David Monterroso
SECRETARIO	Ing. Agr. Oswaldo Porres

ACTO QUE DEDICO

A Dios Todo Poderoso

A MIS PADRES

Miguel Angel González C.
Jesús Bautista de González

A MI ESPOSA

María Odilia de González

A MIS HIJAS

María Elisa (Q.E.P.D.)
María Odilia

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO Y AMIGOS

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL PUEBLO DE SAN MIGUEL PETAPA

A MI PATRIA GUATEMALA

DEDICO ESTA TESIS

A:

Mis Padres:

Miguel Angel González Conde

Jesús Bautista de González

AGRADECIMIENTO:

El autor de este trabajo desea dejar constancia de la colaboración prestada para la obtención de los datos de campo, laboratorio y gabinete, al personal del Departamento de Estudios Detallados de Suelos.

Se desea agradecer al personal del Laboratorio de Suelos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables, la cooperación proporcionada, a la señorita Mirza Jimenez por el trabajo de mecanografía.

También se agradece a los señores Profesionales Ing. Agr. Francisco Mazariegos A. e Ing. Químico, - Mario Braeuner, sus valiosos consejos y sugerencias para la elaboración del presente trabajo.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA:

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo - de tesis, titulado:

ESTUDIO DE ALGUNAS CONSTANTES FISICAS
DEL SUELO CON FINES DE RIEGO

Al presentarlo como requisito previo para optar al título de INGENIERO AGRONOMO, esperando merezca vuestra aprobación.

Guatemala,
10 de abril de 1975

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Carlos F. Estrada
Presente

Por este medio manifestamos a usted, que hemos revisado el trabajo de Tesis Titulado "ESTUDIO DE ALGUNAS CONSTANTES FISICAS DEL SUELO CON FINES DE RIEGO", presentado por el Perito Agrónomo Víctor Hugo González Bautista. Dicho trabajo llena los requisitos establecidos por los reglamentos respectivos para su aprobación.

Atentamente

Ing. Químico Mario Braeuner R.	Ing. Agr. Francisco Mazariegos
Asesor	Asesor

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
REVISION BIBLIOGRAFICA	5
Textura	6
Estructura	7
Retención del Agua por el Suelo	11
Máxima Capacidad de Retención	12
Fuerza de Retención	13
Tensión y Espesor de la Película	14
Agua Capilar	16
Capacidad de Campo o Coeficiente de marchitamiento	16
Punto Permanente de Marchitamiento	18
Coeficiente Higroscopico	19
Salinidad	19
MATERIALES Y METODOS	26
Textura	26
Densidad Aparente	29
Densidad de Partícula	31
Espacio Poroso	33
Curvas de Humedad	35
DISCUSION	39
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA	59
APENDICE	61

INTRODUCCION

El Siglo XX se ha caracterizado por una serie de fenómenos que han redundado en beneficio de la ciencia, la tecnología y por ende la humanidad. Hemos visto el primer vehículo circular por sí mismo y también los viajes a la luna, pero la ley de Malthus sigue manifestándose inexorablemente. "LA PRODUCCION AUMENTA EN PROPORCIONES ARITMETICAS Y LA POBLACION EN PROPORCIONES GEOMETRICAS". (16).

Esta ley priva a nivel mundial y Guatemala no está exenta de esa realidad; surge de aquí la necesidad de hacer uso adecuado de los recursos que la naturaleza da, empleando para ello la razón y los elementos por sencillos que sean, que permitan incrementar, en la medida de lo posible, las producciones a través del uso sistemático de la tierra.

Guatemala, está dedicada a la agricultura en un 90% y en la mayoría de los casos las producciones son bajas y el uso de la tierra inadecuado desde el punto de vista de su rentabilidad. En algunas zonas del país tales como oriente, las producciones han sido obtenidas en las vegas de los ríos, la situación se ha mantenido igual durante muchos años; cuando el elemento agua se ha comenzado a aplicar en forma sostenida e intensiva, las áreas de cultivo se han ampliado, pero aún así, la aplicación del agua al suelo ha sido empírica y partiendo del principio del litro/segundo/Ha., que ha decir verdad, deja mucho que desear.

Las bases sobre las que deben descansar el riego deben partir del conocimiento de las características físicas y químicas del suelo coherente a un estricto control de calidad de las aguas a emplearse.

Si se piensa en el hecho de que las áreas de cul

tivo pueden incrementarse con el riego, bien vale la pena que se legisle sobre el agua y se lleve un control estricto del uso y calidad.

Guatemala, cuenta con varios distritos de riego que cubren un área de 15,170*Ha. Sin embargo, la forma como el agua se aplica, aún no llena los requisitos deseados técnicamente; vale suponer que es consecuencia de la política que se ha seguido o porque no se cuenta con los elementos técnicos que permitan trabajar el recurso agua racionalmente.

* Dirección General de Servicios Agrícolas, 1,973.

OBJETIVOS

Tomando en consideración la importancia que tiene conocer sobre los diferentes factores que intervienen en el proceso de crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, es conveniente situarse dentro del sistema agua-suelo a fin de conocer la posición que ocupan en los procesos ya mencionados.

Partiendo del hecho de que el agua ocupa $\frac{3}{4}$ de la superficie terrestre, lo que a su vez implica ser el elemento más abundante de la tierra, podría pensarse - que nunca se han tenido o tienen problemas con ella en su empleo.

Sin embargo, uno de los problemas frecuentes en la agricultura es la escasez de agua, como también la inadecuada utilización que de ella se hace.

Surge de aquí la necesidad de conocer los análisis básicos para determinar lo que es justo mantener como agua útil a nuestro interés en el suelo, para cultivar técnicamente y en el nivel económico óptimo.

El empleo del agua en forma ordenada y técnica - es necesaria para:

- Evitar desperdicios de agua.
- Propiciar economía en su manejo y utilización
- Aplicación correcta de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- Lograr hasta donde sea posible el equilibrio de la relación agua-suelo-plantas.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, debe decirse que se busca determinar las principales características físicas del suelo y las constantes

de humedad, con el fin de calcular técnicamente la lámina de agua y frecuencia de riego de los Distritos - de Riego Llano de Piedras y San Cristóbal Acasaguas - tlán.

Es necesario considerar dentro de estos objetivos la eficiencia, con la que se hace imprescindible trabajar, a efecto de obtener dentro de las limitaciones humanas los beneficios adecuados.

Considerar esto es vital, dada la situación de que al momento se ha descuidado sobremanera estos tres aspectos, que integrados, dan la eficiencia con la que se debe trabajar o con la que se está trabajando.

Gundersen (6), define la eficiencia total de riego como la relación que existe entre el agua finalmente evapotranspirada por las plantas y el agua originalmente derivada en un proyecto de riego.

No debe olvidarse que entre estos puntos citados hay tres aspectos que son de singular importancia, porque si no se toman en cuenta provocan una pérdida enorme de agua, y naturalmente, rompen con el esquema teórico de la técnica que debe seguirse.

Eficiencia de Conducción (6) Esta se refiere a las pérdidas ocurridas por evaporación directa y por infiltración en los canales de riego. Dicho en otras palabras ésta se obtiene de la relación del agua que se entrega en la toma-granja y el agua derivada inicialmente.

Eficiencia de Aplicación (6) Esta es la relación que existe entre el agua almacenada en la zona de las raíces y el agua recibida en la toma-granja.

Debe mencionarse el agua que se pierde por escorrentía y la que se pierde por percolación profunda.

Sobre este particular debe decirse que esta eficiencia corresponde más que todo al agricultor porque involucra la habilidad que ésta tenga en cuanto a regarla en forma uniforme, precisa y sin desperdicios.

Eficiencia de uso: (6) Es la relación que - existe entre el agua evapotranspirada por la planta y el agua almacenada en la zona de las raíces.

Uno de los objetivos básicos debe ser aplicar agua en la medida en la que la planta lo requiera, baste para ello, pensar que la planta tiene diferentes requerimientos a medida que evoluciona en su desarrollo.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Tener la oportunidad de escribir sobre aspectos relativos al quehacer agrícola y estando dentro del - rol resulta de hecho interesante.

Naturalmente esto será mucho más satisfactorio, si se cuenta con la información requerida en el momento preciso. El aspecto que en este trabajo se enfoca tiene el inconveniente de ser muy poco discutido por los autores de libros que tratan de suelos. Cabe la posibilidad de pensar que es consecuencia de que su análisis resulta sencillo o, por el contrario, puede suponerse que es consecuencia de lo controvertido del tema, en el presente trabajo se sustenta este último - criterio.

Al momento actual la información que se tiene - es sumamente escueta y tan es así que muchos textos - ni siquiera lo mencionan.

Muchos de los criterios que aquí se exponen son producto de la vivencia de los señores asesores en pro

blemas relativos a este aspecto, otros son fruto del a nálisis racional al que fueron sometidos los datos.

Lo importante en este caso es que se tiene la oportunidad de aportar un criterio que aún cuando no sea el mejor, si puede ser un punto de partida para ulte - riores análisis de situaciones similares. Y de ahí el por que resulta indispensable hacer esta aclaración.

TEXTURA:

Mela, Mela (10), dice: que la textura de un suelo se - refiere al tamaño de las partículas del suelo. Sirve de base para dividir el suelo en sus fracciones arena gruesa, arena fina, limo y arcilla.

Es de hacer notar que la textura contempla la pro porción relativa de cada uno de los elementos arena, ar cilla y limo, así como el tamaño al cual hace mención Mela, Mela.

Definitivamente no podemos considerar la humedad del suelo sin tomar en cuenta la textura de éste por - que el grado de retención de la humedad por el suelo - está en función de las partículas del suelo y mucho más de la cantidad relativa en la que cada una se encuen - tre.

Debido a la interacción de las diferentes partí - culas del suelo, es necesario definir cada una de ellas para clarificar su significado.

Arena: (13) Es una partícula suelta y de granos individuales de cuarzo cuyo diámetro se haya comprendi do entre 2.00 a 0.02 mm. con pequeña cohesión, plasti - cidad y poder retentivo. Si se oprimen al estar hume - dos, se pueden moldear, pero se deshacen al tacto al -

perder rápidamente la humedad.

Limo (13): formado por partículas de cuarso y feldespatos de diámetro comprendido entre 0.02 a 0.002 mm., son bastante plásticas y cohesivas y con mayor poder retentivo que las arenas.

Arcilla (13): Material coloidal que ha experimentado la meteorización química. Muy plásticas, cohesiva, de gran poder de retención y adsorción catiónica y con partículas de diámetro inferior a 0.002 mm.

Israelsen (9) establece que los suelos arenosos tienen una textura gruesa, los limosos una textura media, y los arcillosos una textura fina, la textura tiene una influencia enorme en el movimiento del agua del suelo, la circulación del aire y la velocidad de transformaciones químicas, que son de importancia para la vida vegetal. Puede ahora decirse que la textura de un suelo no puede modificarse por ningún método práctico, por lo que se le considera como una constante fija.

ESTRUCTURA:

Sobre este particular Mela, Mela (10) dice: "Así como el término textura se refiere a su morfología individual, la segunda es producida por su morfología colectiva".

Mazariegos, (13) dice que "La estructura se puede definir como la disposición de las partículas que lo constituyen, tomando en cuenta que estas partículas pueden ser simples o primarias y secundarias o agregadas".

Tanto la textura como la estructura son importantes, pero es la segunda la que influye en mayor grado en la dinámica de los fluidos, de ahí por qué se

considera uno de los principales factores de la fertilidad de los suelos (14). Algunos suelos no presentan una estructura definida como consecuencia de presentar condición de ser muy alcalinos y, aún cuando se les vea secos o húmedos son amorfos. Ocurre lo mismo con los que contienen altas cantidades de arena gruesa y poca cantidad de humus y arcilla, en cuyo caso se dice que es el estado mínimo de agrupación. El superior correspondería a los suelos que tienen macro-agregados.

Mazariegos (13), dice que las principales clasificaciones se basan en tamaño configuraciones y carácter de la superficie de los agregados, fragmentados y terrones del suelo. Albareda y Hoyos, citados por Mazariegos (13), divide este aspecto en dos grandes grupos: estructura simple con partículas no floculadas y compuestas con partículas floculadas.

Baver citado por Mazariegos (13), establece los tipos siguientes:

Cúbica

Prismática

Laminar

Granos simples

El tipo cúbico se produce por agregados de partículas secundarias, cada una de éstas es un verdadero gránulo de aristas redondeadas y la estructura es granular siendo este el proceso de granulación; el suelo se rompe siempre en gránulos permeables.

Cuando existen partículas primarias y secundarias, la fractura se produce originando agregados de aristas bien definidas, según determinados planos. Estos agregados son densos, no permeables, se producen por fragmentación y son la consecuencia de la existen-

cia de partículas primarias dentro de las secundarias.

Según el Manual de Recursos de Suelo del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, citado por Mazariegos (13), la estructura del suelo se divide en los tipos siguientes:

Prismática:

Semeja prismas con dos dimensiones, la horizontal limitada y considerablemente menor que la vertical; y la vertical con caras bien definidas, verticales angulares, sin partes superiores redondeadas.

Cúbica:

Al igual que la anterior, con la única diferencia de tener la parte superior redondeada.

Bloques Angulares:

Semejando bloques, polihédricos o esferoides - con tres dimensiones del mismo orden de magnitud, dispuestos alrededor de un punto. Bloques o polihedros que tienen superficies planas o curvas formadas por las caras que los circundan, la mayoría de los vértices fuertemente angulares.

Bloques Subangulares:

Igual que los anteriores, con diferencia que las caras aplastadas y redondeadas, están mezcladas con muchos vértices redondeados.

Laminar:

Semejando láminas con una dimensión (la vertical) limitada y mucho menos que las otras dos, arregladas alrededor de un plano horizontal, las caras son en su mayoría horizontales.

Granular:

Esferoides o polihedros que tienen caras planas o curvadas que se ajustan ligeramente con la superficie de los agregados que lo circundan. Agregados relativamente no porosos.

Migajón:

Igual que el anterior pero el agregado es poroso.

Permeabilidad:

Para concluir vale la pena que se mencione la permeabilidad, que es un elemento dentro del suelo de singular importancia. Resulta de la integración de la textura, estructura, consistencia y otros.

Tiene la cualidad de manifestarse leve o fuerte dependiendo de la forma o del grado de asociación que los materiales del suelo tengan y del mayor o menor contenido de materiales cementantes en el suelo.

Es natural que se requiera para un suelo que la permeabilidad sea adecuada para que se eviten los encharcamientos por un extremo y en el otro la pérdida violenta del agua.

Se necesita que la distribución de arcilla, limo y arena que conforman el suelo sean proporcionales para que los suelos no manifiesten estas condiciones ya mencionadas.

La permeabilidad ocupa un lugar primordial en la calidad del suelo con respecto a su laboreo y es por ello que en la compra o utilización del mismo es una de las cosas que se toman como base.

En síntesis, una adecuada permeabilidad nos da un buen drenaje coherente a una adecuada retención de hu-

medad.

El agua del suelo es esencial para el crecimiento de las plantas y de hecho no podría pensarse en carecer de ella y obtener cosechas; interviene en procesos químicos vitales como: Fotosíntesis, formación de carbohidratos y otras transformaciones químicas, transporte de sustancias y turgencia de las células. (1) En el suelo, es importante para la disolución de sustancias para los procesos hidrolíticos, actividad microbiológica y para la absorción de los nutrientes por las plantas.

Debe tomarse en consideración dos aspectos que son importantes: (9).

- Grandes cantidades de agua deben ser almacena-das en el suelo para satisfacer las necesidades de evapotranspiración en el desarrollo de las plantas porque esta agua debe de estar disponible cuando las plantas la necesiten y en su mayor parte debe provenir del suelo.
- El agua actúa como disolvente y junto con los nutrientes disueltos, constituyen la solución del suelo.

RETENCION DEL AGUA POR EL SUELO:

Estamos concientes de la utilidad del agua en el proceso de generación de la vida y de formación del suelo, tomando siempre en consideración que éste tiene dos procesos de formación: química y física.

Donde no hay agua no hay vida, ni tampoco hay suelo.

La importancia del agua, como agente formador -

del suelo, como en la producción del mismo, resalta in mediatamente.

Desde un punto de vista práctico nos interesan - las propiedades del suelo, según afecten a los factores siguientes: (8)

- 1.- El movimiento del agua sobre o dentro del suelo.
- 2.- La capacidad de imbibición de los suelos.
- 3.- La asimilación de la humedad por las plantas superiores.

Cada uno de estos factores se relacionan directa o indirectamente con el tamaño y distribución de los poros del suelo y con la atracción de agua por los sólidos del suelo.

Para ser más objetivos, veamos algunos cambios - que ocurren durante y a continuación de las lluvias o riegos.

MAXIMA CAPACIDAD DE RETENCION: (Agua de gravedad)

Suele ocurrir luego de lluvias o riego; a medida que el agua entra en el suelo, el aire es desplazado y la superficie del suelo queda mojada, eso equivale a decir que los poros del suelo grandes y pequeños quedan llenos de agua.

Si hay más adición de agua, ésta puede por su peso llegar a las capas inferiores y el aire empieza a reemplazarla. En el caso de que esta situación se mantenga, todos los poros de la parte superior del suelo quedarán llenos de agua.

En este momento se dice que el suelo no está sa-

turado de agua y que ha llegado a su máxima capacidad retentiva.

FUERZA DE RETENCION:

Para la retención y movimiento del agua por el suelo se requiere energía.

Cuando el suelo se humedece hay una liberación de calor, lo que da la idea de la energía liberada y esto nos permite concluir que si se remueve el suelo, esto requerirá un gasto de energía.

Dos fuerzas influyen en la retención de la humedad por los cuerpos sólidos (7):

- 1.- Atracción de las superficies sólidas para las moléculas de agua, a esto se le llama adherencia.
- 2.- Atracción de las moléculas de agua entre sí, fenómeno de cohesión.

Por adherencia, los sólidos retienen las moléculas rígidamente a su superficie en la relación suelo-gas. Esto provoca que las moléculas de agua por cohesión retengan a otras de agua.

Esta fusión (adherencia y cohesión) permiten - que los sólidos retengan buena cantidad de agua y controlen en alto grado su movimiento y utilización.

