

PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA (*)

Por **Jorge Emilio Adames Bohórquez** y **Lotario Levy Hofmann**

I.— INTRODUCCION

“El conocimiento de la naturaleza de las tierras que queremos cultivar, es el fundamento de la agricultura”.

Oliver de Serres.

Solamente en los últimos años la ciencia del suelo se ha afirmado como tal, con los trabajos investigativos de cientos de técnicos repartidos en todo el mundo. La investigación de sus problemas constituye una guía para el porvenir del progreso humano.

La ciencia del suelo no es, como parece ser, una ciencia inexacta. Es, más bien, una ciencia inexactamente conocida, que lentamente los investigadores tratan de hacer de ella una ciencia pura.

El suelo, como cuerpo dinámico que es, presenta continuos cambios, modificaciones y movimientos debido a que las cosechas, operaciones agrícolas, cambios ambientales, etc., dejan su efecto en sus propiedades. Las transformaciones físicas más importantes que el agricultor provoca al trabajar el suelo son más estructurales que de cualquier otra índole.

Hilgard, citado por Hubbel l y Stubblefiel (17), considera que “antes de juzgar la fertilidad de un suelo, deben determinarse sus condiciones físicas”.

No se sabe aún, a ciencia cierta, con qué propiedades físicas se puede apreciar la estructura de un suelo y ello dificulta la aplicación de la célebre frase de Bayer, citado por los mismos autores anteriores, “la estructura es la llave de la fertilidad del suelo”. Algunos científicos la aprecian por medio de la porosidad; otros la atribuyen a la agregación de las partículas y no falta quienes la identifiquen con la densidad del suelo.

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo bajo la presidencia del Dr. Adel González M., a quien los autores expresan su gratitud.

Aunque las propiedades físicas de un suelo están íntimamente relacionadas, no existe una relación directa entre unas y otras lo que dificulta asignarles límites cuantitativos. Si una propiedad cambia, muchas otras también cambiarán. Ni siquiera las expresiones cualitativas pueden expresarse en forma matemática, ya que los muchos factores que afectan la estructura son imposibles, hasta el momento, de describir por una simple fórmula.

El objeto del presente estudio es el de determinar algunas propiedades físicas que encierran algunos suelos típicamente anormales de la región de Aguablanca y de suelos dedicados al cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, con el fin de determinar, en buena parte, la mejor manera de iniciar su uso en aquéllos y continuarlo en éstos. Además se observarán los posibles efectos que causará la desecación que en la actualidad se está llevando a cabo, por parte de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (C.V.C.), en la región de Aguablanca.

II.— REVISION DE LITERATURA

La formación de los suelos de la región de Aguablanca, según Velásquez (32), se debe a dos grandes causas:

1ª— A los materiales arrastrados por el río Cauca cuando ocurren las grandes inundaciones cada doce o trece años y cuya carga es lanzada fuera del lecho. El río deja adyacente a su cauce materiales gruesos como arenas y cascajos y más distante materiales finos, formándose de este modo la **planada aluvial**.

2ª— A los ríos distribucionarios o jóvenes de la región cuyo proceso es similar al de la planada aluvial, con la diferencia que los materiales gruesos quedan al pie de la cordillera (parte alta de la región) y los materiales finos llegan hasta la parte plana del **abanico coluvio-aluvial**.

El mismo autor indica que no existe en estos suelos una formación sucesiva de horizontes dentro del perfil, debido a que no han ocurrido procesos pedogenéticos ordenados.

1.— Consistencia

Pr Prácticamente todas las propiedades físicas y químicas del suelo son función de su fracción coloidal. Una de estas propiedades, la **PLASTICIDAD**, es reconocida, según Joffe (19), como la resistencia a la ruptura o a la susceptibilidad de deformación sin ruptura cuando el suelo se humedece y se amasa.

Atterberg (5), reconoce que la plasticidad es una forma de evaluar la consistencia del suelo. Sin embargo, algunos autores diferencian consistencia de plasticidad, con el fin de determinar la primera en suelo seco al aire y la segunda cuando el suelo está húmedo.

El estudio de la plasticidad encierra tres características fundamentales que el misma Atterberg especifica como constantes. Así,

sugiere los límites siguientes que se expresan en porcentaje de humedad:

- a)—**Límite plástico superior**, en el cual el contenido de humedad hace que el suelo se escurra bajo una fuerza aplicada.
- b)—**Límite plástico inferior**, es el contenido de humedad en el cual el suelo puede amasarse en tiras.
- c)—**Número de plasticidad**, es la diferencia entre los dos límites y se toma como índice de plasticidad.

Baver (7), explica la significancia de estos límites diciendo que en el límite plástico inferior la cohesión del suelo llega al máximo y cambia de consistencia friable a plástica. Es ésta la mínima humedad del suelo, expresada en porcentaje, a la cual puede amasarse. Si el suelo es de textura arenosa, su estado no cambia; si es arcillosa, el suelo se hace turgente. Principalmente el contenido de arcilla afecta ambos límites de plasticidad. De este modo a un incremento de arcilla, hay un aumento en el número de plasticidad.

Esto hace pensar que la plasticidad depende del contenido de arcilla del suelo. Pero no es ésta solamente la que indica el índice de plasticidad. La materia orgánica, por su amplia capacidad de absorber agua influye con propiedad sobre el límite plástico inferior el cual ocurre a un alto contenido de humedad; su efecto es pequeño e influencia moderadamente el número de plasticidad.

Además el contenido de arcilla y materia orgánica, la plasticidad está afectada por diversas causas. Bennet, citado por Madrid (22), indica que a mayor relación sílice-sesquióxidos, más plástico es el suelo.

Atterberg (5), halló que la plasticidad está también afectada por la naturaleza mineral del suelo, por la composición química de los coloides y por los iones intercambiables.

Joffe (19), afirma que la plasticidad está relacionada estrechamente con la pegajosidad y ésta la determina el porcentaje de arcilla. Agrega que la plasticidad es mayor en los horizontes de iluvación que en horizontes superiores debido al movimiento mecánico de las arcillas. Sin embargo esta afirmación no se puede generalizar para toda clase de suelos, ya que en el caso de suelos aluviales y recientes como son los tratados en este estudio, no ha habido aún completa remoción de las arcillas. Este mismo hecho y las condiciones excepcionales en que se hallan los suelos de Aguablanca, no permite generalizar la afirmación de Madrid (22), quien dice que los suelos tropicales no muestran condiciones de plasticidad.

El estudio de la plasticidad ha tomado últimamente un significado práctico, de tal modo que se ha usado para determinar la naturaleza de las arcillas minerales. Se han obtenido bases o criterios para la clasificación de los suelos tanto en su genética como en su física.

Las constantes de Atterberg pueden considerarse como índice para trabajo del suelo en el campo. De tal modo que Wehr (33), indica que si el número de plasticidad es pequeño, el suelo puede trabajarse sin dificultad y sin peligro de amasarse cuando se opera en el límite inferior de plasticidad. Si este número es amplio y el suelo se trabaja a la humedad cerca del límite plástico inferior, existe el peligro de amasar el suelo y se dificulta el empleo eficiente de la maquinaria. Sin embargo, se puede considerar el límite plástico inferior como el punto en el cual se puede trabajar el suelo cuando tiene un contenido de humedad cerca de ese límite.

Por los datos anteriores se puede observar que la plasticidad se considera baja cuando el suelo se vuelve plástico a un bajo contenido de humedad, de tal modo que existe una relación directa entre el número de plasticidad y el porcentaje de humedad del suelo.

Se ha hablado anteriormente de la consistencia del suelo húmedo. Ahora se hablará de consistencia del **suelo seco al aire**.

La labranza con equipos pesados y las labores ejecutadas en suelos húmedos, destruyen los espacios porosos, lo compactan y dificultan el movimiento del agua dentro de él. La densidad aparente del suelo puede aumentar del 10% al 30%. Este motivo hace que cada día se necesite más potencia para laborar el suelo. (Anónimo, 4).