Por supuesto esto hace que varíe la tensión con que el agua es retenida, por la distancia de las moléculas y los sólidos.

Las dos fuerzas de adhesión y cohesión son en su mayor parte de naturaleza electrostática (4).

La importancia relativa de las fuerzas antes mencionadas del agua del suelo varían de un suelo a otro, y de lugar a lugar, dentro de un mismo suelo, cuando el agua está en equilibrio en un suelo, el valor de cada una de estas fuerzas se ajustará en tal forma que su suma es constante en todos los puntos donde el agua está presente. (4)

El agua retenida bajo estas dos fuerzas, está en posibilidades de mantener los microporos enteramente llenos de agua, y además mantener películas de agua relativamente gruesas en los macroporos.

A medida que estas películas son más gruesas van siendo más pesadas y la humedad de la superficie externa de la película de agua, está cada vez con menos fuerza adherida.

Esta humedad exterior está sujeta a un verdadero movimiento en respuesta a la atracción de la gravedad y sobre todo, de las películas de humedad adherida que no son tan gruesas.

De manera que cuando el suelo está casi saturado, es fácil extraer una pequeña cantidad de agua, pero a medida que la humedad es menor la fuerza para extraerla es mayor (4).

TENSION Y ESPESOR DE LA PELICULA:

Durante e inmediatamente después de una lluvia abundante, los macroporos están materialmente llenos de agua, tanto como decir las películas de humedad alrededor y entre las partículas sólidas son muy gruesas; en este momento la tensión con la que el agua es retenida en el canto de la película es muy pequeño. Por lo consiguiente, parte del agua retenida en estos poros grandes es empujada hacia abajo a los niveles más secos del

suelo, donde las películas de humedad son delgadas y la tensión alta.

Podemos definir entonces las atmósferas a las - que están retenidas las diferentes humedades del suelo (17).

Flujo de Gravedad	Acción de Gravedad
Capacidad de Campo	.1/3 de atmósfera
Punto permanente de marchitamiento	15 atmósferas
Coeficiente Higroscópico	30 atmósferas
Agua de constitución	300 - 400° C.

Las fuerzas gravitatorias así como las asociadas con los de las películas de humedad, aseguran un rápido movimiento, a menos, desde luego, que los poros - sean extremadamente pequeños.

La tensión a la que el agua es retenida en los varios puntos de humedad del suelo son expresados en atmósfera o pF.

Mela, Mela, define el pF de la siguiente manera (10).

Es la representación del esfuerzo que es preciso realizar en cada caso para extraer determinada can tidad de agua de la retenida por la partícula.

1 atmósfera equivale a:	1.013×10^6	dinas/cm ²
	14.71	Libras/pulgadas ²
	75.39 cm.	de columna de Hg.
	1.036 cm.	de columna de H ₂ O.

AGUA CAPILAR:

Como es natural, luego del agua de gravedad se inicia el agua capilar que es el agua que se queda alojada en los microporos. Esta queda retenida por la -tensión superficial, pero necesita que su peso no sea mayor que la fuerza de gravedad.-

Cuando se realizan las labores del suelo, al principio aumenta el agua capilar porque el número de capílares es mayor, pero un afloramiento excesivo del suelo hacen que los poros sean demasiado grandes y que no pueda retener el agua.

CAPACIDAD DE CAMPO O COEFICIENTE DE MARCHITEZ:

Cuando el espesor medio de la película disminuye, la tensión de las intercantos aire - agua aumenta, y al fin es lo bastante grande para reducir rápidamente el movimiento de arriba abajo; el agua ha sido separada - de los macroporos; en este momento el suelo está en su capacidad de campo y la tensión de la película de agua está entre 0.1 y 0.3 atmósferas.

Vale decir que la capacidad de campo, es la máxima cantidad de agua retenida por el suelo en condiciones normales y sin que para ello afecten fuerzas extrañas.

La utilización del agua por las plantas de un terreno decrece a medida que lo hace el espesor medio de la película. El agua será separada de los poros más grandes, donde está menos fuertemente adherida (debido al grosor de la película) y permanecerá en los microporos alrededor de partículas sólidas, será así mientras las plantas pueden separar agua de las partículas.

Cuando esa humedad ya no permita mantener ese es

tado túrgido en las plantas se dirá que el suelo está en su nivel crítico de humedad o sea el coeficiente - de marchitez.

Las plantas que crecen en el suelo absorben el agua y reducen la cantidad de humedad existente en el suelo.

Gran parte de ella será trasladada de las raíces a las hojas en las que una buena cantidad se perderá por vaporización y transpiración de la superficie de las hojas.

Un segundo factor es la pérdida de la humedad de la superficie del suelo, que ayuda prácticamente a la remoción de la humedad del suelo.

Sobre éste particular Von Bavel, citado por Búcaro (3), concluye que la intensidad de la transpiración era constante hasta un valor limitante del contenido de agua del suelo, determinado por la profundidad del mismo, pero no acepta que el porcentaje de marchitez permanente se produzca al límite inferior de la humedad aprovechable.

Penman, citado por Búcaro (3) concluye que la cantidad de agua utilizada es una característica de la planta y no del suelo, puesto que la cantidad de agua fácilmente aprovechable está limitada, no por la profundidad del suelo sino por la longitud de penetración del sistema radicular del cultivo.

Thornthwaite y Matther, citados por Búcaro (3), consideraron que la transpiración es una función continua y decreciente de la reducción del contenido de humedad.

Ahora bien, dentro del contenido de humedad del suelo, la cantidad de agua de lluvia y de riego son fá

cilmente determinadas, no así la evaporación y la transpiración que son difíciles de cuantificar, ya sea por un método teórico de cálculo o por un sistema instrumental de medición indirecta.

Estos dos factores tienen mucha importancia en la pérdida del agua del suelo.

A medido que la humedad del suelo va disminuyendo, las plantas comienzan a mostrar los efectos de la poca humedad. Mientras dure la sequía, tenderán a corrugarse y será mayor si la temperatura es alta y hay viento.

Al principio de la sequía, la marchitez estará a sociada con una renovada turgencia o vigor nocturno.

Al final, el coeficiente de reserva de agua para las plantas puede ser tan bajo que la planta quedará corrugada, tanto de día como de noche.

Antes de morir las plantas, existirán en una con dición permanente de marchitez y morirán si no se les a ñade agua. A esto es a lo que se llama coeficiente de marchitez o humedad crítica.

PUNTO PERMANENTE DE MARCHITAMIENTO (P.P.M.)

Este también se conoce como porcentaje permanente de marchitamiento, representa el índice de humedad del suelo en el cual las plantas no obtienen la suficiente para sus necesidades de transpiración.

La tensión de la humedad en el suelo varía de 7 a 32 atmósferas, para el PPM según sea la textura de éste, la clase y el estado de las plantas, la cantidad de sales solubles del terreno y, hasta cierto grado, el medio ambiente y el clima del lugar. Hay que hacer no tar que un cambio de tensión produce poca alteración -

en el contenido de humedad, hay poca diferencia en este porcentaje independientemente de la tensión que se tome como nivel permanente de marchitamiento. En estas condiciones la presión que comúnmente se toma para este nivel es de 15 atmósferas.

Durante períodos de baja humedad, alta temperatura y alta velocidad del viento muchas plantas con gran superficie foliar acusan marchitamiento, esto se observa porque el grado de transpiración de la planta excede a la rapidez con la cual dicha planta extrae la humedad del suelo.

COEFICIENTE HIGROSCOPICO:

Es la parte del agua que está firmemente adherida a la partícula de suelo. Se encuentra en el suelo en tal forma que no puede ser utilizada por la planta y se necesita ejercer una tensión grande, 31 atm., para determinarla.

Regularmente se encuentran absorvidas a las partículas coloidales y se adhiere tan fuertemente, que mucha de ella se considera no líquida y si como vapor.

SALINIDAD:

Hilgard, citado por Albareda Herrera (1) fue uno de los primeros investigadores de los suelos salinos. Estos pueden encontrarse en todas las regiones climáticas de la tierra. Y fue Hilgard, quien encontró dos grupos principales de estos suelos. El primero de ellos los suelos salinos litorales la composición de las sales es la misma que la que corresponde al agua de mar que los impregna; en cambio, los suelos salinos continentales que se presentan en terrenos se

cos, deben considerarse como verdaderos productos climáticos, y la composición de sus sales difiere de la del agua del mar. Estas sales son acumuladas sobre los horizontes superiores, cosa que no ocurre en los lugares en los que el clima es lluvioso.

Para que la salinización se realice, se requiere además de la existencia de materiales salinos, poca circulación del agua salina, un subsuelo impermeable napas o capas freáticas altas y una topografía que impide o dificulte el lavado. Entonces la masa de agua que impregna el suelo, de difícil y escasa circulación, varía principalmente aumentada por la lluvia o el regadío y disminuyendo por la evaporación; pero las sales disueltas en esa masa de agua al no haber lavado, se mantienen allí; las disoluciones se diluyen y las sales se difunden al aumentar el agua del suelo; cuando actúa la evaporación; las disoluciones, se concentran y ascienden hacia la superficie y se deposita la sal, para ser disuelta y difundida cuando el agua llegue.

Los suelos salinos están ligados a una deficiente circulación del agua, y los casos en los que el regadío ha producido la salinización, se deben a que el hombre solo ha pensado en llevar el agua nada más, sin tomar en consideración los daños posibles a través del tiempo por la acumulación de las sales. En concreto, lleva el agua, pero no establece una red de drenaje para sacarla, caso típico el de Guatemala al no considerar en el planeamiento original la red de drenaje. Otra condición que favorece la salinización es el clima árido. La mayor extensión de los suelos está en zonas áridas y se considera a los suelos salinos como propios de esas zonas. En clima árido se evapora más agua de la que se deposita; el déficit se cubre con el agua que llega de otros lugares.

Los suelos que se forman como consecuencia son:
(15).

- Suelos Salinos
- Suelos Salino Sódicos
- Suelos Sódicos

SUELOS SALINOS: (15)

Reciben esta denominación los suelos cuya conductividad del extracto de saturación es menor de 4 Mmhos/cm. a 25° C., y el porcentaje de sodio intercambiable es menor de 15.

Generalmente el pH es menor de 8.5. En estos suelos el establecimiento de un drenaje adecuado permite eliminar por lavado las sales solubles volviendo a ser nuevamente suelos normales.

Casi siempre se reconocen los suelos salinos por la presencia de costras blancas de sal en la superficie.

La salinidad del suelo puede ocurrir cuando este tiene un perfil característico y plenamente desarrollado, o cuando posee material edáfico o diferenciado como el caso del aluvión.

Las características químicas de los suelos salinos quedan determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales presentes. La cantidad de sales presentes controla la presión osmótica de la solución del suelo.

El sodio rara vez representa más de la mitad de los cationes solubles y por lo tanto no es absorbido en forma importante. Las cantidades relativas de calcio y magnesio presentes en la solución del suelo y en

el complejo de intercambio varían considerablemente.- Tanto el potasio soluble como el intercambiable son , en general, constituyentes de menor importancia aún cuando ocasionalmente se tornen en constituyentes mayores. Los aniones principales son los cloruros, los sulfatos y a veces los nitratos.

Pueden presentarse también pequeñas cantidades de bicarbonatos, pero invariablemente los carbonatos solubles casi no se encuentran. Aparte de sales rápidamente solubles, los suelos salinos pueden contener sales de baja solubilidad, como los sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio.

Los suelos salinos casi siempre se encuentran - flocculados debido a la presencia de un exceso de sales y la ausencia de cantidades significantes de sodio intercambiable. En consecuencia, la permeabilidad es igual o mayor a la de los suelos similares no salinos.

SUELOS SALINO SODICOS: (15)

Estos son suelos que tienen una conductividad - del extracto de saturación, mayor de 4 Mmhos/cm. a 25° C. y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15.

Este tipo de suelos se forman como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Cuando hay exceso de sales, el pH raramente es mayor de 8.5 y las partículas permanecen flocculadas. Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos no salinos. A medida que la concentración

de sales disminuye en la solución, parte del sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio que a su vez, puede cambiar a carbonato de sodio. En cualquier caso, el lavado de un suelo puede hacerlo más alcalino (pH mayor de 8.5), las partículas se dispersan y el suelo se vuelve desfavorable para la entrada de agua y para las labores de labranza. Aunque el retorno de las sales solubles puede hacer que baje el pH y restaure las partículas a una condición flocculada; el manejo de los suelos sódicos salinos sigue siendo un problema hasta que se elimina el exceso de sales y de sodio intercambiable de la zona de cultivo y se restablecen las condiciones físicas del suelo. A veces estos suelos sódicos salinos contienen yeso y cuando son lavados el calcio se disuelve reemplazando el sodio intercambiable. Esto tiene lugar con la eliminación simultánea del exceso de sales.

SUELOS SÓDICOS: (15)

Estos se manifiestan con un contenido de sodio intercambiable mayor de 15% y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 Mmhos/cm. a 25° C. El pH generalmente varía entre 8.5 y 10.

Con mucha frecuencia se encuentran en las regiones áridas y semiáridas, en áreas pequeñas e irregulares conocidas como manchas de álcali impermeables.

Siempre que los suelos o aguas de riego no se encuentran con yeso, el drenaje y lavado de los suelos sódicos-salinos conduce a la formación de suelos sódicos no salinos. La eliminación del exceso de sales en este tipo de suelos tiende a aumentar el grado de hidrólisis del sodio intercambiable lo cual frecuentemente eleva el valor de pH.

En los suelos altamente sódicos, la materia or-

gánica dispersa y disuelta puede depositarse en las superficies debido a la evaporación, causando así un ennegrecimiento y dando así origen al término de álcali-negro.

Después de largo tiempo los suelos sódicos no salinos adquieren características morfológicas peculia-res.

Debido a la gran dispersión de la arcilla par-cialmente saturada con sodio, ésta puede ser transpor-tada hacia abajo, acumularse en los niveles inferiores y como resultado, unos cuantos centímetros de suelo superficial pueden presentar texturas relativamente grue-sas y quebradizas, aunque más abajo, donde se acumula la arcilla, el suelo puede desarrollar una capa densa y de baja permeabilidad, con estructura prismática y co-lumnar. Sin embargo, es común que en esos suelos, se presente la condición de sodio como consecuencia de la irrigación, lo cual indica que no ha pasado mucho tiem-po para el completo desarrollo de la estructura colum-nar típica, pues el suelo tiene baja permeabilidad y es muy difícil de labrarse.

El sodio intercambiable en un suelo sódico no salino puede tener una marcada influencia en sus propie-dades físicas y químicas.

Al aumentar la proporción del sodio intercambia-ble, el suelo tiende a ser más disperso y el pH aumen-ta a veces hasta el valor de 10.

La solución del suelo en suelos sódicos no sali-nos aunque relativamente baja en sales solubles, tiene composición que difiere considerablemente de los sue-los normales y de los salinos. Mientras los aniones - presentes consisten en su mayor parte de cloruros, sul-fatos y bicarbonatos, también pueden presentarse peque-ñas cantidades de carbonatos.

A pH muy elevado y en presencia de iones carbonato, el calcio y el magnesio se precipitan, de manera que las soluciones del suelo, de los suelos sódicos no salinos, usualmente solo contienen pequeñas cantidades de estos cationes, predominando el sodio. Grandes cantidades de potasio intercambiable y soluble pueden presentarse en algunos de estos suelos.

El efecto de contenido de potasio intercambiable en las propiedades de los suelos no se ha estudiado ampliamente.

Ciertos suelos sódicos no salinos contienen un % de sodio intercambiable mayor de 15, sin embargo, el pH especialmente en la superficie puede ser tan bajo como 6.

A estos suelos De Sigmon (11), los llama alcalinos degradados. Se presentan en ausencia de caliza y el bajo pH es resultado del Hidrógeno Intercambiable. Sin embargo, las propiedades físicas están dominadas por el sodio intercambiable y corresponden típicamente a la de un suelo sódico no salino.

MATERIALES Y METODOS:

No cabe la menor duda, que pretender enfocar el aspecto de las relaciones agua-suelo-plantas en forma conjunta, es de sumo interés, empero conlleva el tener que situarse bajo una serie de factores físicos y químicos que integrados dan el todo y que por ende complican en cierto modo el objetivo perseguido en este trabajo.

Entrar en detalle sobre cada uno de los métodos empleados es más que todo una obligación de los manuales específicos de los diferentes procedimientos de análisis; en virtud de lo cual aquí únicamente se darán lineamientos generales de la metodología seguida.

Debe aclararse que cada uno de los métodos de análisis aquí empleados es el que a criterio del sustante de valores más cercanos a la realidad y no se descarta la posibilidad de que puedan existir otros y pueden cuestionar lo que aquí se sustenta.

TEXTURA:

Es el contenido de arena, limo y arcilla en un peso de tierra determinado pudiendo ser 50 o 100 gramos. Se fundamenta en la Ley de Stokes (17). Para que esta ley funcione es necesario que la partícula de suelo se mueva a una velocidad uniforme, en un fluido de viscosidad uniforme.

Gavande la define: (5)

$$V = \frac{d}{t} = \frac{2 r^2}{9 \eta} g (P_p - P_f)$$

d = Profundidad en cms.

t = Tiempo minutos

g = Aceleración debida a la gravedad 980 cm/Seg²

r = Radio de la partícula cm.

P_p = Densidad de partícula g/cm³

P_f = Densidad del fluido G/cms³

V = Velocidad de sedimentación cm/minuto.

n = Viscosidad del fluido $\frac{\text{gm}}{\text{Seg.cm.}}$

La ecuación de sedimentación se desarrolla para partículas que son esferas regulares rígidas; hay que tomar en cuenta que la mayoría de las partículas tienen forma diferente por lo que se supone que tienen una velocidad distinta de deposición.

Gavande, encuentra algunas limitaciones (7).

- 1.- El tamaño individual de las partículas debe ser mucho mayor que el espacio libre entre las moléculas del líquido. En el agua, las partículas deben ser mayores a 0.01 micra.
- 2.- Las partículas deben caer dentro de un fluido - que sea eficazmente ilimitado en profundidades.
- 3.- No debe haber un efecto de límites del recipiente que contiene el fluido. Esto se consigue si el diámetro del recipiente es, por lo menos, 10 veces mayor, que el diámetro de la partícula.
- 4.- La resistencia de la partícula a la caída debe ser causada solamente por la viscosidad del fluido. Esto se conseguirá si no hay corrientes - turbulentas.
- 5.- Hay que tratar que la temperatura permanezca - constante, durante todo el tiempo que dura la determinación y en algún valor conocido.
- 6.- Se supone que la concentración de las partículas de un tamaño dado permanecen constantes a una profundidad, hasta que todas las partículas, de ese mismo tamaño se asienten independiente - mente de las partículas de cualquier otro tamaño. Esto se consigue tamizando, antes de la se

dimentación, todas las partículas de la fracción arenosa y más grandes.

METODO DEL HIDROMETRO:

Este método consiste en determinar la cantidad - de sólidos en suspensión; la densidad de la suspensión se mide por medio de un hidrómetro. La profundidad del centro de flotación del Hidrómetro varía con la densidad de la suspensión. El método ha sido calibrado con muchos suelos, por Bouyoucos (1962), quien determinó - que después de 40 segundos todas las partículas de 0.05 mm de diámetro se han asentado, de tal manera que no tendrán ninguna influencia sobre el hidrómetro.

Sobre este particular Millar et al (II) dice, la muestra que se toma se dispersa en una batidora, haciendo uso de un agente dispersante.

La suspensión se vierte en un cilindro largo, y dentro se coloca un hidrómetro, se toma la lectura del hidrómetro después de transcurrido el intervalo de 40 segundos requerido para que la arena se deposite y así se determina la cantidad de limo más arcilla en suspensión, y por diferencia se obtiene la cantidad de arena. Cuando se deja transcurrir el tiempo suficiente para - que el limo se asiente, se puede determinar el porcentaje de arcilla leyendo directamente el hidrómetro y con ese dato se calcula la cantidad de limo.

DISPERSION:

Por lo general, las partículas del suelo se encuentran formando agregados pero se les puede separar - por métodos químicos o mecánicos.

Las partículas tienen diferente composición y es

estructura y, por lo general difieren en tamaño y forma; pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica, cristalina o amorfa. Debido a esto la separación total de las partículas depende de la naturaleza del conjunto. (11)

Prácticamente es inadecuado el método de análisis mecánico sin dispersar la muestra; se logra una buena separación de partículas solamente cuando haya una dispersión total (13).

La dispersión comprende medios mecánicos y químicos. Los medios mecánicos son la agitación en el agua con batidora eléctrica.

Como agentes dispersantes se usan reactivos químicos, tales como: Hidróxido de sodio, carbonato de sodio, oxalato de sodio, pirofosfato de sodio, metafosfato de sodio, etc. se usan para que sea posible.

- 1.- Dispersar los agentes cementantes.
- 2.- Elevar el potencial electrocinético, de modo que los coloides permanezcan dispersos.

DENSIDAD APARENTE:

Este se refiere al peso de un volumen de suelo incluyendo el volumen ocupado por sus espacios porosos.

Se tomo una muestra de suelo seco, o mejor dicho, una muestra de suelo aparentemente seco porque aun contiene la humedad que en forma natural puede tomar del medio ambiente.

Se parte del principio de tomar un volumen de - 60 ml. de suelo depositado en una probeta graduada, se

le dan 30 golpes de regular intensidad, aún cuando está comprobado que la fuerza del golpe no tiene ninguna influencia en cuanto al resultado que puede obtenerse de densidad aparente.

Se lee este segundo volumen que resulta luego de los golpes dados. Se pesa la probeta más suelo; se peso sólo la probeta. Se puede ahora sacar una diferencia de volúmenes.

Conclusión, se tiene ahora un peso y un volumen, todo debe referirse a base seca y puede sacarse la densidad aparente (12).

$$Da = \frac{P e s o}{Volumen}$$

El método de la Densidad Aparente en Probeta no es el mejor; tiene errores que contribuyen a distorsionar los datos obtenidos.

Uno de los que más influyen es la completa mez-cla de la muestra, que de plano es algo difícil de evitar.

Pretendiendo encontrar un dato más exacto de Densidad Aparente, se creo el sistema de Densidad Aparente por medio del martillo. Este incluye:

- a) Cilindros de metal cuyo volumen se conoce.
- b) Botes herméticos para guardar cilindros.
- c) Martillo.
- d) Espátulas
- e) Picetas.

El grado de distorsión que la muestra sufre, es menor por lo que el dato que aquí se obtiene es más cercano a la realidad.

DENSIDAD DE PARTICULA (5):

Este método se realizó con querosina, porque la experiencia ha demostrado que es más exacto (14).

El uso del agua como medio de desplazamiento - puede tener algunos problemas, especialmente con los suelos arcillosos, debido a la atracción de las partículas de arcilla y la moléculas de agua (siendo un líquido polar), se consiguen valores mayores de la densidad de suelo que los obtenidos usando líquidos no polares como xileno y querosina.

Muchos suelos, especialmente los arcillosos, son difíciles de ser humedecidos por el agua y resulta - que se consiguen valores bajos de la densidad. El error causado por eso puede ser muy grande; por lo que se recomienda querosina que humedece con mayor facilidad al suelo.

Para realizar el análisis es necesario contar - con:

- Matraces aforados.
- Balanza con precisión de 0.1g.
- Embudos para polvo
- Termómetro.
- Estufa de 110 grados centígrados.
- Plancha eléctrica
- Limpiadores
- Vaso de 100 a 150 ml.
- Agua destilada y querosina
- Porciones de suelo.

PROCEDIMIENTO: (5)

Debe conocerse el volumen exacto de los matraces aforados, para esto puede emplearse agua a una temperatura dada.

Se determina la densidad de la querosina dada.

Se determina la densidad de la querosina para cada variación de la temperatura para lo cual se prepara un gráfico de densidad de la querosina contra la temperatura.

Se determina luego la densidad del suelo partiendo de que éste debe estar seco hasta donde sea posible.

- 1.- Se pesan 110 gramos de suelo seco, se agregan al matraz aforado, se pesa el suelo más el matraz.
- 2.- Se agregan más o menos 100 ml. de querosina al - suelo y se mezclan bien. Se pone a hervir suavemente y se agita el matraz, se hierve durante 2 o 3 minutos después de iniciada la formación de vapores, para eliminar el aire del suelo.
- 3.- Se deja enfriar el matraz, luego se añade la querosina hasta un poco menos de la marca se mezclan bien los contenidos, se enrasa el matraz, se toma la temperatura e inmediatamente se pesa, con lo cual se obtienen todos los datos para el cálculo respectivo.

$$\text{Densidad real} = \frac{\text{Peso real}}{\text{Volumen}}$$

Sobre el procedimiento de la determinación de la densidad de partícula; hay criterios diferentes sobre el hecho de que algunos expertos opinan que:

- a) Los matraces aforados no deben someterse a temperaturas altas porque con el calor se dilatan y pierden su volumen y luego es difícil que vuelvan a su volumen inicial.
- b) Los matraces aforados si pueden someterse a temperaturas altas, porque el material viene preparado de tal manera que no sufre cambios.

En todo caso, cualquiera que sea el criterio que prive, es conveniente determinar el volumen del matraz para actuar con más seguridad (2).

ESPACIO POROSO:

Perdomo y Hampton (17), hacen mención de que los tamaños relativos de los granos minerales individuales, la cantidad y naturaleza de la fracción orgánica y la condición estructural, influyen en su conjunto la porosidad del suelo.

Los poros entre las partículas individuales del suelo y los agregados, varían en tamaño entre límites relativamente amplios. Los poros capilares varían en dimensiones microscópicas hasta 0.05 mm. Los poros capilares contribuyen a la retención de la humedad del suelo.

Sólo una porción relativamente pequeña del agua retenida en los poros capilares sin embargo, es disponible para las plantas, a causa de que las delgadas películas de agua son atraídas tenazmente a los sólidos del suelo. Las moléculas de gas (aire del suelo) no pueden difundirse fácilmente por los poros capilares y también se retarda la extensión de las raíces.

Para lograr condiciones óptimas para el crecimiento vegetal, que necesita aireación adecuada y movi

miento de humedad, es indispensable que una gran proporción de la porosidad total, sea de tamaño no capilar.

Estudios de muchos suelos han indicado que el es pacio total de poros de suelos productivos está más o menos dividido entre poros capilares y no capilares.- La absorción de agua por el suelo y su movimiento a través del suelo, así como la difusión a la atmósfera del anhídrido carbónico liberado por los organismos del suelo y su reemplazo por oxígeno de la atmósfera dependen todos de la porosidad no capilar del suelo.- El crecimiento de las raíces, e indirectamente la absorción de nutrientes, dependen de la cantidad de poros grandes.

El agua no es fuertemente retenida en los poros no capilares de los suelos, ya que estos poros se usan como canales para el movimiento del agua por el suelo. Bajo condiciones normales de humedad, los poros no capilares se llenan casi completamente con aire aunque una película de agua es retenida adyacente a las paredes de los poros. De resultados obtenidos en experimentos recientes, se ha demostrado que hay una relación íntima entre la porosidad no capilar por un lado y la permeabilidad, contenido de oxígeno, relaciones de humedad, desarrollo de raíces y producción de nitratos, por el otro. A causa de esta relación, la proporción relativa de los poros capilares y no capilares constituye un criterio más adecuado - que el total de espacio poroso para juzgar las condiciones del suelo y crecimiento de las plantas.

Las condiciones estructurales de los suelos dependen hasta cierto punto de la proporción relativa - de partículas primarias del suelo que se asocia, formando agregados estables bastante grandes, y de la re lación existente entre un agregado y otro. La condición del suelo está así mismo influenciada por la po-

rosidad de los agregados individuales y por el tamaño forma, estabilidad y continuidad de los espacios porosos o grietas entre los agregados.

De lo anteriormente expuesto y del análisis de densidad aparente y densidad real, se puede obtener el espacio poroso.

$$\text{Espacio Poroso} = \frac{\text{Densidad Real} - \text{Densidad Aparente} \times 100}{\text{Densidad Real}}$$

CURVAS DE HUMEDAD

Las curvas de humedad de los suelos, son gráfica del contenido de humedad de los suelos construídas en función del contenido de humedad en % y la tensión aplicada por un aparato de presión. En este caso, olla de presión.

La forma como el suelo retiene la humedad, dependerá de aspectos tales como textura, estructura y otros aún cuando es de hacer notar que la estructura y la textura ocupan un lugar primordial en este aspecto.

Como consecuencia del tipo de textura que un suelo posea se determinará el espacio poroso que el suelo tenga, que a su vez influye en cuanto al contenido total de agua. Veamos por qué: Si un suelo es de textura arenosa, el contenido de espacio poroso será menor, naturalmente sus capilares serán mayores; si un suelo es de textura arcillosa, el contenido de espacio poroso es mayor y por consecuencia podrá retener mayor cantidad de agua.

Ocurre que un suelo arcilloso puede retener alto porcentaje de agua, pero ésta no está disponible para la planta. Inclusive la retiene por largos períodos - mientras que un suelo arenoso puede tener bajo porcen-

taje de humedad, cederlo con facilidad y mantenerlo por muy poco tiempo.

En definitiva, las curvas de humedad indican como retiene la humedad el suelo a través del tiempo, es decir, su comportamiento. De ahí su importancia.

Las curvas de humedad se establecen, como ya se dijo, empleando varias tensiones para ello, siendo estas: 0.3, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0 atmósferas.

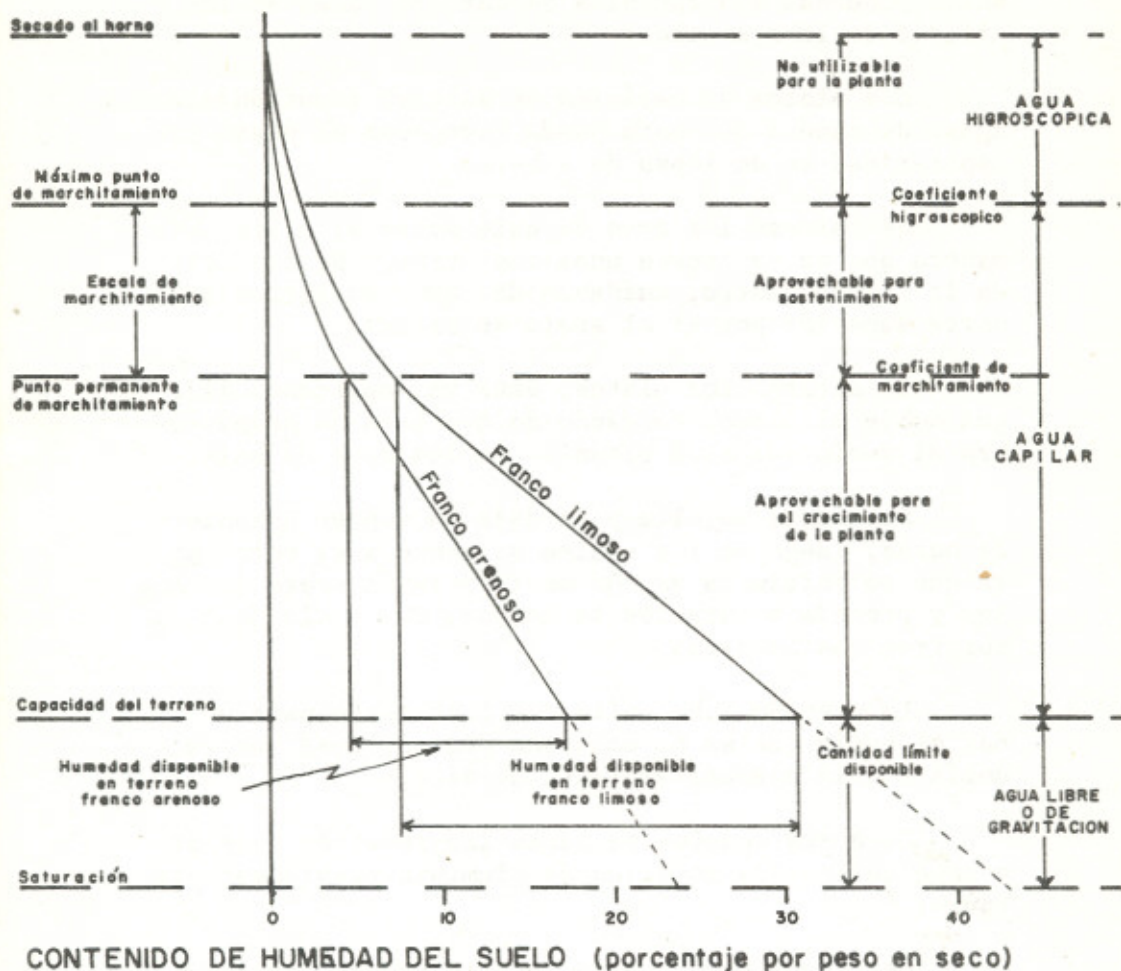
1 atmósfera de presión es equivalente a 14.7 libras/pulgadas².

Estas dan cierta cantidad de puntos que permiten que se construya una curva que represente la forma como el agua se comporta a diferentes presiones y naturalmente permite tener una idea de como distribuir el agua, empleando para ello criterios y técnicas adecuadas en la determinación de parámetros de riego.

El equipo que se requiere es: (12)

- Una olla de presión modificada
- Pequeños anillos de hule
- Motor y tanque para almacenar aire
- Picetas
- Cucharas
- Agua
- Platos de cerámica

TOMADO DE RELACION ENTRE SUELO - PLANTA - AGUA (16)



PROCEDIMIENTO: (12)

Las muestras cuando entran al laboratorio, deben de ser preparadas de manera que queden particulas de suelo pequeñas susceptibles de ser empleadas en los análisis de laboratorio.

Los platos de cerámica se saturan insuflándoles agua, de manera que esta pueda humedecer el plato por capilaridad en un lapso de 1 hora.

Se colocan los aros de hule sobre el plato, de manera que no se toquen unos con otros. Se les coloca la tierra dentro, cuidando de que no llegue a la parte superior por si el suelo se dilata.

Se saturan los platos, esta vez aplicando el agua sobre el plato, cuidando de que ésta no caiga sobre el suelo que está retenido en los aros de hule.

Se cierra la olla y se deja en reposo durante - 24 horas, luego de las cuales se conecta el motor para que se inicie la acción de la presión sobre los suelos y proceda a sacarles la humedad del suelo que a nosotros nos interesa.

La presión debe aplicarse lentamente para no dañar el suelo que se ha colocado dentro, cosa que sucedería con la entrada violenta de aire.

24 horas después se sacan las muestras y se procede a colocarlas en cajas de aluminio previamente taradas.

Se coloca en un horno, previa pesada, se dejan 12 horas y se pesan nuevamente para que por diferencia de pesos pueda determinarse el contenido de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{P. S. H.} - \text{P. S. S. H.}}{\text{peso suelo seco}} \times 100$$

Para cada una de las presiones debe seguirse un procedimiento similar, ya que lo único que varía es el resultado que se va a obtener.

DISCUSION

Cuando se trata de establecer el por qué de cada uno de los resultados y la forma como influye en el análisis de los resultados, es provecho encontrar cual es la causa que motiva ese por qué.

Punto número 2: profundidades 0-5 y 5-22 cms. - Ambas profundidades tienen una textura Franco Arcillosa. Se puede notar que tienen diferencia en cuanto a su contenido de humedad, que es de 34.72% para la profundidad de 0-5 y de 29.60% para la profundidad de 5-22. Si se hiciera un análisis en función de la humedad equivalente y la densidad aparente, ocurriría que sería ilógico que tal situación se presentara, por que la densidad aparente es mayor para la segunda profundidad, lo que implica tener un mayor contenido de arena dando una densidad mayor y por ende menor retención de humedad.

Ocorre entonces que al observar los contenidos de arcilla, limo y arena; en el primero se tienen 34.38% de arcilla contra 37.64% del segundo, mientras que la arena también aumenta con disminución del limo, lo que termina de afirmar lo relativo a la densidad aparente, pero no así en la densidad de partícula que es un dato más real, y como tal se observa con un valor mayor, debido precisamente al aumento de arena.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

BIBLIOTECA

DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

Por otro lado se nota un mayor contenido de limo en la profundidad de 0-5 cms. que puede contribuir a incrementar el contenido de humedad.

Pero aún debe tomarse en consideración el contenido de arena que en definitiva es la que permite que haya una mayor infiltración como consecuencia de su tamaño de partícula, baste para ello que es mayor de 1mm.