Baver (7), indica que la consistencia del suelo incluye propiedades como la resistencia a la compactación y al corte. La medida de la consistencia en suelo seco al aire se basa en la coherencia de bloques secos. Schubler, citado por Baver (7), establece que la fuerza de rompimiento de un suelo seco es una propiedad importantísima que está afectada por el contenido de humus y arcilla. Cuando la sílice y la arcilla están en la misma proporción, los suelos silíceos resisten más al rompimiento que los lateríticos.

Joffe (19), afirma que en el perfil del suelo la consistencia varía con los horizontes y está determinada por la estructura, textura, material cementante y espacios porosos. Aunque cementación y compactación parecen ser sinónimos, existe una gran diferencia entre estos términos; un suelo se considera compacto cuando sumergido en agua se fragmenta en unidades texturales o estructurales. Por el contrario, el suelo cementado bajo las mismas condiciones, permanece entero.

El estudio de la consistencia en el presente trabajo servirá como punto de comparación con las demás propiedades estudiadas, ya que su determinación es más empírica que científica.

Garner y Telfair (14), reportaron que la compactación del suelo y por lo tanto su consistencia, causada por animales y máquinas desaparece con el tiempo y el proceso de restauración de estos suelos está afectado por el contenido de materia orgánica.

2.— Porosidad.

Es bien conocido el hecho de que el suelo no es una masa com-

pacta de los materiales que lo forman, sino que está constituido además por los espacios porosos ocupados por el aire y agua. Tales espacios están constituidos por macro y microporos que difieren en cuanto a sus propiedades de retención del agua. Demolon (11), dice que los microporos son las fracciones de volumen de poros capaces de retener el agua. Los macroporos son los responsables de la permeabilidad del agua entre el suelo. Los primeros constituyen el sistema capilar del suelo. Afirma además que la porosidad es la medida más directa y segura para apreciar las propiedades estructurales del suelo.

La aireación el movimiento del agua depende de la cantidad y tamaño de los poros, que a la vez dependen de la clase de suelo.

Peele (27), en sus estudios sobre la actividad microbial del suelo, concluyó que la mayor o menor cantidad de espacios porosos del suelo afecta el rendimiento de las cosechas.

Madrid (22), atribuye una alta porosidad a los suelos tropicales y afirma que los poros no están cerrados y por ello puede absorber y conducir el agua rápidamente de horizontes superiores a inferiores a través de un sistema capilar continuo.

La porosidad en sí, no es tan importante para apreciar la estructura de un suelo como lo es la distribución de los tamaños porosos. Las arcillas poseen mayor número de espacios porosos que las arenas. Aquellas tienen una alta capacidad de retener agua y baja permeabilidad; éstas son responsables de un rápido drenaje y baja retención de humedad.

Baver (6), dice que las operaciones culturales que se efectúan en el suelo contribuyen a la destrucción de la porosidad y que en un suelo drenado la porosidad es superior al mismo suelo no drenado.

Brake y Page (10), en sus estudios sobre difusión de los gases en el suelo, concluyeron que suelos con porosidad cerca de cero por ciento tenían una rata de difusión también cerca de cero.

Los cálculos para determinar la porosidad del suelo se hacen midiendo la densidad real y densidad aparente del mismo.

La densidad aparente del suelo (Bulk density) está influida por el arreglo de sus partículas, por su textura y compactibilidad (Israelsen, 18). Además, según Thompson (30), el principal factor que afecta la densidad aparente es el contenido de materia orgánica. Si su nivel disminuye, la densidad aparente aumenta porque aumentan los espacios porosos.

Emerson (13), halló que la densidad aparente de las arenas oscilaba entre 1.55 y 1.70 gramos por centímetro cúbico y de 1.10 a 1.35 gramos por centímetro cúbico en las arcillas.

Según Israelsen (18) la densidad aparente es un indicador importante de la capacidad y del poder de retención del agua por el

suelo y por ello habrá que tenerla en cuenta al proyectar un programa de irrigación.

La densidad real o peso específico del suelo está alrededor de 2.65. Sin embargo este número puede variar debido a los múltiples componentes del suelo que vienen a afectar la densidad del mismo. Thompson (30), indica que los coloides que tengan un alto contenido de sesquióxidos de hierro y aluminio, tendrán una gravedad específica mayor que los ricos en sílice o materia orgánica. Madrid (22), confirma lo anterior diciendo que los suelos tropicales deben tener una densidad mayor de 2.65, pues los óxidos de hierro y aluminio se encuentran en mayor cantidad que las partículas finas. Ritcher, citado por Madrid (22), en sus estudios sobre 21 suelos encontró una gravedad específica en promedio de 2.96 cuando el contenido de materia orgánica era menor de 10%, mientras que en suelos con más del 10%, el promedio era de 2.47.

Según Thompson (30), en un suelo virgen tanto la densidad real como la densidad aparente son menores que en los suelos cultivados durante 50 años.

Normalmente, la porosidad del suelo está alrededor del 50%. Peele (27), ha encontrado límites de porosidad entre 52.9% en arcillas pesadas y 32.5% en suelos arenosos.

Demolon (11), atribuye a la porosidad la propiedad más directa y segura de apreciar la estructura del suelo. En sus estudios sobre suelos vírgenes encontró una oscilación de 35% hasta 45%.

3.— Agregación

La estructura del suelo según Alderfer (2), "se refiere a la manera como están arregladas las piedras, gravas, arena, limo, arcilla y materia orgánica para formar un modelo particular o sistema poroso cuyo número, forma y continuidad influyen en la permeabilidad del suelo al aire y agua, en el color, y en las raíces de las plantas". Pero además, algunas de las partículas primarias suelen unirse más o menos íntimamente para formar agregados estructurales de diferentes formas y tamaños.

No son pocos los autores que dicen que la agregación de las partículas primarias en agregados se usa como índice de la estructura del suelo.

Richards et al (29), indican que los separados del suelo no dan una adecuada apreciación de la estructura, pero se justifica por ser un medio auxiliar para evaluar ciertas prácticas de manejo.

La agregación del suelo, comenta Woodruff (34), es una propiedad física que afecta el comportamiento funcional del suelo respecto a la absorción del agua, aireación y penetración de raíces. Puede afirmarse que por medio de la agregación, un suelo de textura fina adquiere características de arenoso a la vez que retiene propiedades benéficas.

La estructura del suelo está constituida por partículas primarias, partículas secundarias (pequeños agregados) y agregados cuyo ciclo puede representarse así:

Partícula	Dispersión	Partícula
Primaria	Coagulación	Secundaria
agregación		agregación
dispersión		deterioración

AGREGADOS

Misono y Suto (25).

La macroestructura del suelo está influenciada definitivamente por la microestructura, que a su vez está constituida por las fracciones mecánicas comunes (arena, limo, arcilla) y agregados. El proceso en la formación de agregados, debido a su complejidad, aún no ha sido explicado satisfactoriamente. Sin embargo, se sabe que el material coloidal del suelo es el responsable de la cementación de las partículas primarias en agregados estables y en ausencia de tales coloides no puede efectuarse la agregación.

Los factores que parecen tener influencia directa en la agregación son: cantidad y naturaleza de la arcilla, su grado de dispersión, y asociación de cationes cementantes, hidróxidos de hierro de aluminio; relación de humedad y temperatura, fuerzas mecánicas, acción de raíces, materia orgánica, macro y microorganismo. (Alderfer, 2).

Tal vez los elementos más importantes en el mecanismo de la agregación son los agentes cementantes y en especial la materia orgánica y los coloides de hierro y aluminio.

Existe una alta correlación entre materia orgánica y agregación. Demolón y Henin, citado por Baver (7), indican que la materia orgánica coloidal es más efectiva que la arcilla al causar la formación de agregados estables con arenas. Pero el mecanismo de tal efecto no ha sido aún dado. Mientras más alto es el porcentaje de materia orgánica, el efecto de la arcilla en la formación de partículas secundarias es cada vez menor. Misono y Suto (25), indican que la efectividad de la materia orgánica en formar agregados depende de las condiciones de incubación. Bajo condiciones aerobias el proceso de descomposición de la materia orgánica es rápido e influye en la formación de una estructura suelta; la estabilidad de los agregados en el agua es menor. En condiciones anaerobias la formación de agregados es débil y lenta, originándose una estructura dura; los agregados son muy estables en agua.