Otro de los elementos que contribuye a incrementar el contenido de humedad, es el porcentaje de materia orgánica, que es del 5.38 y no así su coeficiente higroscópico por el hecho de tener la segunda profundidad un contenido mayor de humedad, pero esto es como consecuencia del contenido de arcilla.

La estructura de estos suelos, para la primera profundidad, es de bloques subangulares pequeños, moderadamente desarrollados y para la segunda profundidad es de prismas gruesos, muy fuertemente desarrollados.

Ello da un drenaje deficiente y éste es más acentuado en la segunda profundidad por el mayor contenido de arcilla que posee.

En cuanto a su análisis químico es normal y no hay indicios de que pueda ocurrir algún trastorno como consecuencia de los resultados obtenidos.

La conductividad eléctrica del extracto de saturación es de 0.92 Mmhos/cm. lo que contribuye a afirmar lo antes dicho, unido al hecho de que el Manual 60 (15) establece que un suelo que no llega a 2 Mmhos/cm. su salinidad es despreciable, como consecuencia de que aún no incide en el rendimiento de las cosechas, en la limitación de los cultivos, ni en las características físicas del suelo.

Se puede concluir diciendo que su curva es de las que se puede llamar normales porque no observa cambios

bruscos en su conformación, siguiendo la tendencia característica de la textura franco arcillosa.

Punto número 3: profundidad 0-15 y 15-45 cms. Estos tienen una textura franco arenosa y una estructura en bloques sub-angulares, débilmente desarrollados, para la primera profundidades y para la segunda, moderadamente desarrollados. Esto puede deberse a que sus contenidos de limo y arena son más o menos parecidos, pero no ocurre lo mismo con el contenido de arcilla, en el que la segunda profundidad tiene 3 por ciento, más - que incide en que los bloques hayan alcanzado un desarrollo mayor, por la capacidad cementante de la arcilla, este material (arcilla) también contribuye para - que la segunda profundidad obtenga una capacidad de campo mayor.

Cuando se toma en cuenta el espacio poroso, también se nota que se manifiesta en mayor porcentaje en la segunda profundidad siendo ésta de 46.23 por ciento contra 37.79 por ciento de la segunda profundidad, como consecuencia de su contenido de arcilla.

Sin embargo, su densidad de partícula no es diferente mil pero sí su densidad aparente, que en la primera - profundidad tiene 1.6759 y la segunda 1.4352.

Esto ocurre por el hecho de tener la profundidad de 0-15 cm. menor espacio poroso y la segunda mayor, - circunstancia que hace que la primera sea más pesada. - La circunstancia de tener un porcentaje alto de arena para ambas profundidades los hace sumamente permeables y de ahí el por qué de su baja capacidad de campo.

En cuanto a su contenido de materia orgánica, permanece más o menos pareja para ambas profundidades por que su diferencia es de 0.33 por ciento que no influye en mayor grado en los sub-horizontes en cuanto a los - resultados obtenidos. La consistencia que se presenta en ambos es un poco diferente, siendo para la primera

profundidad suave en seco, muy friable en húmedo, en la segunda profundidad es duro en seco y friable en húmedo, ello es consecuencia del mayor contenido de materia orgánica de la primera profundidad y una presencia mayor de arcilla en la segunda.

La materia orgánica, mejora la consistencia en su mo grado y la arcilla también lo hace, pero no con la intensidad de la materia orgánica.

Cuando se observan los datos de pH, se observa que el primero es de 7.8 y el segundo de 8.3. La diferencia no es muy grande y puede ser como consecuencia del contenido de calcio y la presencia de carbonatos que es bastante alta en la segunda muestra. En el caso del calcio la primera muestra posee 7.82 meq/100g la segunda 16.56 que unido a los demás cationes aumenta su pH.

Su capacidad total de intercambio es baja, pero esto sucede por el bajo contenido de arcilla que provoca que los cationes detectables se encuentren en bajas cantidades, empero aún aquí puede notarse que el CTI aumenta en la medida que aumenta el contenido de arcilla.

El hecho de que se encuentre un pH, mayor de 8 y el otro llegando a 8 no debe ser motivo de alarma porque, como ya se dijo, esto puede ser una consecuencia del contenido de calcio. Amén de que la conductividad eléctrica es baja y no puede ser factor que determine lo alto del pH, es conveniente aclarar que comienza a afectar arriba de 2 Mmhos/cm. pero no en suelos que son permeables y profundos.

Para concluir se establece que la curva de ppm es bastante normal, y que es consecuencia de los datos obtenidos siendo éstos normales.

Punto número 7: profundidades 0-25 y 25-60. Es-

tos suelos tienen una textura arcillosa, esta condición permite que tengan alta capacidad de retención de humedad.

La capacidad de campo de estos suelos es bastante alta, la primera profundidad 41.72% y la segunda - 46.22%, siendo una consecuencia directa del contenido de arcilla que es de 56.27% y 58.22% para la primera y segunda profundidad respectivamente.

La estructura para la primera y segunda profundidad es en prismas medianos, fuertemente desarrollados. Esta característica se debe también a las altas cantidades de arcilla debido a que la arcilla tiene una alta capacidad cementante, de otra manera esta estructura no estaría tan fuertemente desarrollada. Debe mencionarse que la materia orgánica mineralizada posee la cualidad de ser cementante.

La característica de permeabilidad, para las dos profundidades es muy lentamente permeable, condición - dada por la estructura y consistencia de este suelo - que es muy dura a extremadamente dura y firme a extremadamente firme, característica que da al suelo una - fuerte cohesión, creando condiciones de microporo muy grande que evita la circulación del agua y el aire.

La diferencia se debe a que la segunda profundidad tiene un contenido mayor de arcilla y un contenido menor de arena.

La densidad aparente es bastante similar para ambos suelos, por tener la arcilla la cualidad de ser homogénea, igualmente ocurre con la densidad de partícula y también es por la misma razón.

La materia orgánica está dentro de los límites - que se puede decir son bajos por lo que su influencia, no se deja sentir con mucha facilidad.

El desarrollo de su curva es adecuado para ambas profundidades y se correlacionan, así como dan una respuesta característica de los suelos arcillosos cuando son sometidos a las diferentes tensiones en los aparatos de presión.

En cuanto a su pH, para la primera profundidad es de 7.00 y para la segunda 8.2. Esta diferencia se debe a que el segundo horizonte tiene mayor contenido de calcio, que es de 27.92 contra 20.56 de la primera, así como también un mayor contenido de sodio que es de 5.19 contra 1.13, todo ello en los cationes intercambiables.

Estos influyen para que el pH, alcance esos niveles. No obstante la conductividad eléctrica es baja para ambos puntos como consecuencia del bajo contenido de cloruros.

Punto número 12, profundidades 0-10 y 10-28. Estos tienen una textura franca. Sus contenidos de arcilla, limo y arena son bastante normales, en cuanto a los contenidos ideales de estos materiales para la textura a la que representan. Esta misma condición permite que los suelos retengan un relativo alto contenido de humedad que es de 24.66 por ciento y 25.10 por ciento, respectivamente. El hecho de poseer esta textura original que a la vez que se almacena buena cantidad de agua y una adecuada porosidad, la que está en exceso - pueda drenar libremente como consecuencia de su 42.07 y 37.02 por ciento de limo así como del 39.84 y 36.71 por ciento de arena.

Su estructura es en bloques sub-angulares, medianamente desarrollados condición que facilita que lo dicho anteriormente se presente.

Este tipo de estructura se encuentra en terrenos de fácil laboreo, debido a su alto porcentaje de espa-

cio poroso 40.03 y 40.55 respectivamente, ya que un adecuado espacio poroso para el desarrollo radicular se considera alrededor de 40 por ciento.

Otra de las características es de que el suelo -cede con gran facilidad el agua a las plantas, hecho que facilita su desarrollo y nutrición.

El alto contenido de espacio poroso es una consecuencia del contenido de arcilla, limo y arena y a la forma como éstos están distribuidos.

En cuanto a su consistencia ésta es ligeramente dura en seco y en húmedo para la primera profundidad y ligeramente friable en seco y en húmedo para la segunda profundidad. Se debe a la diferencia de contenidos de arcilla, pues mientras la primera profundidad posee 18.09 por ciento la segunda posee 26.27 por ciento. Esta diferencia de 8 por ciento provoca que esta condición -se presente, y como puede notarse, cada elemento analizado, al momento contribuye para que el suelo manifieste las características enumeradas anteriormente.

En cuanto a su densidad aparente, para ambas profundidades es bastante similar al igual que la densidad de partículas, todo ello a causa de su adecuada distribución de arcilla, limo y arena.

El contenido de materia orgánica es relativamente mayor para la segunda profundidad que para la primera, es decir 1.92 por ciento contra 2.12 por ciento, esta materia orgánica es más alta para el segundo horizonte debido a que ha sido lixiviada del primero por ser más permeable, condición que le confieren los porcentajes de limo y arena. Naturalmente que unida a la arcilla si puede incidir para que la segunda profundidad retenga un poco más de humedad y pueda comprobarse a través de todo el desarrollo de la curva de retención de humedad, en las que cada una de las tensiones

empleadas dieron porcentajes de humedad que se correlacionan.

El pH, es cercano al neutro y es de 7. - a 6.6.- Es poca la diferencia entre ellos, 0.4, debido a que los resultados de los análisis de cationes intercambiables son normales y equiparados los contenidos de materia orgánica.

Ni los cationes intercambiables ni la materia orgánica pueden provocar cambios en el pH, por lo expuesto antes se termina de afirmar todo ello cuando se tienen datos de conductividad eléctrica que no pueden incidir en mayor pH en el extracto de saturación.

Punto número 20, profundidades 0-10 y 10-43 cms. Posee una textura arcillo-arenosa. Sus contenidos de arcilla, limo y arena están dentro de los límites ideales para esta clase textural.

La primera profundidad retiene 17.05 porciento - de humedad a 1/3 de atmósfera, mientras que la segunda profundidad retiene 20.46 porciento a la misma tensión y como puede verse hay una diferencia de 3.41 porciento.

El espacio poroso para la primera profundidad es de 38.47 porciento, para la segunda es de 41.90 porciento, observando estos datos del espacio poroso, puede comprenderse el por qué de una mayor retención de agua en la segunda profundidad, es decir, que es consecuencia de poseer mayor cantidad de volumen desocupado dentro del suelo, está en capacidad de almacenar mayor cantidad de agua a una tensión de 1/3 de atmósfera o lo - que es lo mismo su capacidad de campo.

La estructura que poseen las dos profundidades - es en bloques sub-angulares medianos, moderadamente desarrollados. Quiere esto decir que es un suelo de fá-

cil laboreo y que permite que las plantas puedan crecer con facilidad. También esta estructura favorece la existencia del espacio poroso en el suelo, que ayuda a otro aspecto importante que es la permeabilidad, que dicho sea de paso, en estos suelos es ligeramente permeable. Esta condición hace que el suelo pierda lentamente el agua, circunstancia que puede favorecer la existencia de las plantas.

Se analizan las curvas de humedad del suelo en las diferentes tensiones a que fueron sometidos, ya - que su evolución es altamente constante y ordenada.

Su consistencia para la primera profundidad es ligeramente dura en seco y en húmedo. Para la segunda profundidad, tanto en seco como en húmedo es ligeramente friable. Esto es una consecuencia del mayor contenido de limo y arena de la segunda profundidad, la que favorece que los suelos sean más friables. Toda esta serie de elementos, aún cuando se han visto en cierto modo separados, ya integrados proporcionan una serie de características deseables en el suelo.

La correlación que existe entre la densidad aparente y la densidad de partícula es adecuada lo que - viene una vez más a facilitar la comprobación de lo a firmado anteriormente.

En cuanto a sus análisis químicos, los niveles que mantienen los cationes intercambiables son adecuados y no pueden causar trastornos en cuanto a su acción en el suelo. El contenido sodio está a 0.18 y - 0.20 meq/100g. respectivamente, que son niveles que no tienen nada de anormal.

La conductividad eléctrica por lo consiguiente, no puede provocar ningún trastorno debido a que se ne cesitaría que llegara a estar arriba de 2 Mmhos/cm. pa ra que provocara trastornos en el suelo y puesto que

tiene 0.36 y 0.22, no habrá ningún problema.

Su pH está cercano al neutro y esto puede ser - consecuencia de que tanto los cationes intercambia- bles como los cationes solubles, están en cantidades tales que no provocan variaciones altas en pH.

Punto número 80; profundidad 0-23 y 23-40 cm.

La textura que este suelo tiene es arena franca. La distribución de sus componentes responde en forma clara a la textura que presenta.

Para ambas profundidades la capacidad de campo es baja, es decir la humedad retenida por el suelo a 1/3 de atmósfera está determinada en este caso por el contenido de arena de la clase textural que es de - 77.17 por ciento y 83.0 por ciento respectivamente.

El alto contenido de arena facilita el que exis ta una alta permeabilidad del suelo, característica - que se presentó en el campo y de ahí porqué estos sue los no pueden retener buena cantidad de humedad.

La consistencia del suelo, tanto en seco como en húmedo para ambas profundidades es suelto, caracte- rística que está influida por el contenido de arena - del suelo.

El espacio poroso es bastante amplio por el he- cho de ser macroporo, que no retiene alto volumen de agua y también como consecuencia del contenido de are na y por ende su espacio aéreo lo será.

La primera profundidad tiene un contenido mayor de humedad debido a que posee menor contenido de are- na porque como ya se ha visto la arena facilita la - permeabilidad del suelo, unido a la cantidad de limo que posee que comparativamente es casi 100 por ciento

más que el contenido de la segunda profundidad.

La Densidad de partícula es un poco mayor en la segunda profundidad, que también es consecuencia de la arena no así su densidad aparente que es mayor en la primera profundidad y está es provocada por un menor espacio poroso que la muestra de suelo tiene.

En cuanto a su contenido de materia orgánica hay una pequeña diferencia, siendo el contenido de la primera profundidad un poco mayor que el de la segunda lo que motiva el que a través del desarrollo de la curva de humedad el comportamiento de ésta sea más uniforme y a medida que está sujeta a mayores tensiones conserve mayores porcentajes de humedad, naturalmente con las disminuciones que ocurren a mayores tensiones.

Su pH es bastante similar siendo de 7.0 y 7.3 para la primera y segunda profundidad. La segunda profundidad tiene un pH ligeramente más alto, como consecuencia de su mayor contenido de cationes intercambiables.

Su capacidad total de intercambio es bastante baja, pero eso se debe más que todo al contenido y al tipo de arcilla que posee.

En este punto se presenta un hecho interesante y es el de que siendo en sus dos profundidades de textura arenosa y teniendo un alto grado de permeabilidad - coherente al hecho de poseer un pH cercano al neutro, así como tener relativamente bajo contenido de cationes intercambiables, posee un alto contenido de cationes y aniones solubles; particularmente el magnesio y sodio, dentro de los cationes solubles y cloruros dentro de los aniones, que unidos dan una conductividad eléctrica de 3.18 Mmhos/cm. lo que lo sitúa como un suelo cuya conductividad eléctrica es dañina para los suelos y naturalmente para los cultivos que allí se implanten.

Resulta importante hacer notar que esta muestra teniendo un pH bajo y cantidades pequeñas de cationes, es decir, baja capacidad total de intercambio posee una conductividad eléctrica alta, lo que ocurre en estos casos, es de que estos suelos poseen alto contenido de sodio que puede bajar el pH y aumentar la conductividad el que en la pasta saturada se hayan encontrado regulares cantidades de cloruro, que pueden ser provocados por la evaporación del medio.

Punto número 1; profundidades 0-20 y 20-40 cms. Estos suelos poseen una textura franco limosa, son suelos que tienen un alto contenido de limo siendo este de 54.61 por ciento respectivamente. También el contenido de arena es relativamente alto.

El contenido de humedad o capacidad de campo de la primera profundidad es menor que el de la segunda, y como consecuencia del menor contenido de arcilla y limo, que como puede notarse para este caso son determinantes para el contenido de humedad que el suelo retiene. Su estructura es en bloques sub-angulares, débilmente desarrollados. Esta característica la posee por el contenido de arcilla que es bajo y porque el limo no es un material tan cementante como el anterior.

Su consistencia es friable en seco como en húmedo, lo que permite que tenga una adecuada permeabilidad, que no manifieste encharcamientos y que un buen porcentaje de agua retenida pueda ser disponible para las plantas.

El espacio poroso es grande y se debe a la distribución de contenido de arcilla, limo y arena, que integrados nos dan también la densidad aparente y la densidad de partícula.

La densidad de partícula para la segunda profun

didad es un poco más alta que para la primera por tener un contenido de arcilla y limo mayor; ahora bien, la densidad aparente ocurre a la inversa por tener la primera profundidad un contenido mayor de arena.

El mismo hecho de tener alto espacio poroso es originado por las densidades enunciadas antes y permite que pueda alojarse como agua gravitacional un buen porcentaje de ella, lo que permite pensar que pueda contribuir en cierto grado a la retención de la humedad en el suelo por más tiempo. En la segunda profundidad el contenido es un poco mayor, cabe suponer que es por la penetración de ésta a los horizontes inferiores por acción del agua que se infiltra. El desarrollo de sus curvas de humedad es normal puesto que responde a las tensiones a que fue sometido el suelo, y por ello su conformación es adecuada. Su pH alto, es una consecuencia del material origen y el alto contenido de cationes intercambiables que es de 9.65 y 13.44 meq/100g para el calcio y 4.0 y 5.89 meq/100g. para el magnesio.

En cuanto a su análisis químicos, los resultados que se obtuvieron no son perjudiciales para el suelo y por ende no debe preocupar su contenido.

Su conductividad eléctrica es normal no puede ese nivel de 0.49 y 0.46 Mmhos/cm. perjudicar el desarrollo de las plantas.

Al observar detenidamente las curvas de ppm, se aprecia la diferencia que en su conformación tiene cada una de ellas y de hecho la clase textural provoca esta variación, como consecuencia de las distintas cantidades de los materiales arcilla, limo y arena. Cada una responde no a una forma caprichosa sino a la mayor o menor cantidad de partículas que de cada clase posee.