El proceso de agregación del suelo por efecto de la materia orgánica, dice Misono y Kishita (24), está afectado por el sistema radicular de las plantas, los microorganismos y la fauna del suelo, de

tal manera que, Waksman y Martin citados por Hopp y Hopkins (16), dicen que la materia orgánica causa agregación del suelo sólo cuando los microorganismos están presentes. Peele (27), comprobó las propiedades cementantes al extraer el material pegajoso de ciertas bacterias.

En los suelos tropicales parece que los agentes principales que favorecen la formación de agregados son los óxidos deshidratados de hierro y aluminio. (Madrid, 22). El hierro puede actuar como agente floculante y cementante y posiblemente la alúmina funciona de igual modo. Baver (7), indica que la irreversibilidad del coloide hidróxido de hierro es el factor importante en la producción de la estabilidad de los agregados.

Los fertilizantes químicos actúan también como agentes de agregación aunque no tan decididamente como la materia orgánica. Elson (12) determinó que un suelo con maíz y abono orgánico tiene 94% más macroagregación que el mismo con fertilizantes. Del mismo modo la cal tiene un efecto indirecto sobre la agregación al actuar como agente de descomposición de la materia orgánica.

Para mejorar la estructura del suelo, además de los elementos enumerados anteriormente se emplean sustancias polielectrolíticas sintéticas conocidas con el nombre común de "acondicionadores del suelo", cuya función es la de estabilizar la estructura del mismo. Nason (26), y Alderfer (28), indican que el mecanismo por el cual los acondicionadores unen las partículas del suelo y estabilizan su estructura, no es aún conocido.

El tamaño de los agregados está determinado por el gradiente de la humedad del suelo, de modo que si el suelo posee buena percolación éste se rompe en pequeñas unidades; si el agua se mueve lentamente como ocurre en depósitos de ríos encenegados, el suelo se rompe en bloques grandes (Misono y Suto, 25).

La condición estructural del suelo puede atribuirse al diámetro de los agregados; aunque los científicos establecen distintos límites óptimos para ellos. Considerando las conclusiones de varios investigadores rusos se puede establecer que las partículas mayores de 0,25 mm. de diámetro contribuyen a mejorar las condiciones estructurales encontrándose la mejor agregación cuando los agregados son mayores de 2 mm.

La presencia de gránulos imprime una buena estructura al suelo. Israelsen (18), indica que los suelos de material fino irrigado, si se manejan bien, funcionan como gránulos integrado cada uno de ellos de muchas partículas, mientras que en suelos arenosos cada partícula funciona separadamente.

4.— Constantes de humedad

Como complemento del presente trabajo se trazaron las curvas de pF cada una de las series de suelos estudiadas, teniendo en cuen-

ta que las propiedades físicas de los suelos tienen relación con la aptitud de éstos para retener el agua o para facilitar su movimiento.

pF del agua del suelo: Según Baver (7), (Schofield simplificó el concepto de las relaciones de energía entre el agua y el suelo al introducir la idea de usar el logaritmo del potencial capilar, pF, para expresar la energía con la cual el agua es retenida por el suelo.

pF es el logaritmo de la altura en centímetros de una columna de agua necesaria para producir una fuerza igual a la energía con la cual la humedad es retenida por el suelo.

El uso de la escala logarítmica permite el trazo de una gráfica en la cual se relacionan la tensión con el contenido de humedad. En esta forma es posible mostrar la relación entre las constantes de humedad comparadas entre sí.

A) Coeficiente de Humedad Higroscópica.— El coeficiente higroscópico es considerado generalmente, como el porcentaje de humedad de un suelo seco al aire. Pero más precisamente es el porcentaje de humedad de un suelo seco al aire. Pero más precisamente es el porcentaje de humedad de un suelo cuando ha alcanzado el equilibrio con una atmósfera de humedad relativa conocida.

B) Coeficiente de Marchitamiento Permanente.— Esta es otra condición de humedad del suelo de mucha importancia para el crecimiento de las plantas. Es definido como el porcentaje de humedad retenido en el suelo cuando las plantas se marchitan permanentemente, es decir, cuando las hojas no se recobran siquiera un poco, en una atmósfera saturada, sin adición de agua al suelo.

C) Coeficiente de Saturación.— Albareda (1), lo estima como la mayor cantidad de agua que el suelo escurrido, es decir, frente a la acción de la gravedad puede retener, luego de libre drenaje por espacio de media hora.

D) Equivalente de Humedad.— Esta medida fué sugerida primero por Briggs y McLane y más tarde modificada por Briggs y Shantz. (Veihmeyer y Hendrickson, 31). Se define, como el porcentaje de agua retenido por un suelo cuando ha sido sometido a una fuerza igual a la de 1.000 veces la gravedad.

Puntos de Equilibrio	pF
Saturación	0
Capacidad de campo	2.54
Humedad equivalente	2.70
Porcentaje de marchitamiento permanente	4.2
Coeficiente higroscópico (humedad relativa 98,2%)	4,5
Suelo seco a la estufa	7

González (15).

NOTA: Estos valores se muestran en la tabla I complementada

Tabla pag (21) tesis de Delgado

TABLA I							
RELACIONES Y CONSTANTES DE HUMEDAD DEL SUELO							
Apariencia del Suelo	TENSION EQUIVALENTE A :			Diametros de Particulas mm	Amplitud en la Determinación de Humedad	Puntos criticos de la humedad del Suelo	Clases de Agua del Suelo
	pF	Ergios por gramo	Atmósferas				
SECO	7	-98×10^8	10000	0.0000 01		seco 105°C	AGUA Inútil Humedad Higroscópica
	6	-98×10^7	1000	0.0000 01			
	5	-98×10^6	100	0.00001			
HUMEDO	4.3						AGUA Aprovechab. Humedad Capilar
	4	-98×10^5	10	0.001	← blocks yeso →	coeficiente de marchitez	
	3	-98×10^4	1	0.01		cap de cam. hum equiv.	
MOJADO	2	-98×10^3	0.1	0.1	← unidades de nylon →		AGUA Superflua Humedad Gravitacional
	1	-98×10^2	0.01	1	← tensiometros →		
	0	980	0.001			← saturación →	

BLAIR E.(g) (Complementada por Los Autores).

por los autores y basada en la tabla enunciada por Blair (8), con el objeto de que la apreciación de las relaciones entre tensión, atmósfera, diámetro de las partículas y pF, lo mismo que algunos métodos de determinación tanto en el laboratorio como en el campo, sean más fácilmente evaluados.

III.— MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración del presente estudio se tomaron varias muestras de suelos como sigue: una muestra representativa por cada una



FIGURA 1: Excavación que muestra la manera de extraer el bloque de suelo.
Fotografía: Autores.

de las diez series de suelos de la región de Aguablanca, terrenos ubicados en jurisdicción del Municipio de Cali y que han sido descritas y mapeadas por la Sección de Suelos de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (C.V.C.); cuatro muestras de suelo correspondientes a suertes del ingenio azucarero "La Manuelita", en donde se ha cultivado caña de azúcar por espacio de muchos años así:

- a) — Suerte 6, correspondiente a la serie Estación Palmira franco arcilloso que ha sido cultivada por más de 100 años.
- b) — Suerte 50, correspondiente a la serie anterior, ha sido cultivada durante 70 años.
- c) — Suerte 77, corresponde a la serie "La Paz" arcilloso pesado y viene cultivándose por espacio de 40 años.
- d) — Suerte 17-B sólo lleva 10 años en cultivo.

En el Municipio de Palmira es escogió una serie, "La Benedicta", como patrón, por presentar excelentes características físicas a través de su perfil, según estudios realizados por Ramírez (28). Todas

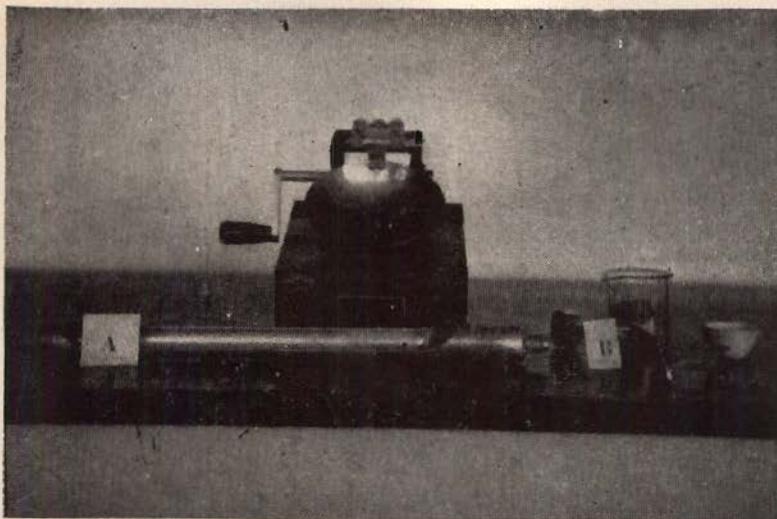


FIGURA 2: Aparato de Casagrande para medir el Límite Plástico Superior.

A— Saca-muestras.

B— Cortador de suelo.

Fotografía: Autores.

las descripciones de las series pueden verse en el apéndice.

Los suelos citados, debido a su origen aluvial y coluvio-aluvial no presentan horizontes estructurales diferenciados, como tampoco un desarrollo estructural determinante a lo largo de su perfil. Por esta razón se consideró suficiente tomar muestras a profundidad de 60 cms. discriminando el perfil en dos capas: capa A de 0 a 30 cms. y capa B de 30 a 60 cms.

La muestra consistió en un bloque de suelo de forma cilíndrica con un diámetro aproximado de 25 cms. y la altura antes indicada. Para extraer tales bloques se cavó con barretones a su alrededor, como lo indica la Figura 1. Una vez afuera el bloque se partió por su mitad y cada parte se colocó dentro de una talega previamente hecha para tal efecto.

1.— Consistencia

A).— Plasticidad

Para tal efecto el suelo se pasó a través de un tamiz N° 20 de perforación equivalente a un milímetro, excluyendo fracciones más grandes porque la plasticidad, según Madrid (22), es función de la fracción coloidal del suelo. Tampoco se usó suelo tamizado a menor diámetro por considerarse que las arenas también influyen sobre la plasticidad. De cada uno de los bloques de suelo se tomó una muestra representativa del mismo, a través de sus 30 cms de profundidad, utilizando para tal efecto el "saca-muestras" que se observa en la Figura 2-A.

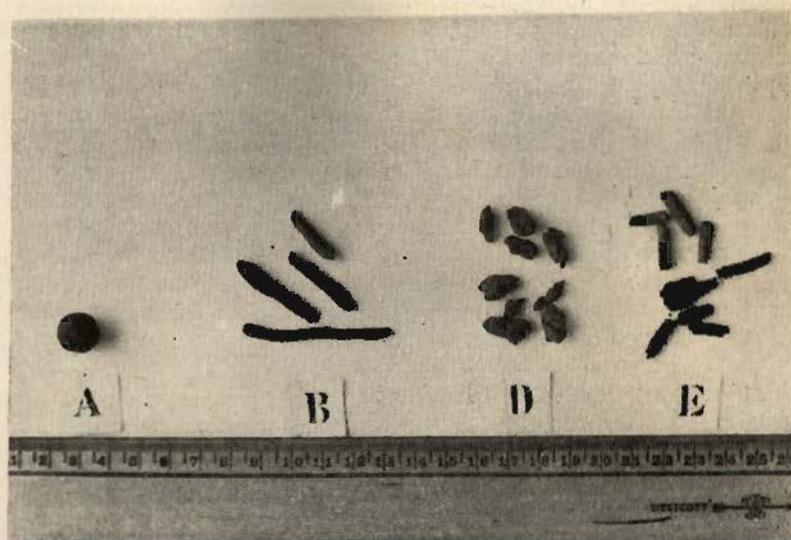


FIGURA 3: Pasos para llegar al límite plástico inferior del suelo.
 A— Bola esférica, lista para ser sometida al estiramiento.
 B— Suelo muy húmedo que produce tiras muy largas.
 C— Suelo muy seco que se rompe antes de tiempo.
 D— Suelo en el límite plástico inferior.

Fotografía: Autores.

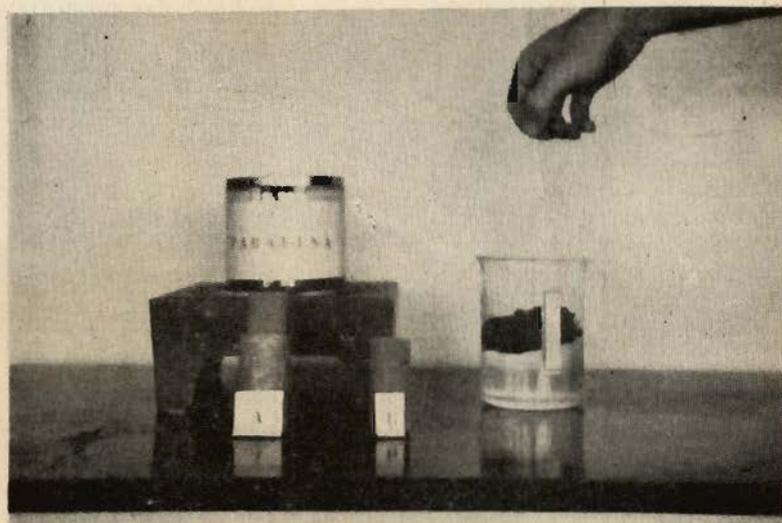


FIGURA 4: Modo de determinar la densidad aparente del suelo y bloques para determinar la resistencia.

A— Molde de latón.

B— Bloque cilíndrico de suelo tamizado y compactado para determinar su resistencia.

Fotografía: Autores.

Límite plástico superior.— Para determinar este límite se siguió la técnica de Bodman y Tamachí citados por Bodman (9). Se colocaron aproximadamente 50 grs. del suelo tamizado en un crisol grueso de porcelana de 3 pulgadas de diámetro; se añadió agua y se amasó con una espátula hasta que mostrara condiciones de plasticidad. Con la misma espátula se pasó todo el suelo al aparato que se observa en la Figura 2, el cual está fabricado expresamente para medir el límite plástico superior. Luego de emparejar la superficie del suelo con la espátula, se hace una incisión trapezoidal que llegue hasta el fondo de la cápsula utilizando para ello el "cortador de suelo" ad-hoc; Figura 2-B. El límite plástico superior se obtiene cuando los bordes de la base del trapecio empiezan a unirse formando un triángulo, luego de recibir 10 golpes consecutivos.

Cuando tales bordes se unen antes de los 10 golpes, habrá exceso de agua; debe añadirse un poco de suelo y amasar de nuevo. Si por el contrario, a los 10 golpes, los bordes aún no se unen, hay que añadir agua y repetir el proceso.

Para cada suelo se tuvo que hacer un promedio de 7 tentativas antes de alcanzar el límite plástico superior, obtenido el cual se calculó el porcentaje de humedad. Se hicieron 3 replicaciones para cada muestra.

Límite plástico inferior.— Para efectuar esta determinación se siguió exclusivamente el método manual citado por Baver (7). En un crisol de porcelana se colocaron aproximadamente 20 gramos de suelo seco al aire, y se humedeció hasta que mostrara cualidades ligeramente plásticas, a lo cual se llegaba cuando el suelo se puede amasar con la mano y darle una forma esférica de 1,5 cms. de diámetro, como se vé en la Figura 3-A. Esta bola se coloca sobre una porcelana lisa y plana; con la palma de la mano se hacen tiras de la misma bola hasta obtenerlas de 3 mm. de diámetro.