De la misma manera, ocurre con la lámina de agua, encontrando una variación enorme de requerimientos que

van desde 0.034 mts. hasta 0.205 mts., como puede notarse, el rango es bastante amplio por el hecho de pertenecer cada una de estas láminas de agua en su punto mínimo a una textura arenosa y en su punto máximo a una textura arcillosa. En definitiva cada clase textural da un requerimiento de lámina de agua congruente con el mayor contenido del material dominante.

En cuanto a la frecuencia de riego, ésta será un producto directo a la lámina de agua y naturalmente será conclusión del análisis pormenorizado que se hizo de la lámina de agua (lámina de riego).

La serie de cuadros que acompañan el presente trabajo, permiten realizar los razonamientos expuestos en la presente discusión y que llevan implícito el propósito de determinar como punto final, la lámina de agua y la frecuencia de riego para los proyectos Llano de Piedras y San Cristóbal Acasaguastlán.

Como ya se hizo notar anteriormente no puede establecerse un promedio que permita determinar en forma global la cantidad de agua requerida, porque para cada clase textural deberá hacerse un cálculo particular de su requerimiento y será ésta la forma técnica, en el momento actual más adecuada. En pocas palabras los análisis corresponden a unos pocos puntos y en ningún momento pueden generalizarse para todos los proyectos.

CONCLUSIONES

En la realización del presente trabajo, se analizaron muestras de suelos, con las siguientes texturas: Franco Arcilloso, Franco Arenoso, Arcillas, Francos, - Franco Arcillo Arenoso, Arena y Franco Limosos; provenientes de los Proyectos Llano de Piedras y San Cristóbal Acasaguastlán.

Las muestras son representativas del área y se trató básicamente de establecer las diferencias que habían entre las clases texturales, en cuanto a sus características físicas y el comportamiento del agua de acuerdo a dichas características.

La discusión se basó en las diferentes clases texturales ya mencionadas y naturalmente en los resultados de los análisis que de cada muestra hubo.

- 1) Cada uno de los suelos tiene diferentes capacidades de retención de humedad a $1/3$ de atmósfera, variando éstas desde 7.47 en el suelo arenoso hasta 46.22 por ciento de arcilla.

A medida que los suelos tienen una textura más pesada, la evaporación del agua retenida es más lenta, porque el proceso capilar del agua a la superficie es lento. Inversamente, la velocidad de evaporación es alta en los suelos en los que el agua se infiltra con facilidad, es decir, en este caso suelos con alto contenido de arena.

Lo dicho anteriormente se comprueba a medida que se observan suelos cuyos contenidos de arcilla son altos. El caso del punto 7, que tiene un alto contenido de arcilla, tienen una retención de humedad de 46.22 por ciento para $1/3$ de atmósfera, 39.26 para 1 atmósfera, para 2 atmósferas, 29.05 por ciento, para 5 atmósferas, 25.21 por ciento pa-

ra 10 atmósferas y 23.10 por ciento para 15 atmósferas.

Por supuesto, aún cuando el alto porcentaje de humedad del suelo se conserve a 15 atmósferas, esa agua no está disponible para las plantas, como consecuencia de que ese suelo ya está en su P.P.M.

Por otro lado los suelos arenosos tienen 7.47 por ciento para 1/3 de atmósfera, 4.99 por ciento para 1 atmósfera, 4.55 por ciento para 2 atmósferas, 4.12 por ciento para 5 atmósferas, 3.74 por ciento para 10 atmósferas y 3.63 por ciento para 15 atmósferas.

En este caso, los contenidos de humedad son bajos, la evaporación es alta y por ende la planta no puede aprovechar en mayor grado el agua.

Entre estos dos extremos hay una gama de puntos que representan diferentes contenidos de Arena, Limo y Arcilla. Como puede observarse, es la textura la que determina básicamente la cantidad de agua que en suelo puede retener, en función de ella y el contenido de M.O. se manifiesta la estructura y los demás elementos físicos del suelo.

- 2) La materia orgánica es otro de los elementos que contribuye bastante para la retención de la humedad, puede retener varias veces su peso, así como también es un eficiente vehículo de mejora para la estructura y labranza del suelo.

Los suelos arcillosos se sueltan por la adición de la Materia Orgánica y de ese modo, se airean mejor, lo que significa mejores condiciones para

el desarrollo de microorganismos y las raíces de las plantas.

La adición de Materia Orgánica a un material erosionado lo transforma de una masa inerte, en un suelo viviente, esta adición conduce a la agregación de las partículas minerales en partículas compuestas. El suelo adquiere así una estructura porosa, que hace posible el movimiento del agua y el aire.

El punto 2 con sus contenidos de 5.38 por ciento, y 3.28 por ciento de materia orgánica para sus dos profundidades, presentan un ejemplo claro de lo expuesto, ya que son estos contenidos de materia orgánica, los que aumentan en sumo grado el contenido de humedad y espacio poroso del suelo.

- 3) Los cloruros de sodio, calcio y magnesio se manifiestan en el suelo cuando se determinan los aniones en la pasta saturada.

Grandes cantidades de cloruros causan daño en el suelo, por el hecho de afectar la disponibilidad de agua para las plantas. Suelos con textura gruesa, pueden ser lavados con facilidad si este caso se presenta.

- 4) Cada una de las curvas de humedad, responde en forma clara al mayor o menor contenido, de la partícula textural que sea dominante en la muestra; (arcilla, limo, arena) y también la materia orgánica.
- 5) La capacidad total de intercambio aumenta en proporción directa al contenido de arcilla en los -

suelos. La materia orgánica también aumenta esa capacidad total de intercambio; y se considera - que 1 gramo de ella puede incrementar esa C.T.I. en más o menos 2 meq, siendo este aumento de la materia orgánica del ión H^+ .

- 6) La densidad aparente del suelo está determinada por el material de la muestra que sea dominante. Pudiendo ser éste, Arcilla, Limo, Arena y la materia orgánica. Será menor si su contenido de arena es bajo; lo mismo ocurrirá si el porcentaje de materia orgánica es alto.
- 7) El espacio poroso es una consecuencia directa de la densidad de partícula y la densidad aparente. Este será mayor o menor dependiendo del valor de la densidad de partícula que generalmente gira - alrededor 2.6 g/c.c. que es el peso promedio del cuarzo.
- 8) La permeabilidad de los suelos está en función - directa del contenido de arcilla. En la medida que la arcilla disminuye la permeabilidad será mayor.
- 9) Las constantes físicas del suelo actuando en forma integrada, son las que determinan las características del suelo.
- 10) El comportamiento del suelo en el momento de aplicarle el agua, estará determinado en todo momento por las características físicas del suelo.

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la capacidad de retención de agua de los suelos, así como su facilidad de laboreo es conveniente hacer incorporaciones fuertes de materia orgánica, (humus o abonos verdes).
2. En la medida de lo posible debe establecerse un control eficiente del agua que se aplica en los lugares de riego para evitar la acumulación de sales.
3. En los suelos que tienen adecuada permeabilidad y tengan problemas de sales debe planificarse lavados sistemáticos que permitan el lavado de éstas.
4. En los suelos cuya permeabilidad es baja, debe planificarse una red de drenaje para prevenir la acumulación de sales dentro del área de riego.
5. Para mejorar la capacidad total de intercambio de los suelos es conveniente agregar desechos orgánicos en altas cantidades.
6. Efectuar chequeos cada cierto tiempo de las curvas de humedad, para establecer el grado de variación que ha ocurrido con el laboreo y la adición de desechos orgánicos.
7. Para mejorar las condiciones de labranza del suelo y romper su estructura la rotación de cultivos es adecuada.
8. Para mejorar la permeabilidad de los suelos es

conveniente agregar materia orgánica, así como e
fectuar trabajos de laboreo profundos.

9. El agua que debe aplicarse al suelo, debe estar en función de los requerimientos de éste y toman do como base la curva de humedad.
10. Para que la frecuencia de riego pueda mantenerse o modificarse, según la necesidad deberá tomarse muestras periódicas de suelo, para determinarles capacidad de campo y punto permanente de marchi-
tamiento.
11. Para racionalizar el riego, debe elaborarse cur-
vas de humedad, en la medida de lo posible para cada clase textural.

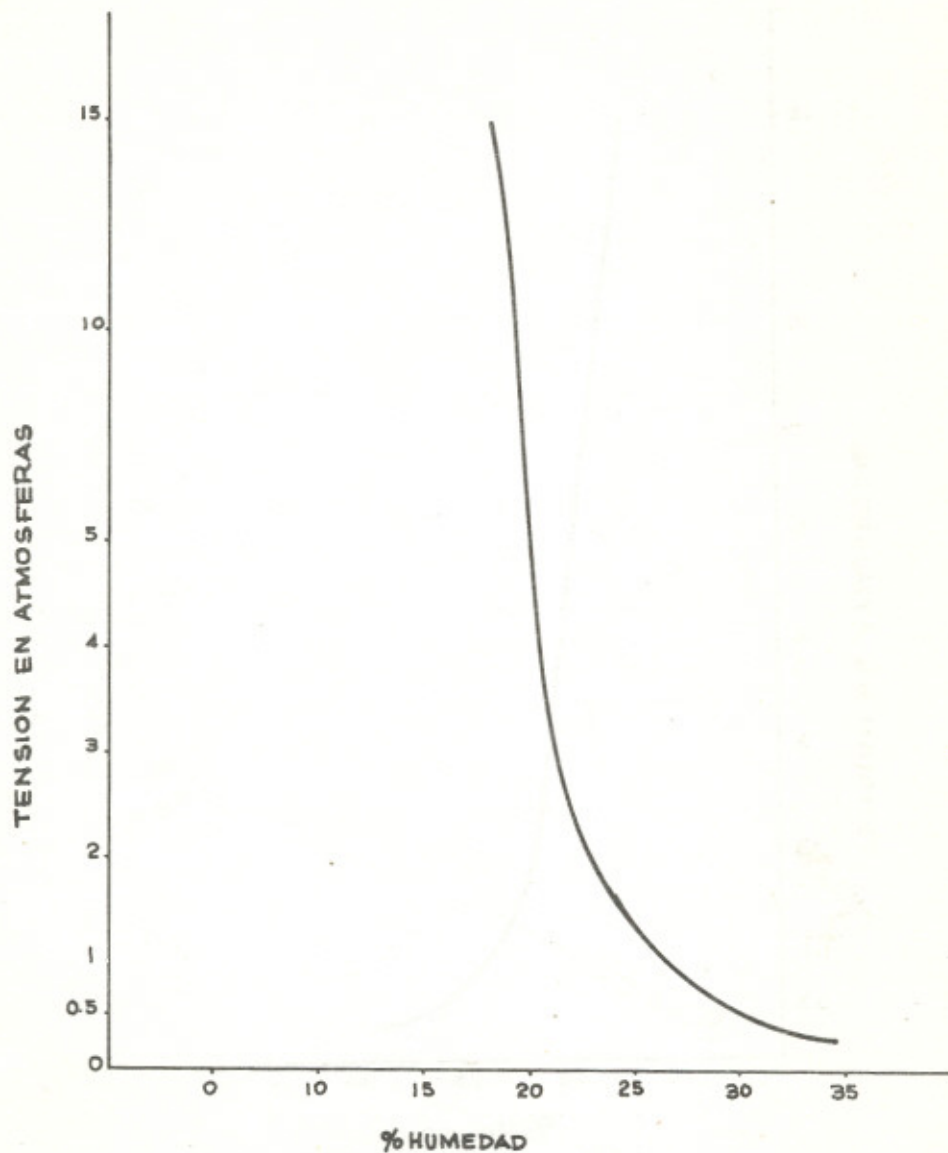
B I B L I O G R A F I A

1. ALBAREDA, JOSE MARIA, HOYOS DE CASTRO ANGEL. E-dafología, Sociedad de Traductores y Autores Madrid, 1961. 338 pag.
2. BRAEUNER MARIO Ing. Consultas Personales.
3. BUCARO GUSTAVO. Determinación de ETP y Balance Hídrico de los Distritos de Riego San Jeróni-mo, Asunción Mita, Catarina, La Fragua y Mon-jas. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agro-nomía. Guatemala 1974.
4. COLECCION INGENIERIA DE SUELOS No. 1. Relación entre Suelos-Planta-Agua. Editorial Diana,-2a Edición. México 1973.
5. FORSYTHE, WARREN. Curso de Física de Suelos. - IICA. Turrialba, Costa Rica. Mimeografiado, 10 pag.
6. GUNDERSEN, WILAND. Curso de Riegos. Facultad de Agronomía. Guatemala, 1974.
7. GAVANDE, SAMPAT A. Física de Suelos, Principios y Aplicaciones. 2a Edición. México. Diana 1970.
8. HALL, A.D. Estudio Científico del Suelo. Tradu-cido de la 3a Edición Inglesa por José Gar-cía. Madrid, Ediciones Aguilar S.A. 1956.
9. ISRAELSEN, ORSON W. Principios y Prácticas del Riego. Traducido de la 4a Edición Norteame-ricana por Alberto García Palacios, José An-tonio Ortiz y Fdz de Urrutia. Barcelona, Edi-torial Reverte. 1963.

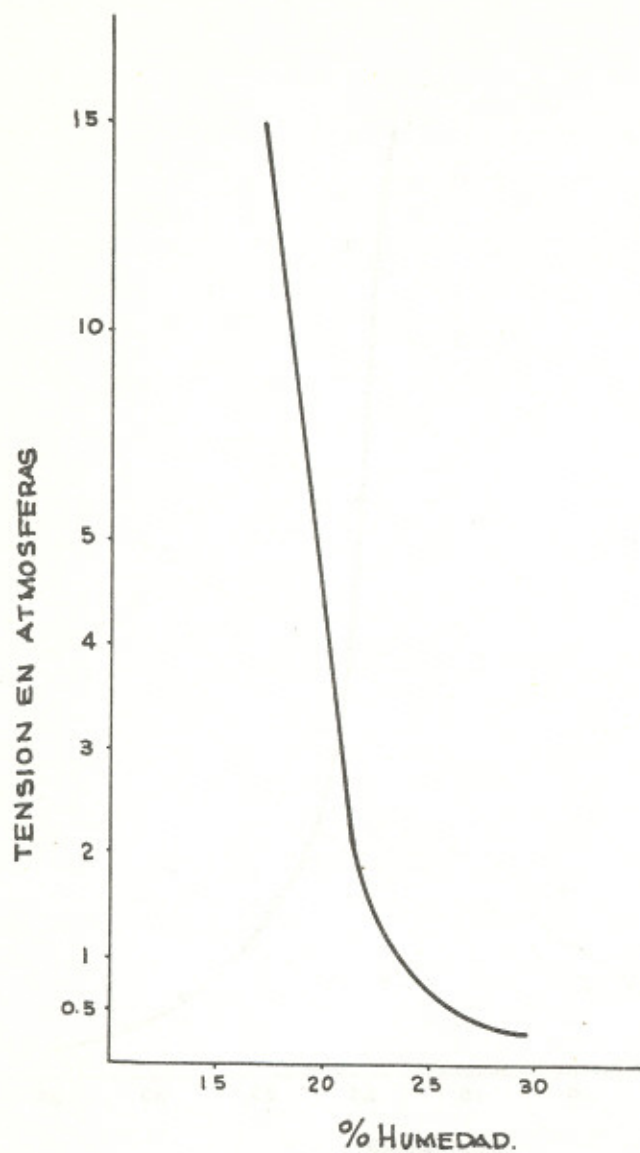
10. MELA, MELA, PEDRO. Tratado de Edafología y sus distintas aplicaciones. Editorial Dossat S. A. Madrid 1963.
11. MILLER C.E. et al. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Traducido del Inglés por Angel Reinoso F. México, Editorial Continental. - 1967.
12. MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. División de - suelos de DIRENARE. Guatemala 1970. 200 pag.
13. MAZARIEGOS ANLEU, FRANCISCO. Curso de Física - de Suelos. Facultad de Agronomía. Guatemala. Mimeografiado. 51 pag.
14. _____ Consultas Personales.
15. MANUAL 60. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Traducido de la 3a E edición en Inglés por Nicolás Sánchez. México Editorial Venecia S.A. 1963.
16. SAMUELSON, PAUL A. Curso de Economía Moderna.- Traducida de la 16ava. Edición en Ingles por José Luis Sampedro. Madrid, Editorial Aguilar S.A. 1969.
17. PERDOMO, RODOLFO & HAMPTON H.E. Ciencia y Tecnología del Suelo. Editorial Universitaria. Primera Edición. Guatemala 1970.