Se llega al límite plástico inferior cuando las tiras se rompen en pedazos de 1,1 a 1,4 cms. de longitud como se ilustra en la Figura 3-E. Tiras más largas indican que el suelo tiene demasiada humedad y tiras más cortas, que está muy seco. En tal caso tendrá que añadirse suelo o agua respectivamente y amasar de nuevo, formar la bola y estirla hasta que el rompimiento se obtenga a la longitud deseada. Conseguido esto se determina la humedad.

La variación en el contenido de humedad del suelo, durante las replicaciones, es mucho menor que la del límite plástico superior y por tal motivo sólo se hicieron dos replicaciones.

B — Consistencia del suelo seco al aire.

Esta manifestación implica varias propiedades del suelo tales como el comportamiento respecto a la gravedad, presión, sacudimiento, adhesión, etc. Además incluye la resistencia a la compresión o esfuerzo vertical, cuya determinación en el presente estudio se explica en seguida:

Se emplearon bloques cilíndricos de suelo previamente tamizado y compactado, mediante el uso de moldes de latón contruídos especialmente para obtener cilindros de 2,8 cms. de diámetro y 6,5 cms. de altura como se aprecia en la Figura 4-A-B. Estas dimensiones fueron requeridas por la máquina empleada que fué facilitada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, Colombia. El suelo se moldeó en húmedo, dejándose secar al aire hasta lograr sacarlo del molde sin esfuerzo. Sobre estos bloques y utilizando la máquina propia para trabajos de resistencia de materiales se aplicaron sucesivamente y poco a poco, incremento de carga vertical hasta obtener su ruptura. La resistencia está dada por la fórmula:

$$\text{RESISTENCIA} = \frac{\text{Lectura libras máquina}}{\text{Area cilindro}} = \text{Libras cm}^2.$$

2.— Porosidad

La determinación de porosidad se basa en la densidad real y la densidad aparente del suelo. Los investigadores han procedido de diversos modos para hallar las densidades, pero naturalmente basándose en los mismos principios físicos. Tal vez el método de mayor precisión es el seguido por Miscenko (23), quien incluye en sus determinaciones las densidades de los líquidos no polares (Benzina, benzol, petróleo, etc.).

La densidad aparente se determinó por el método de sumersión en parafina; Figura 4. y la densidad real, por medio del picnómetro.

La porosidad queda prácticamente determinada y expresada en porcentaje al conocer la densidad real y aparente del suelo aplicando la fórmula:

$$100 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \times 100$$

3.— Agregación.

Cuando el suelo se agita en agua los agregados se dispersan en fracciones pequeñas. A medida que transcurre el tiempo de agitación la cantidad de fracciones aumenta proporcionalmente. Primero se dispersa en partículas secundarias y éstas en partículas primarias. Esta característica es la que se aprovecha para determinar la agregación. El método empleado para tal efecto no determina el tipo de estructura ni su arreglo, pero es un índice que dá el porcentaje de agregados.

Para el presente estudio se siguió la técnica descrita originalmente por Tiulin, modificada por Yoder (35), y recomendada por la Sociedad de Ciencias del Suelo de América.

La muestra del suelo debe ser pretratada con anticipación al análisis: Baver (7), sugiere usar el suelo seco al aire, pasarlo por un

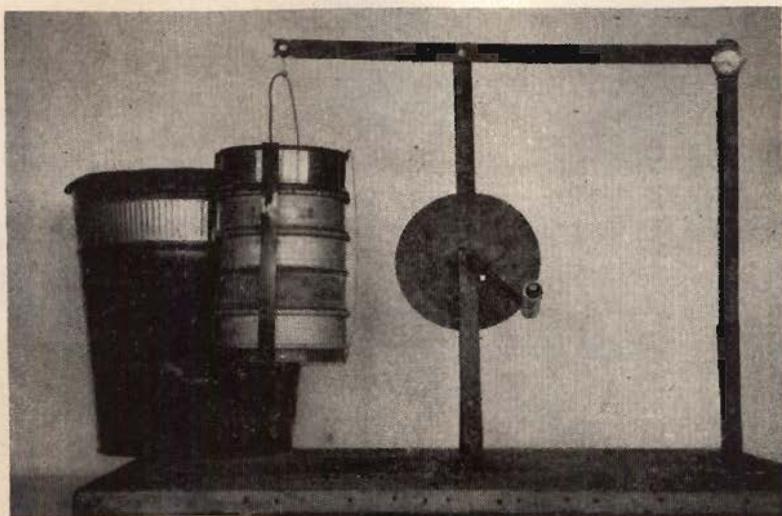


FIGURA 5: Aparato para determinar la estabilidad de los agregados en el agua.

Fotografía: Autores.

tamiz de 2 mm. y humedecerlo antes de empezar el análisis. Parece que el mejor método de pretratamiento es el del sacudimiento del suelo en un aparato de movimiento recíprocante durante 10 minutos. En nuestro caso se tienen suelos exageradamente duros que ni aún en horas se romperían. Por eso se prefirió someter el suelo a un humedecimiento previo por capilaridad durante 5 minutos como lo indican Allison y Brown (3).

El suelo debe conservar su estructura natural para lo cual Yoder (35), usó un tubo diseñado especialmente para repartir las fuerzas de comprensión, evitando así la compactación de la muestra. Por la manera particular de haberse sacado las muestras en grandes bloques, como se indicó antes, no fué necesario seguir el método anterior; pero por tratarse de suelos durísimos hubo necesidad de someterlos a ligeros golpes secos para que el suelo pudiera ser tamizado a 5 mm. Se pesaron 50 gramos de suelo con aproximación de 0,1 corrigiendo la humedad basada en la del coeficiente higroscópico.

Se fabricó el aparato que se observa en la Figura 5 siguiendo el diseño de Woodruff (34), de manera que la oscilación en el extremo donde están suspendidos los tamices fuera de 3,3 cms.

Se usó un juego de tamices del tipo Yoder con aberturas de 2 — 1 — 0,5 — 0,25 y 0,01 mms. correspondientes a los números 10, 20, 40, 60 y 140 respectivamente, colocados en el mismo orden de arriba a abajo y sujetos por medio de un alambre de acero. El juego de tamices se sumergió en un recipiente con agua lentamente y en ángulo moderado para evitar que penetraran burbujas de aire entre los tamices, lo que impediría el paso del suelo a través de ellos. Se ajustó

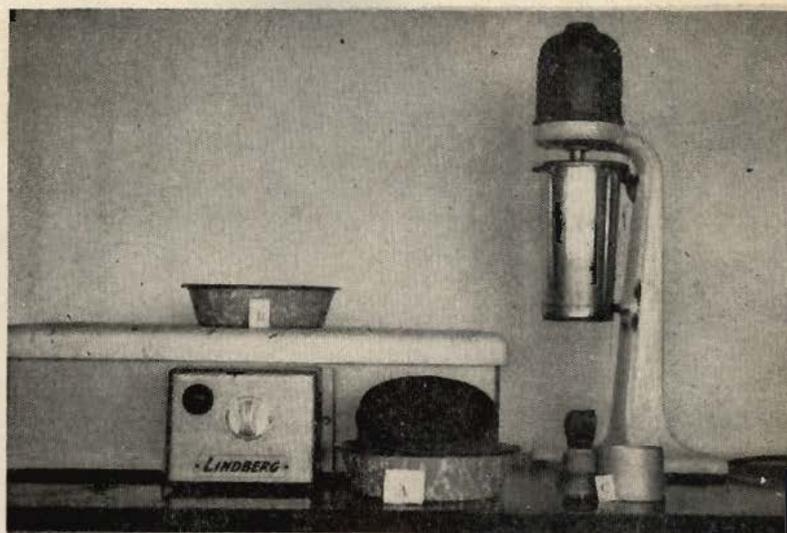


FIGURA 6: Implementos complementarios para determinar agregados y partículas primarias.

A— Vasija de aluminio para recibir el suelo húmedo.

B— Vasija y tamiz volteado sobre ella.

C— Licuadora de dispersión, cepillo y caja de lata.

Fotografía: Autores.

el nivel del agua de modo que el tamiz superior hiciera contacto con la superficie de ésta cuando el mecanismo de la oscilación estuviera en el punto máximo de su carrera. Se distribuyeron los 50 gramos de suelo en el tamiz N° 10 de manera que se mojaran por capilaridad durante 5 minutos con el fin de que hubiera saturación. Luego se imprimió al juego de tamices un movimiento vertical durante 30 minutos en una longitud de carrera de 3.3 cms. y con frecuencia de 30 vueltas por minuto manteniéndose el suelo sumergido todo el tiempo.

Se sacaron los tamices observando los mismos cuidados que al introducirlos y se drenaron en posición inclinada. Se separaron los tamices volteándose cada uno sobre una vasija de aluminio; Figura 6-A-B. Por medio de un frasco lavador se limpió el tamiz de toda partícula, se decantó el agua y se secó el suelo en una estufa a temperatura moderada evitando la ebullición para que el suelo no se adhiriera. Se pasó el suelo a cajas de lata, Figura 6-C y se secó a 105-110°C durante 12-24 horas para determinar el peso del suelo en cada caja. De este modo se obtuvieron los agregados de suelo de diferente tamaño, en los cuales se encuentran partículas primarias adheridas. Para eliminarlas se sometió el suelo a dispersión completa, según el método de Lutz (20), que consiste en combinar los diferentes tamaños de agregados en una licuadora Osterizer con agua hasta las 2/3 partes y agregar un agente dispersante (10 c.c. de hidróxido de sodio 0.1 Normal). La mezcla se sometió a la agitación

durante 5 minutos. Seguidamente se colocó el mismo suelo en el juego de tamices y se repitió el procedimiento antes descrito, pero tamizando sólo por 10 minutos.

El porcentaje de agregados para cada tamaño está dado por el porcentaje de la fracción ni dispersa, menos el porcentaje de la misma fracción después de la dispersión.

El porcentaje total de agregación se obtiene de la diferencia entre el porcentaje total de agregados más partículas primarias de la muestra sin dispersar y el porcentaje total de partículas primarias de la muestra dispersada.

4.— Constantes de humedad.

A partir de las muestras de suelo tomadas en cada una de las series y utilizando un equipo común de laboratorio para la determinación del contenido de humedad de un suelo, expresado en base seca, se llevaron a cabo las determinaciones siguientes:

- A)— **Coefficiente de Humedad Higroscópica.**— Para su determinación se siguió el método empleado por González (15).
- B)— **Coefficiente de marchitamiento permanente.**— Su determinación se hizo basada en los métodos de Blair (8) y Veihmeyer y Hendrickson (31).
- C)— **Coefficiente de saturación.**— Se determinó de acuerdo con el método empleado por González (15).
- D)— **Equivalente de humedad.**— El método seguido para la determinación de esta constante fué el empleado por González, (15)..
- E)— **Capacidad de campo.**— Se determinó mediante interpolación a partir de las curvas de pF.

A) Plasticidad.

Sujeta a cierta elasticidad se puede establecer una **tabla de plasticidad** para los suelos estudiados, de acuerdo con los resultados obtenidos y por las observaciones efectuadas en el transcurso de las determinaciones. Para tal efecto nos valemos del índice de plasticidad.

Clasificación	Índice de Plasticidad
Suelo no plástico	de 7 a 14 % de humedad
Suelo ligeramente plástico ...	de 14 a 19 % de humedad
Suelo plástico... ..	de 19 a 24 % de humedad
Suelo muy plástico.... ..	de 24 y más % de humedad

De la Tabla II se puede observar que la plasticidad en los suelos de Aguablanca, a excepción de las series Gramal y Meléndez, es mayor en la capa B que en la capa A debido al movimiento de eluviación

IV.— RESULTADOS Y DISCUSION

— T A B L A II —

Límites de plasticidad y de sus índices correspondientes expresados en porcentajes de humedad.

Serie	Capa	Límite Plástico Superior	Límite Plástico Inferior	Índice de Plasticidad
Corozal	A	44.22	30.25	13.97
	B	45.72	30.95	14.77
Unión	A	48.65	34.36	14.29
	B	51.45	34.15	17.30
Gramal	A	71.38	56.14	15.24
	B	45.24	31.71	13.53
Aguablanca	A	58.04	44.22	13.82
	B	46.70	28.57	18.13
Chumbún	A	69.19	49.22	19.97
	B	59.37	40.63	18.74
El Rodeo	A	81.52	61.63	19.89
	B	69.64	42.41	27.23
Cañaveral	A	80.02	50.61	29.41
	B	81.98	42.14	39.84
Potrerito	A	67.51	43.26	24.25
	B	81.55	38.56	42.99
Limonar	A	41.82	30.12	11.70
	B	43.29	29.95	13.34
Meléndez	A	56.74	43.20	13.54
	B	43.81	35.04	8.77
Suerte 6	A	34.94	23.22	11.72
	B	30.64	20.51	10.13
Suerte 50	A	48.32	31.31	17.01
	B	27.93	20.90	7.03
Suerte 77	A	45.19	26.68	18.51
	B	38.46	26.87	11.59
Suerte 17-B	A	48.50	28.39	20.11
	B	41.60	20.19	21.41
Benedicta	A	50.80	33.62	17.18
	B	39.89	25.06	14.83

— T A B L A II —
Consistencia del suelo seco al aire

Serie	Resistencia en libras por CM2.
Corozal.....	36
Unión.....	48
Gramal.....	73
Aguablanca.....	85
Chumbún.....	80
El Rodeo.....	32
Cañaveral.....	118
Potrerito.....	105
Limonar.....	60
Meléndez.....	44
Suerte 6.....	44
Suerte 50.....	24
Suerte 77.....	44
Suerte 17-B.....	40
Benedicta.....	45