A P E N D I C E

PUNTO No. 2 0-5 cm
TEXTURA: FRANCO ARCILLOSA

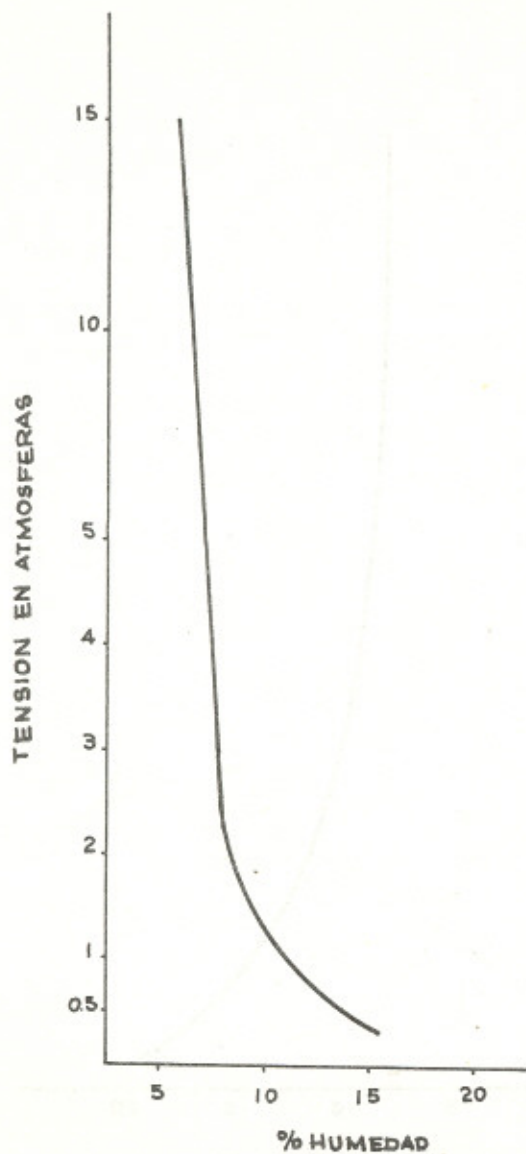


PUNTO No. 2 5-22 cm
TEXTURA: FRANCO ARCILLOSA

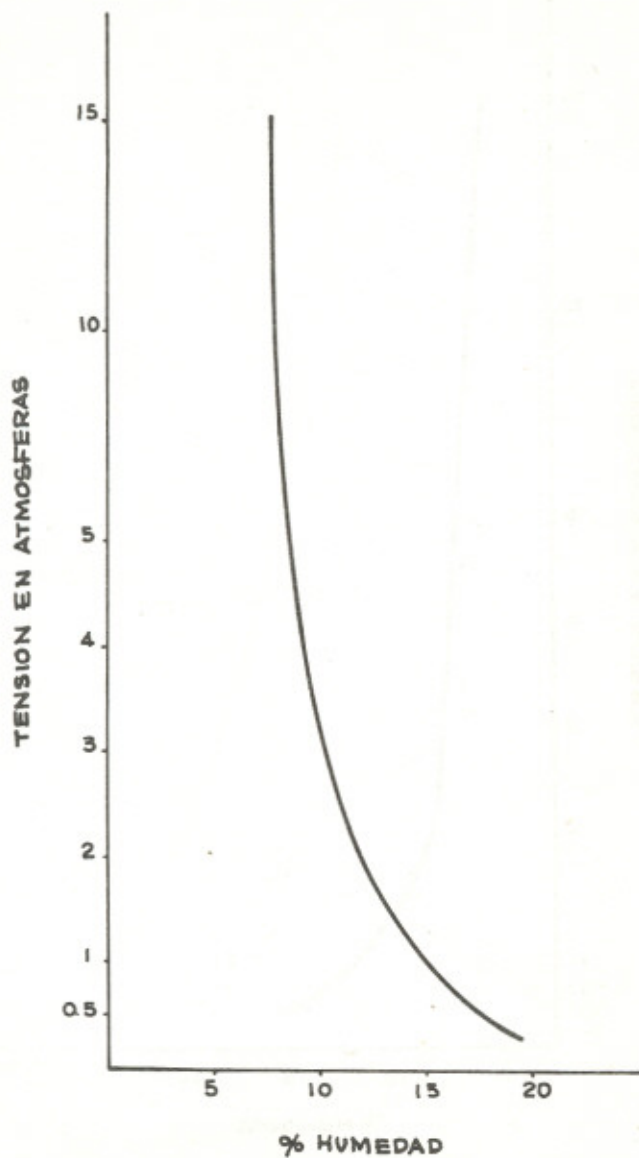


PUNTO N. 3 0-15cm.

TEXTURA: FRANCO ARENOSA

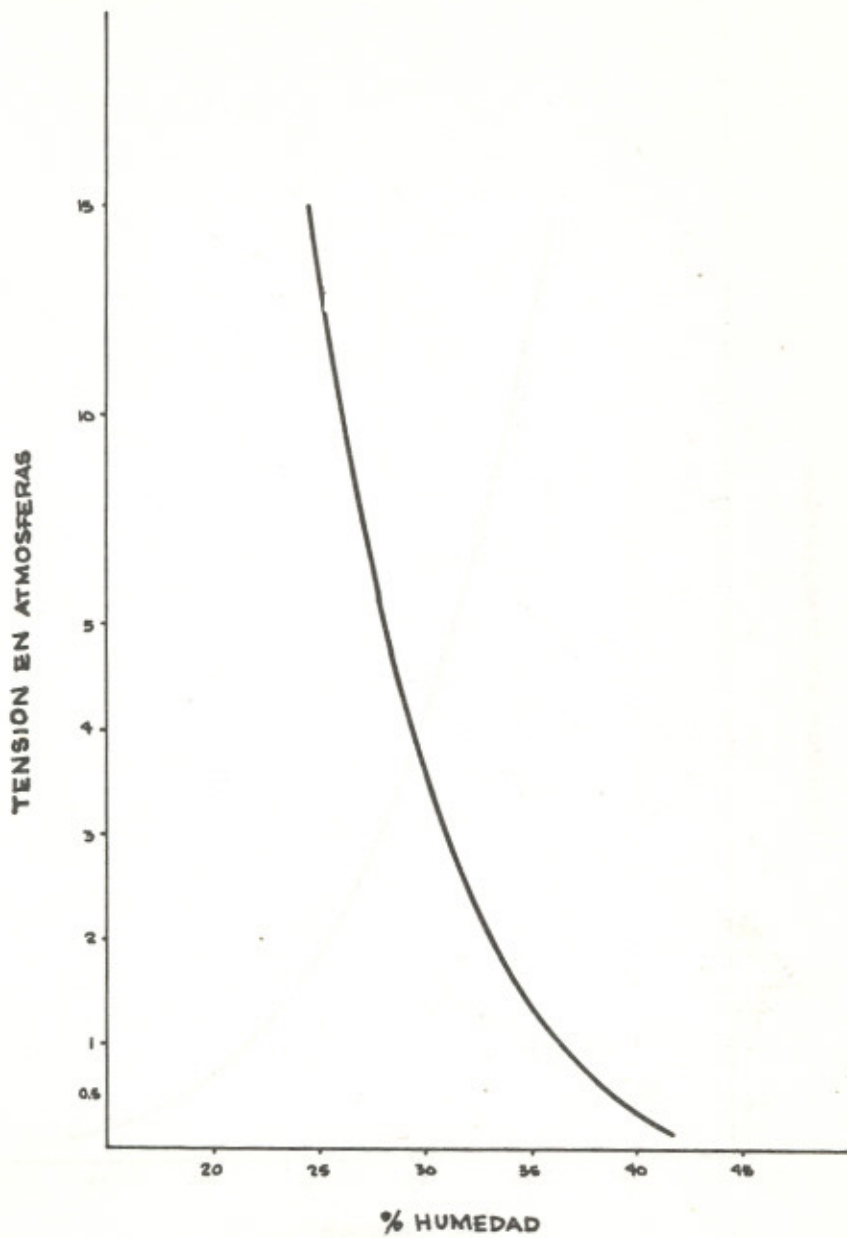


PUNTO L_b. 3 15-45 cm.
TEXTURA: FRANCO ARENOSA.



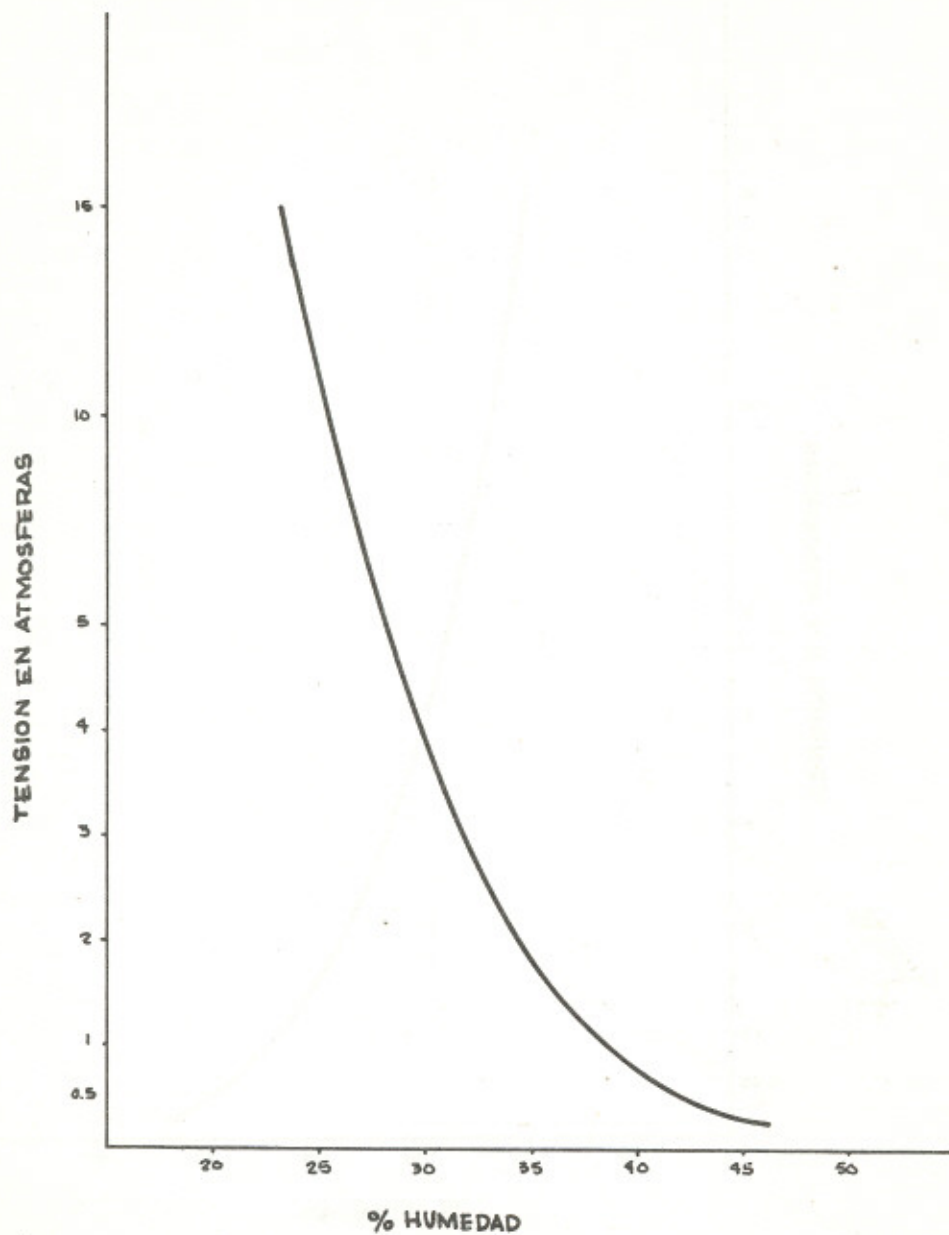
PUNTO U.7 0-25 cm.

TEXTURA: ARCILLA



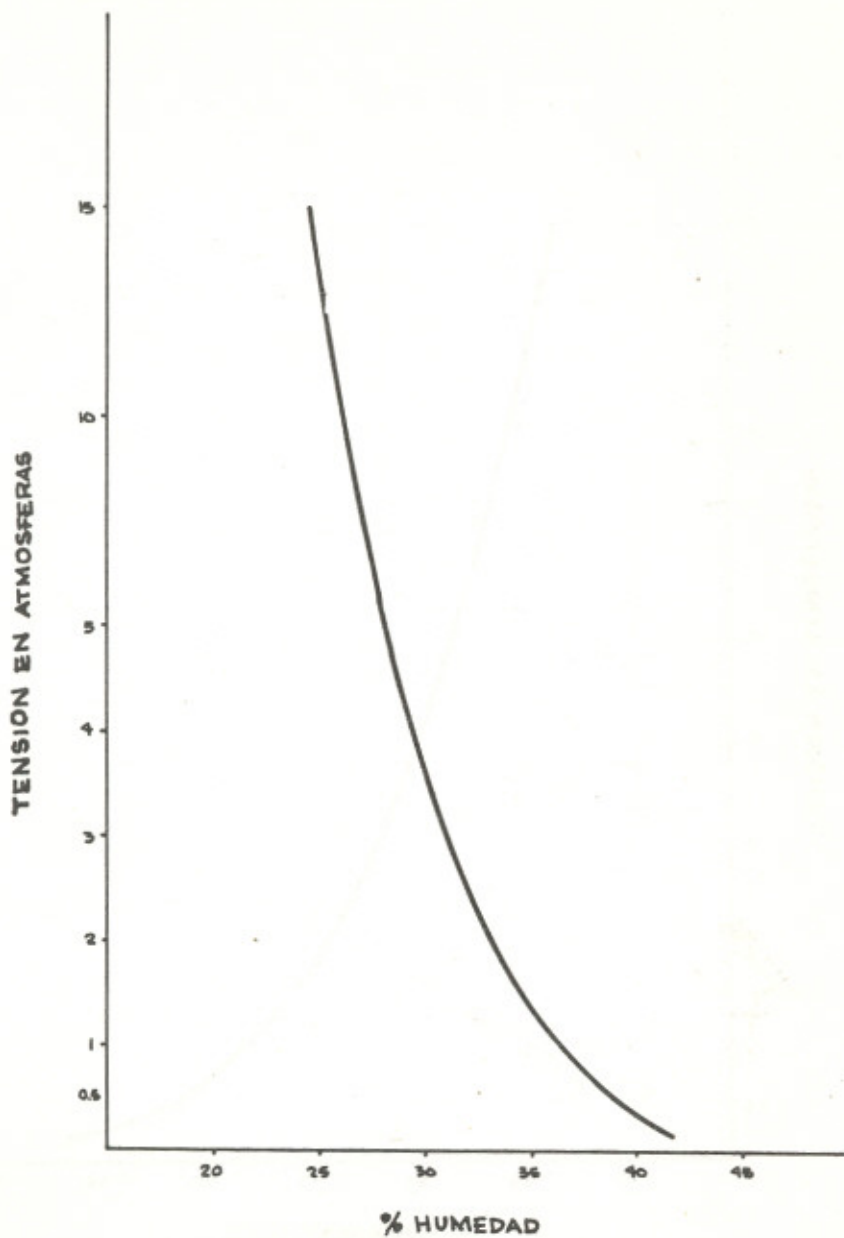
PUNTO N. 7 25-60 cm.

TEXTURA: ARCILLA



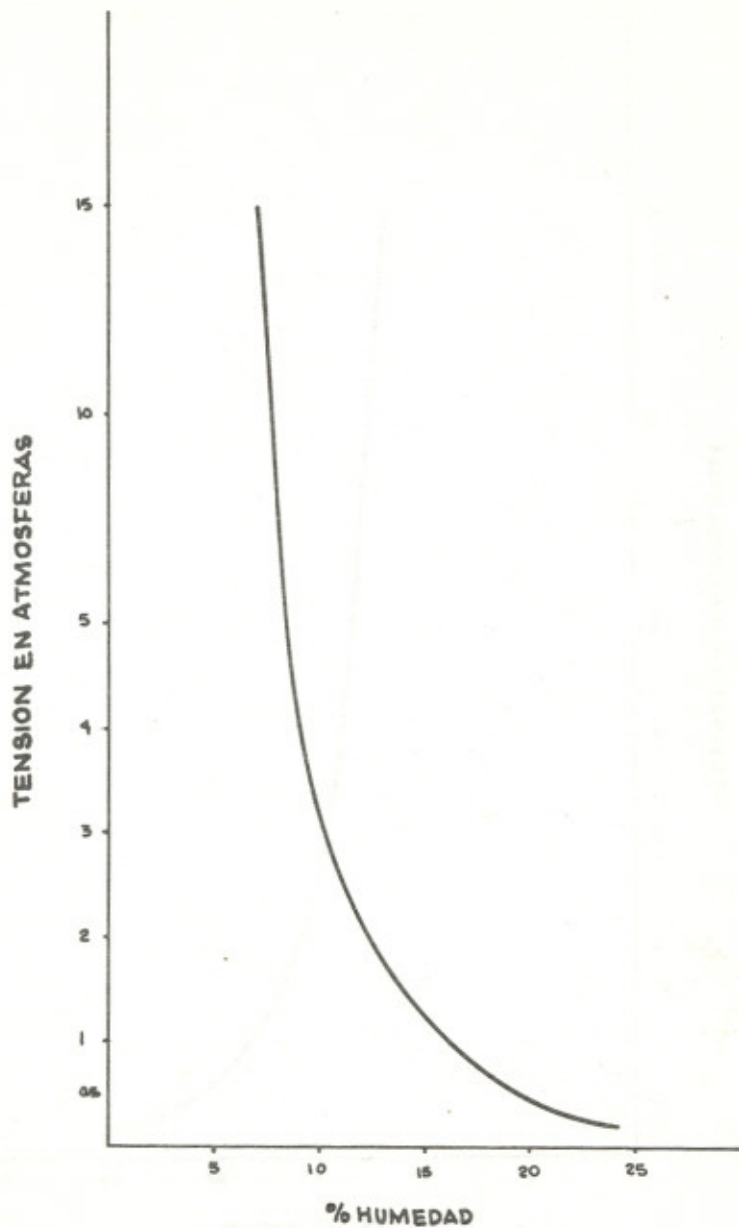
PUNTO L. 7 0-25 cm.

TEXTURA: ARCILLA



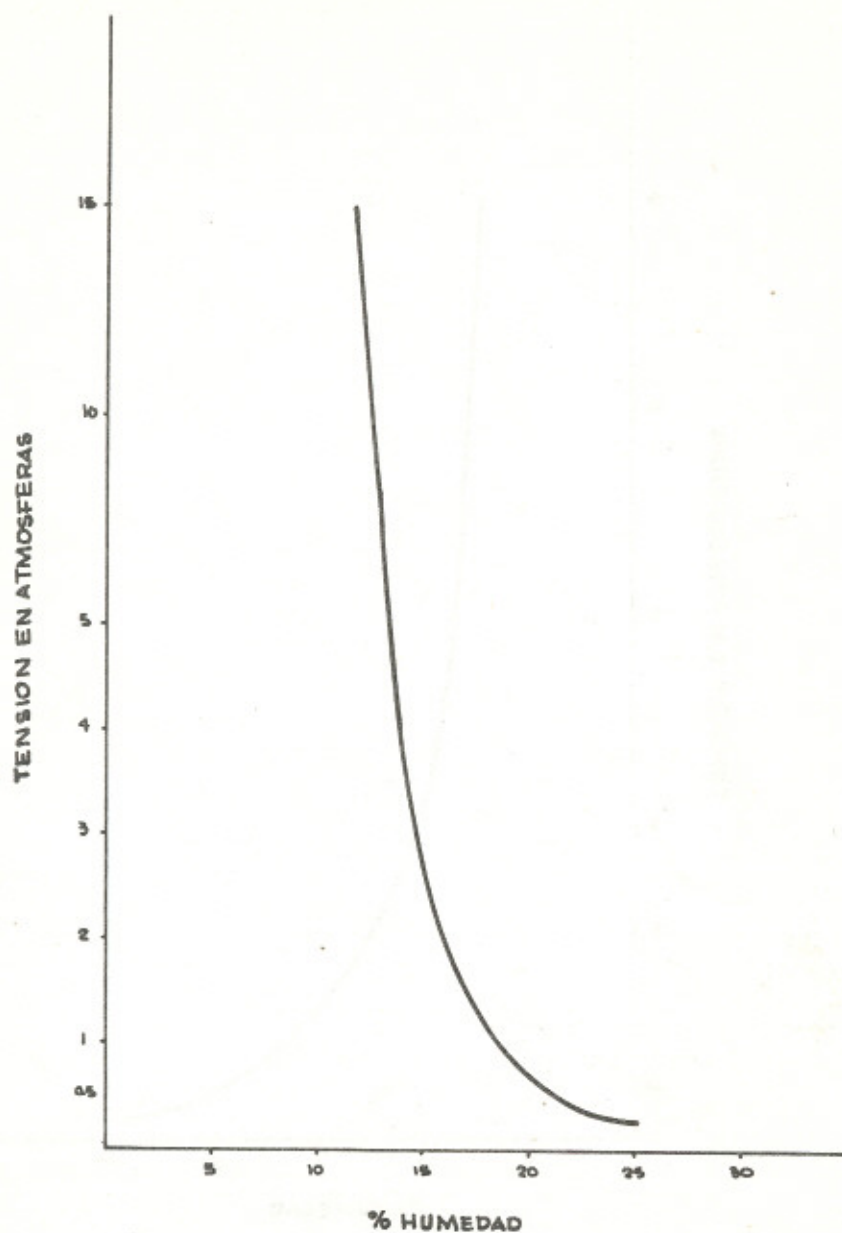
PUNTO N. 12 0-10 cm.

TEXTURA: FRANCA



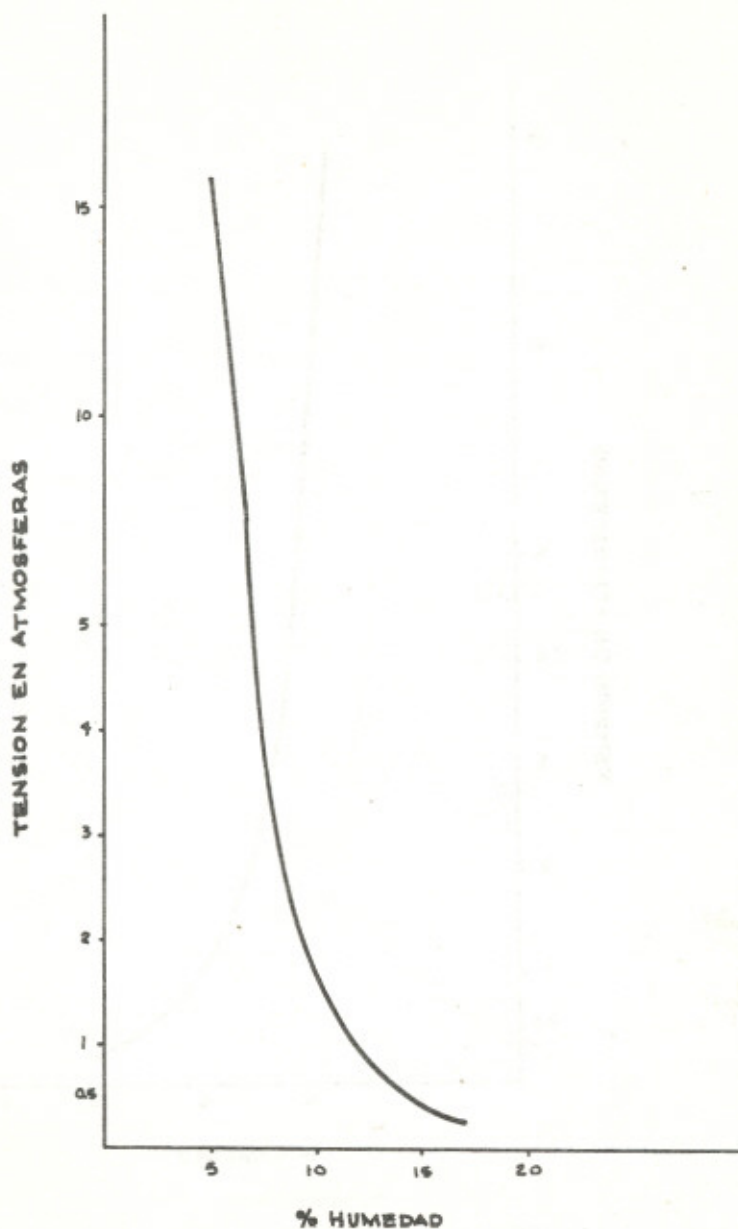
PUNTO N. 12 10-28 cm.

TEXTURA: FRANCA



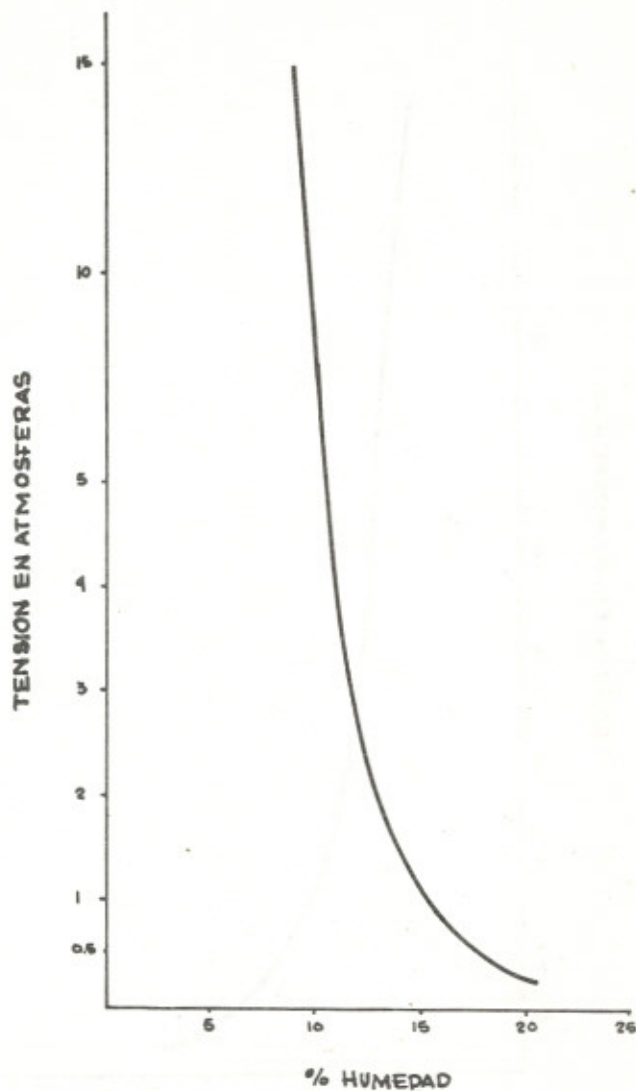
PUNTO N. 20 0-10 cm.

TEXTURA: FRANCO ARCILLO ARENOSA.



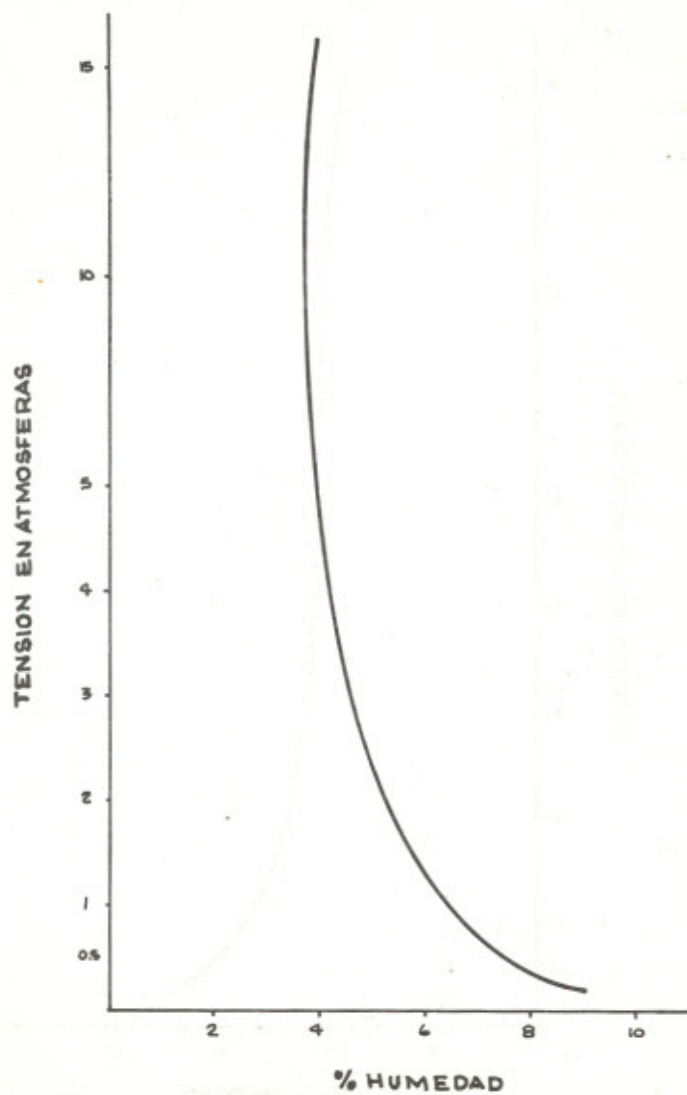
PUNTO N. 20 10-43 cm.

TEXTURA: FRALCO ARCILLO ARENOSA



PUNTO N. 80 0-23 cm.

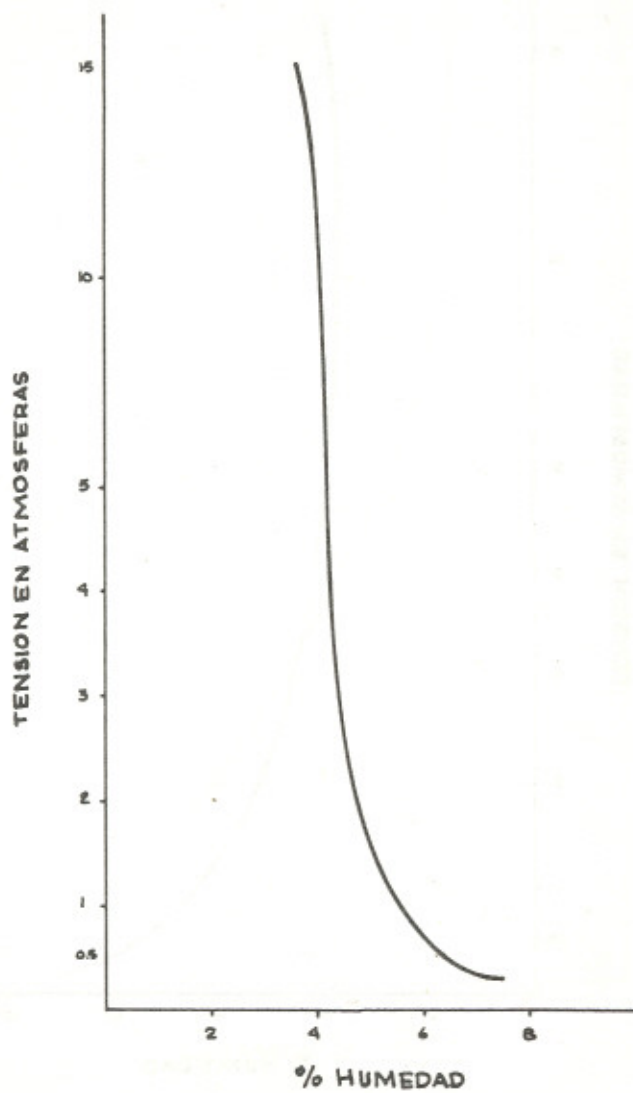
TEXTURA: ARENA



PUNTO N. 80

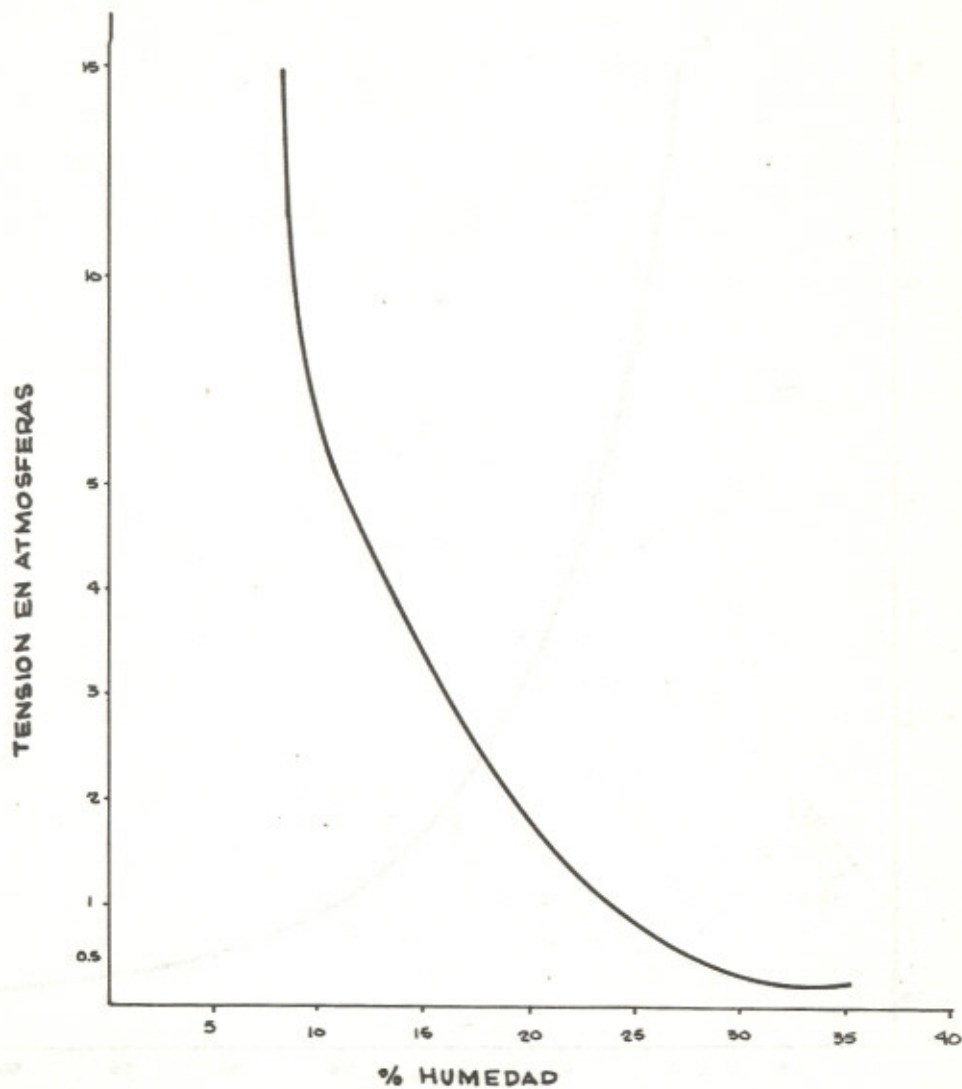
23-40 cm.

TEXTURA: ARENA



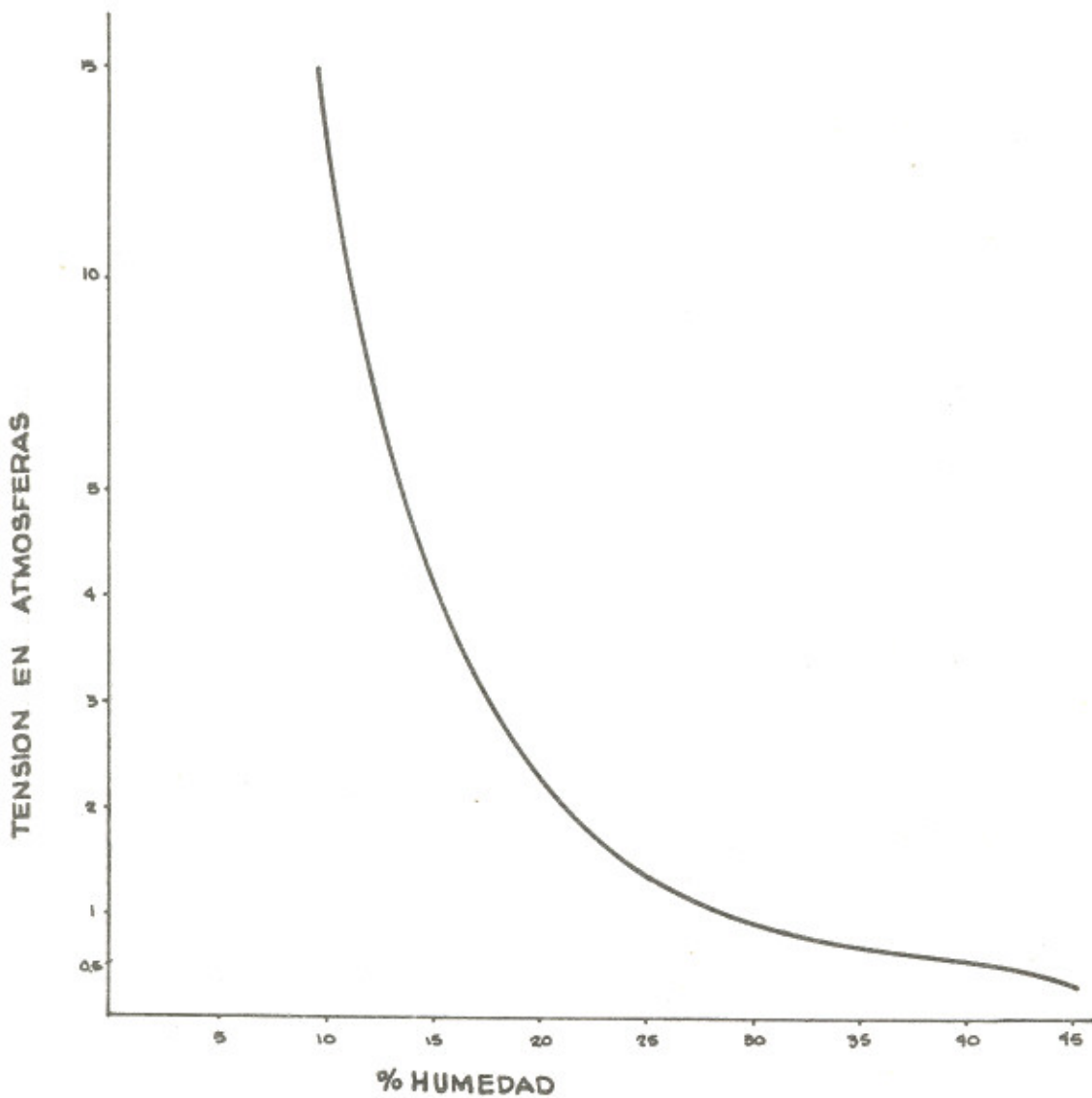
PUNTO N.º 1 0-20 cm.