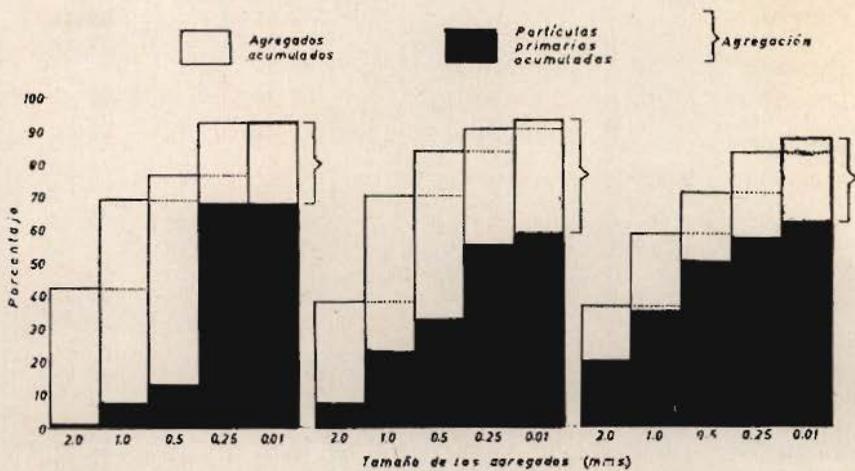


Fig. 7 Serie COROZAL

Fig. 8 Serie UNIÓN

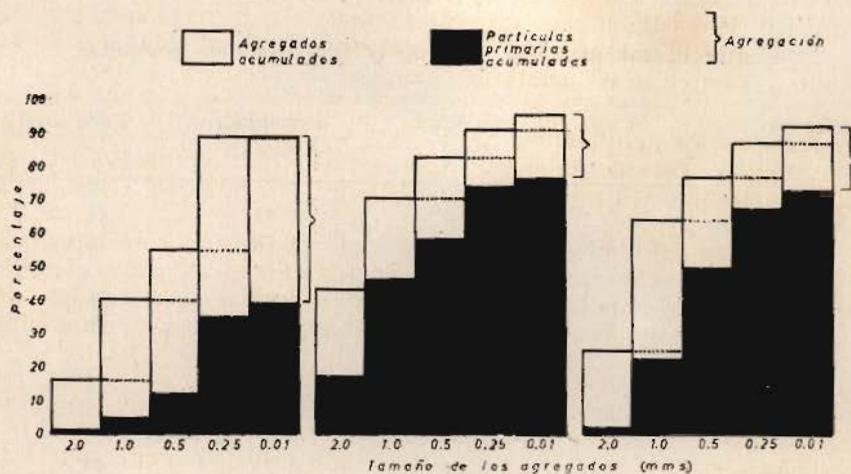
Fig. 9 Serie GRAMAL

PORCENTAJES DE AGREGADOS DE PARTICULAS PRIMARIAS
Y DE AGREGACION DEL SUELO

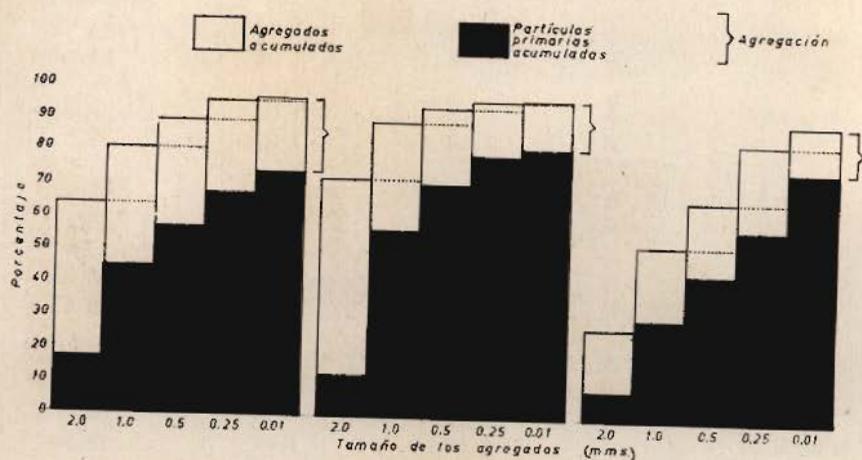
— T A B L A IV —

Densidad real, densidad aparente y porcentaje de porosidad

Series	Capa	Densidad Real	Densidad Aparente	Porosidad %
Corozal	A	2.55	1.48	41.96
	B	2.34	1.78	23.94
Unión	A	2.53	1.38	45.45
	B	2.37	1.42	35.87
Gramal	A	2.48	1.21	51.20
	B	2.44	1.35	45.09
Aguablanca	A	2.54	1.39	45.27
	B	2.41	1.73	28.22
Chumbún	A	2.40	1.16	51.70
	B	2.38	1.69	29.00
El Rodeo	A	2.24	1.05	53.12
	B	2.29	1.46	36.25
Cañaverál	A	2.40	1.18	50.84
	B	2.37	1.87	21.10
Potrerito	A	2.26	1.25	49.11
	B	2.51	1.62	35.46
Limonar	A	2.49	1.38	44.58
	B	2.35	1.82	22.56
Meléndez	A	2.61	1.33	49.04
	B	2.36	1.60	32.21
Suerte 6	A	2.54	1.64	35.43
	B	2.52	1.88	25.40
Suerte 50	A	2.60	1.55	40.38
	B	2.59	1.90	26.65
Suerte 77	A	2.55	1.58	38.00
	B	2.40	1.98	17.50
Suerte 17-B	A	2.53	1.61	36.36
	B	2.51	1.61	35.86
La Benedicta	A	2.48	1.32	46.77
	B	2.39	1.80	24.70



PORCENTAJES DE AGREGADOS DE PARTICULAS PRIMARIAS
Y DE AGREGACION DEL SUELO



PORCENTAJES DE AGREGADOS, DE PARTICULAS PRIMARIAS
Y DE AGREGACION DEL SUELO

de las arcillas. Las series Gramal y Meléndez presentan mayor plasticidad en la capa A que en la capa B debido a que no ofrecen cambio textural y tienen buen contenido de materia orgánica. Este hecho hace pensar que la materia orgánica aumenta la plasticidad en suelos livianos y la atenúa en arcillosos.

En los suelos del ingenio "La Manuelita" la plasticidad es superior en la capa A. Esto se debe probablemente a que los suelos de esta zona han sufrido una menor eluviación que los suelos de Aguablanca.

Los suelos del Valle del Cauca, son por lo general ricos en micas potásicas las que causan un descenso en los límites de plasticidad y a la vez aumentan su índice. Al observar la Tabla II se nota que los suelos de La Manuelita parecen estar influidos por la característica citada.

La plasticidad es mínima en la parte alta del dique del río Cauca (Serie Corozal) y aumenta respectivamente hacia el dique natural medio (serie Unión), parte más baja del dique (serie Gramal), parte alta del basín (serie Chumbún), parte baja del basín (serie El Rodeo), parte alta del complejo delta abanico (serie Cañaverál). Esto ocurre sin duda porque el río Cauca con sus inundaciones periódicas, ha depositado materiales sedimentarios, desde arenas y materiales pesados en las cercanías de su cauce, hasta arcillas y materiales livianos a considerable distancia.

La plasticidad empieza a ser menor a medida que se acerca al Pié del Monte por la influencia de los materiales coluviales. La serie Limonar por estar situada en la parte alta del Delta-Abanico, exhibe menor plasticidad que la serie adyacente, Potrerito.

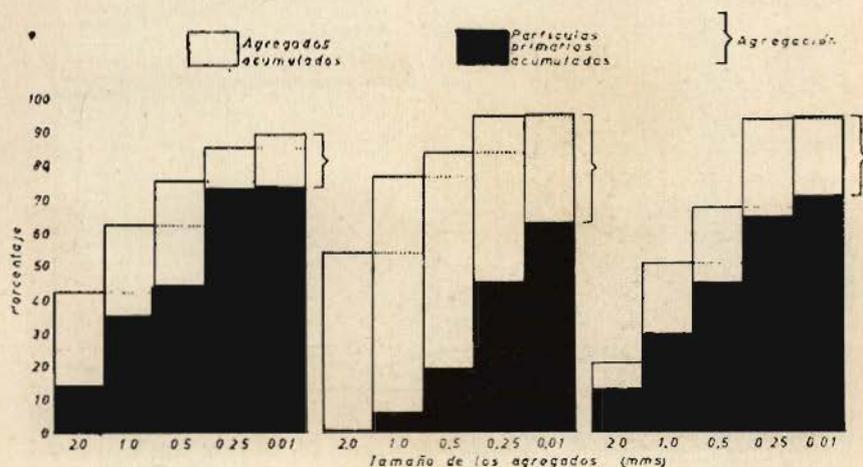
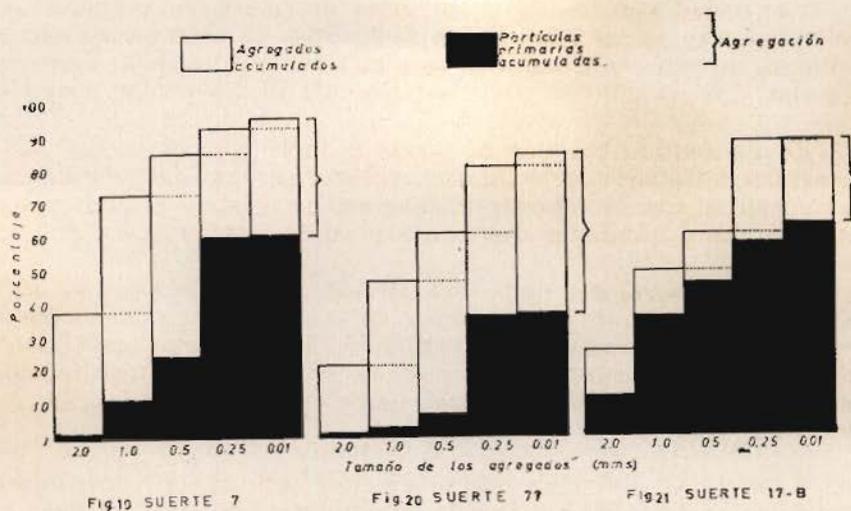