TEXTURA: FRANCO LIMOSA.



PUNTO No. 1 20-40 cm.

TEXTURA: FRANCO LIMOSA



CONSTANTES DE HUMEDAD DE: LLANO DE PIEDRAS Y SAN CRISTOBAL

PUNTO	PROFUNDIDAD	1/3	1	2	5	10	15	CH	% de SAT.	TEXTURA
2	0 - 5	34.72	25.55	23.15	19.81	19.65	18.71	8.84	56.53	F Ar.
	5 - 22	29.60	23.01	21.60	19.33	18.57	17.51	9.44	54.29	F Ar.
3	0 - 15	15.51	11.41	8.29	7.38	6.50	5.95	2.47	26.90	F A
	15 - 45	19.46	16.48	11.10	8.78	8.54	7.76	2.70	34.23	F A
7	0 - 25	41.72	34.77	33.76	27.92	25.44	24.55	12.34	71.76	Ar
	25 - 60	46.22	39.26	33.98	29.05	25.21	23.10	12.72	75.22	Ar
12	0 - 10	24.66	15.25	11.56	10.81	8.11	7.25	4.06	31.75	F
	10 - 28	25.10	24.13	15.43	13.25	12.95	11.88	6.02	44.50	F
20	0 - 10	17.05	10.57	8.85	7.51	7.34	5.61	2.48	24.99	F Ar A
	10 - 43	20.46	14.29	12.51	10.60	9.93	8.70	4.47	28.34	F Ar A
80	0 - 23	9.21	5.98	5.28	4.58	4.27	3.91	0.85	28.77	A
	23 - 40	7.47	4.99	4.55	4.12	3.74	3.63	1.29	24.06	A
1	0 - 20	35.51	34.83	18.59	10.55	8.88	7.00	4.60		F L
	20 - 40	45.67	39.64	23.25	12.85	10.57	10.00	5.76		F L

DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS, DE LA DIVISION DE SUELOS DE DIRENARE.

DATOS DE LLANO DE PIEDRAS Y SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLAN

PUNTO	PROFUNDIDAD	ESPACIO POROSO	ESPACIO OCUPADO AGUA	ESPACIO AEREO	DENSIDAD DE PARTICULA	Ar	L	A	TEXTURA	COND. Mmhos/cm,
2	0 - 5	56.31	2.0964	54.21	2.582	34.38	38.17	27.45	F Ar	0.92
	5 - 22	37.65	2.1268	35.52	2.605	37.64	32.33	30.03	F Ar	0.39
3	0 - 15	37.79	2.0324	35.75	2.694	13.21	26.83	59.96	F A	0.49
	15 - 45	47.23	2.0448	45.18	2.720	15.13	25.15	59.72	F A	0.24
7	0 - 25	43.40	2.1644	41.23	2.623	56.27	17.97	25.76	Ar	0.47
	25 - 60	43.52	2.1644	41.35	2.628	58.22	21.43	20.35	Ar	0.30
12	0 - 10	40.03	2.0324	37.99	2.641	18.09	42.07	39.84	F	0.43
	10 - 28	40.55	2.0684	38.48	2.653	26.27	37.02	36.71	F	0.20
20	0 - 10	38.47	2.0232	36.44	2.642	26.71	17.60	55.69	F Ar A	0.36
	10 - 43	41.90	2.0506	39.84	2.679	24.61	19.27	56.12	F Ar A	0.22
80	0 - 23	43.94	2.0206	41.91	2.679	6.47	16.37	77.17	A	0.54
	23 - 40	46.40	2.0238	44.37	2.693	8.50	8.50	83.00	A	3.18
1	0 - 20	57.04	2.0530	54.99	2.493	9.85	54.61	35.54	F L	0.49
	20 - 40	60.62	2.0678	58.55	2.578	12.20	58.93	28.87	F L	0.46

DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA DIVISION DE SUELOS DE DIRENARE

LAMINAS DE AGUA Y FRECUENCIA DE RIEGO

PUNTO	PROFUNDIDAD	LAMINA AGUA	FREC. DE RIEGO	TEXTURA
2	0 - 5	0.108	14.22	F Ar
	5 - 22	0.117	15.46	F Ar
3	0 - 15	0.096	12.61	F A
	15 - 45	0.100	13.22	F A
7	0 - 25	0.152	20.06	Ar
	25 - 60	0.205	27.02	Ar
12	0 - 10	0.165	21.71	F
	10 - 28	0.125	16.41	F
20	0 - 10	0.111	14.64	F Ar A
	10 - 43	0.109	14.41	F Ar A
80	0 - 23	0.047	6.26	A
	23 - 40	0.034	4.54	A
1	0 - 20	0.183	24.04	FL
	20 - 40	0.217	28.51	FL

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE SUELOS
DETERMINACIONES DE: LLANO DE PIEDRAS Y SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLAN

PUNTO	PROFUNDIDAD	T E X T U R A	Densidad Aparente gr/cm ³	Humedad Equival (%)	Coeficien Higroscop (%)	Materia Orgánica (%)	pH	Conducti- Eléctric. Mhos/cm	Carbonatos	C O L O R	
										SECO	HUMEDO
2	0 - 5 5 - 22	Franco arcilloso Franco arcilloso	1.1280 1.6241	34.72 29.60	8.84 9.44	5.38 3.28	7.5 7.4			10 YR 4/3 10 YR 4/3	10 YR 3/2 10 YR 3/2
3	0 - 15 15 - 45	Franco Arenoso Franco arenoso	1.6759 1.4352	15.51 19.46	2.47 2.70	1.73 1.40	7.8 8.3		+	10 YR 5/4 10 YR 5/4	10 YR 4/2 10 YR 4/3
7	0 - 25 25 - 60	Arcilla Arcilla	1.4844 1.4843	41.72 46.22	12.34 12.72	1.79 1.73	7.0 8.2			10 YR 4/0 10 YR 5/0	10 YR 3/0 10 YR 4/0
12	0 - 10 10 - 28	Franco Franco	1.5839 1.5772	24.66 25.10	4.06 6.02	1.92 2.12	7.0 6.6			10 YR 5/4 10 YR 5/2	10 YR 4/3 10 YR 3/2
20	0 - 10 10 - 43	Franco arcilloso are- noso Franco arcilloso are- noso	1.6257 1.5564	17.05 20.46	2.48 4.47	1.37 1.60	6.2 6.1			10 YR 4/3 10 YR 5/4	10 YR 3/1 10 YR 4/1
80	0 - 23 23 - 40	Arena Franca Arena Franca	1.5018 1.4435	9.21 7.47	0.85 1.29	1.07 0.45	7.0 7.3			10 YR 6/3 10 YR 6/4	10 YR 4/3 10 YR 5/4
1	0 - 20 20 - 40	Franco limoso Franco limoso	1.0711 1.0153	35.51 45.67	4.60 5.76	2.08 2.72	8.28 8.25			10 YR 6/3 10 YR 6/3	10 YR 4/3 10 YR 4/3

DAIOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA DIVISION DE SUELOS DE DINAMARE

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE SUELOS

RESUMEN DE LOS CATIONES INTERCAMBIABLES

(En miliequivalentes por 100 gr. de suelo seco)

Proyecto: LLANO DE PIEDRAS Y SAN CRISTOBAL ACASAGUATLAN								Fecha:	
PUNTO	PROFUNDIDAD	CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAM- BIO	Ca.	Mg.	Na.	K.	H.	Saturación en Bases. %	pH. Observaciones
2	0 - 5	33.33	17.82	8.49	0.17	1.03	5.82	82.54	7.5
	5 - 22	30.84	18.08	7.87	0.17	0.43	4.29	86.09	7.4
3	0 - 15	12.80	7.82	1.83	0.14	0.71	2.30	82.03	7.8
	15 - 45	14.93	16.56	2.41	0.25	0.14	-. -	100	8.3
7	0 - 25	43.50	20.56	13.20	1.13	0.76	7.85	81.94	7.0
	25 - 60	45.67	27.92	12.12	5.19	0.56	-. -	100	8.2
12	0 - 10	15.04	7.22	2.95	0.35	0.75	3.77	74.93	7.0
	10 - 28	21.10	12.41	3.97	0.21	0.33	4.18	80.19	6.6
20	0 - 10	10.32	3.32	2.33	0.18	0.53	3.96	61.63	6.2
	10 - 43	17.23	8.61	3.45	0.21	0.27	4.69	72.78	6.1
80	0 - 23	4.65	2.61	0.73	0.28	0.59	0.44	90.54	7.0
	23 - 40	5.26	2.81	1.38	0.71	0.24	0.12	97.72	7.3
1	0 - 20	15.69	9.65	4.00	0.12	2.05	-. -	100	8.28
	20 - 40	19.00	13.44	5.89	0.25	0.77	-. -	100	8.25

DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DELA DIVISION DE SUELOS DE DIRENARE

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIVISION DE SUELOS
LABORATORIO DE SUELOS

ANALISIS EXTRACTO DE PASTA SATURADA DE: LLANO DE PIEDRAS Y SAN CRISTOBAL A.

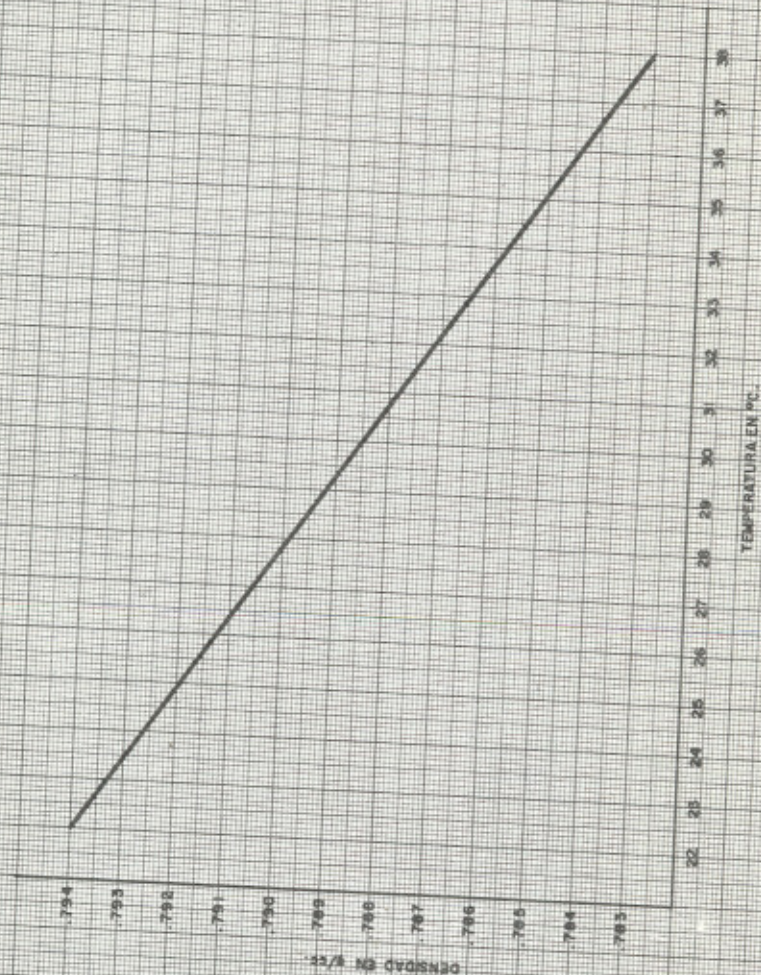
FECHA:

PUNTO	PROFUNDIDAD	C.E. Mmhos/cm a 25°C	CATIONES EN Me/Lt.					ANIONES EN Me/Lt.					Relación de absor- ción Na (RAS)	% de Saturación
			++ Ca	++ Mg	+ Na	+ K	TOTAL	CO= 3	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄	TOTAL		
2	0 - 5	0.92	4.57	2.90	0.38	0.56	8.41	0.83	1.75	1.04		3.62		56.53
	5 - 22	0.39	2.30	1.28	0.34	0.16	4.08	1.00	1.07	0.74		2.81		54.29
3	0 - 15	0.49	2.65	1.35	0.25	0.60	4.85	0.61	1.49	0.54	0.12	2.76		26.90
	15 - 45	0.24	0.93	0.85	0.24	0.15	2.17	0.25	0.97	0.53		1.75		34.23
7	0 - 25	0.47	0.19	0.29	4.00	0.26	4.74	0.37	1.41	1.36		3.14		71.76
	25 - 60	0.30	0.13	0.30	2.08	0.30	2.81	0.22	0.96	1.00	0.03	2.21		75.22
12	0 - 10	0.43	2.20	1.35	0.40	0.51	4.46	0.51	1.31	0.87		2.69		31.75
	10 - 28	0.20	0.22	0.39	0.51	0.29	1.41	0.12	0.71	0.48		1.31		44.50
20	0 - 10	0.36	0.71	0.93	0.53	0.52	2.69	0	0.73	1.54		2.27		24.99
	10 - 43	0.22	0.26	0.42	0.67	0.30	1.65	0.12	0.77	1.90		2.79		28.34
80	0 - 23	0.54	2.55	1.30	0.51	1.22	5.58	0.81	1.48	0.39	0.06	2.74		28.77
	23 - 40	3.18	0.24	8.10	9.30	0.64	18.28	0.22	0.63	17.55	0.07	18.47		24.06
1	0 - 20	0.49	0.52	1.40	0.51	2.10								
	20 - 40	0.46	0.49	0.75	0.87	0.57								

DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA DIVISION DE SUELOS DE DIRENARE

NOTA: Para esta situación Cationes y Aniones no balancean, porque la diferencia corresponde a materiales orgánicos no analizados.

GRÁFICO DENSIDAD DE PARTICULAS



- DATOS DE CAMPO DEL PROYECTO: LLANO DE PIEDRAS

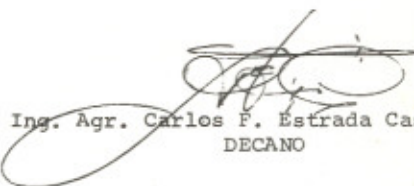
PERFIL	TIPO Y FASE	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	TEXTURA	PERMEABILIDAD	ZONA DE RESTRICCIÓN	SECCION		COLOR		HUMEDAD		TIPO, TAMAÑO Y GRADO DE DESARROLLO DE ESTRUCTURA	CONSISTENCIA SECO	DRENAJE SUPERFICIAL	DRENAJE INTERNO
							CLAVE	Nombre	CLAVE	Nombre	CLAVE	Nombre				
2	A	0-5	Francisco Arcilloso				10 Y R 4/3	Pardo	10 Y R 3/2	Pardo Grifado muy oscuro			Bloques sub-angulares pequeños moderadamente desarrollados		Deficiente	Deficiente
	B	5-22	Arcilla				10 Y R 4/3	Pardo	10 Y R 3/2	Pardo Grifado muy obscuro			Prismas gruesos muy fuertemente desarrollados			
3	A	0-15	Francisco Arenoso	Permeable			10 Y R 5/4	Pardo Amarillento	10 Y R 4/2	Pardo Grifado obscuro			Bloques sub-angulares, pequeños debilmente desarrollados	Suave	Muy friable	Normal
	B	15-45	Francisco Arenoso				10 Y R 5/4	Pardo Amarillento	10 Y R 4/3	Pardo			Bloques sub-angulares medianos moderadamente desarrollados	Ligeramente Friable	Normal	Normal
7	A	0-25	Arcilla	Muy Lentamente Permeable			10 Y R 4/0		10 Y R 3/0				Prismas medianos fuertemente desarrollados	Muy Duro	Muy firme	Deficiente
	B	25-60	Arcilla				10 Y R 5/0		10 Y R 4/0				Prismas gruesos fuertemente desarrollados	Extremadamente duro		Deficiente
12	A	0-10	Francisco	Permeable			10 Y R 5/4	Pardo Amarillento	10 Y R 4/3	Pardo			Bloques sub-angulares medianos moderadamente desarrollados	Ligeramente Duro	Normal	Normal
	B	10-28	Francisco Limoso				10 Y R 5/2	Pardo Grifado	10 Y R 3/2	Pardo Grifado muy obscuro			Bloques sub-angulares medianos moderadamente desarrollados	Ligeramente friable	Normal	Normal
20	A	0-10	Francisco Arcilloso	Ligeramente Permeable			10 Y R 4/3	Pardo	10 Y R 3/1	Grís muy obscuro			Bloques sub-angulares medianos moderadamente desarrollados	Ligeramente Duro	Normal	Normal
	B	10-43	Francisco Arcilloso				10 Y R 5/4	Pardo Amarillento	10 Y R 4/1	Grís obscuro			Bloques sub-angulares medianos moderadamente desarrollados	Ligeramente Friable	Normal	Normal
80	A	0-23	Francisco Arenoso	Libremente Permeable			10 Y R 6/3	Pardo Amarillento	10 Y R 4/3	Pardo			Bloques sub-angulares medianos moderadamente desarrollados	Suelto	Normal	Normal
	B	23-40	Francisco Arenoso				10 Y R 6/4	Pardo Amarillento Claro	10 Y R 5/4	Pardo Amarillento			Sin estructura Grado Sencillo	Suelto	Normal	Normal
													Sin estructura Grado Sencillo	Suelto	Normal	Normal

Aprobado

Ing. Químico Mario Braeuner R.
Asesor

Ing. Agr. Francisco Mazariegos A.
Asesor

IMPRIMASE



Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo
DECANO