Fig. 16 Serie AGUABLANCA

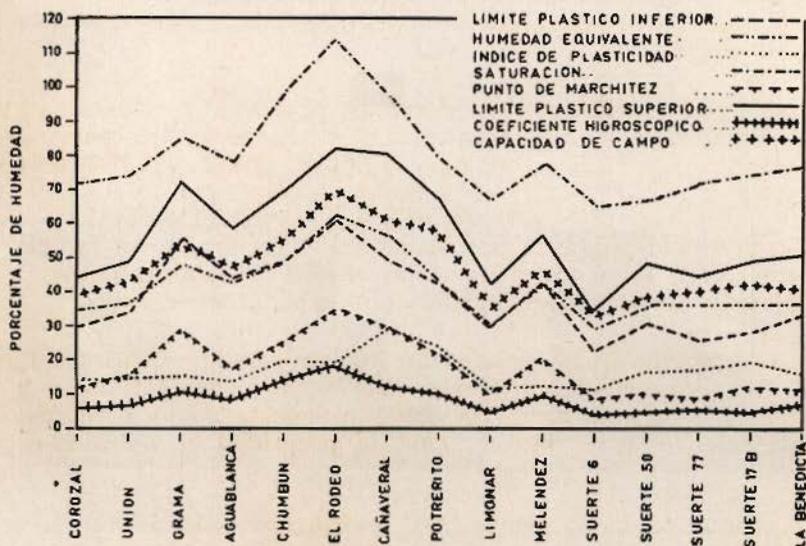
Fig. 17 Serie LA BENEDICTA

Fig. 18 SUERTE 50

PORCENTAJES DE AGREGADOS, DE PARTICULAS PRIMARIAS
Y DE AGREGACION DEL SUELO



PORCENTAJES DE AGREGADOS, DE PARTICULAS PRIMARIAS Y DE AGREGACION DEL SUELO



Las series Aguablanca y Meléndez no siguen la secuencia anterior porque están influenciadas por otras fuentes. La primera corresponde a diques antiguos y la segunda está influenciada por los diques de diversos ríos.

En un sentido práctico se puede deducir que los suelos pueden someterse a trabajos agrícolas, sin peligro de alterar desfavorablemente su estructura, ni esforzar la maquinaria, cuando el contenido de humedad esté alrededor del límite plástico inferior.

B).— Consistencia del suelo seco al aire.

Los resultados obtenidos en la Tabla III muestran que la dureza de los suelos de Aguablanca se pone de manifiesto principalmente en las series más pesadas y por largo tiempo sometidas a la acción de la humedad.

La serie El Rodeo, no obstante poseer las características antes anotadas presenta poca resistencia. Puede atribuirse esto sin duda a su alto contenido de materia orgánica.

A excepción de la suerte 50, que tiene baja resistencia los suelos de las demás suertes dedicadas, al cultivo de caña de azúcar y la serie "La Benedicta" ofrecen una dureza similar entre sí, que se puede considerar normal para las labores agrícolas mecanizadas.

C).— Porosidad.

La densidad real, a excepción de las series "El Rodeo" y "Potrerito", es mayor en la capa A que en la capa B. Posiblemente esto ocurre por cuanto la textura del suelo es más liviana que la textura del subsuelo respectivo.

Las series "El Rodeo" y "Potrerito" presentan una densidad real menor en la capa A que en la capa B, y ello se explica por tratarse de las series más ricas en materia orgánica. (7.65% y 2.76% respectivamente).

La densidad aparente por el contrario, es mayor en la capa B que en la capa A en todas las series estudiadas, porque la capa B es más pesada que está poco influenciada por la materia orgánica.

En los suelos de las suertes del Ingenio "La Manuelita" se observa la más alta densidad aparente. Este hecho puede atribuirse a que las continuas labores agrícolas que han soportado han contribuido a compactarlos. Por la misma razón la porosidad en estos suelos es menor.

A excepción de la suerte 17-B, existe una gran diferencia entre la porosidad de las dos capas de una misma serie de los suelos estudiados. La suerte 17-B se exceptúa por ser un suelo que apenas lleva 10 años en cultivo; naturalmente su compactación es menor que en suertes con muchos más años de continuo trabajo.

— T A B L A V —

Agregados del suelo expresados en porcentaje

Serie	Tamaño de los Agregados (mms.)				
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,01
Corozal	41,26	20,36	1,74	.....	.....
Unión	30,74	16,90	3,88	.....	.....
Gramal	16,70	1,44	3,04	4,90	.....
Aguablanca	28,30	.....	4,26	.....	3,78
Chumbún	15,46	19,54	7,80	10,60	.....
El Rodeo	26,12	.....	.....	.....	1,44
Cañaverál	23,30	18,34	.....	.....	.....
Potrerito	46,44	.....	.....	.....	.....
Limonar	59,16	.....	.....	.....	.....
Meléndez	18,70	3,66	.....	3,34	.....
Suerte 6	8,20	13,62	1,40	6,80	.....
Suerte 50	36,00	24,84	.....	.....	2,54
Suerte 77	20,96	22,24	10,26	.....	2,96
Suerte 17-B	13,40	0,04	1,26	15,54	.....
La Benedicta	53,36	17,42	.....	.....	.....

— T A B L A VI —

Puntos de equilibrio y sus porcentajes de humedad

Serie	Coefficiente de Saturación	Capacidad de campo	Coefficiente de humedad equivalente	Coefficiente de marchitamiento	Coefficiente de humedad higroscópica
Corozal	71,7	38,5	35	11,9	5,57
Unión	74,1	42	37,3	16,6	7,1
Gramal	85	52,7	47,8	29	10,6
Aguablanca	78,5	47	43,2	17,4	8,35
Chumbún	97,9	55	49	25,6	13,9
El Rodeo	113	69	61,8	34,9	18
Cañaverál	97,8	61	56,7	30,2	12,6
Potrerito	79,6	48	43,4	22	10,4
Limonar	67,5	35,5	30,4	10,4	4,9
Meléndez	77,8	46,2	42,1	21,6	9,75
Suerte 6	65,7	33	28,9	9	4,37
Suerte 50	67	38	34,8	10,8	5
Suerte 77	72	40	35,6	9,6	5,8
Suerte 17-B	73,7	42	36,5	12,8	5,15
La Benedicta	76,4	40	36,4	12,2	6,72

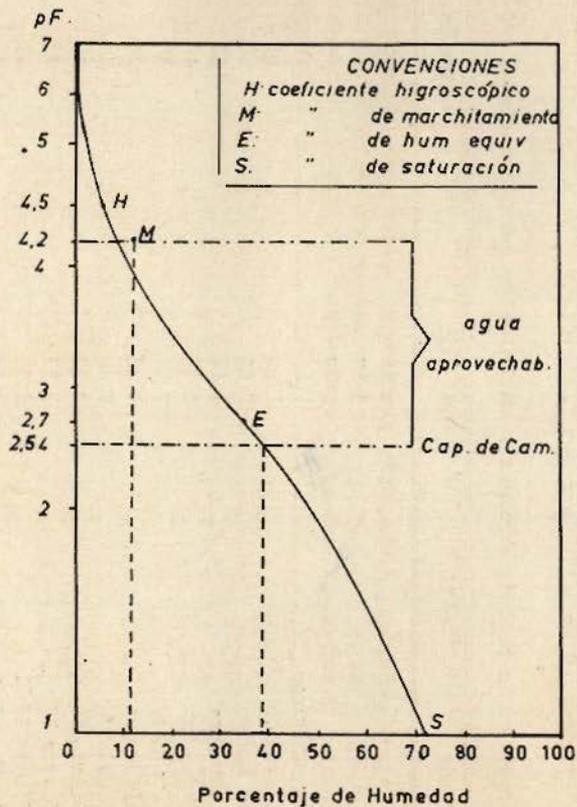


Fig. 23 CURVA de pF Serie COROZAL

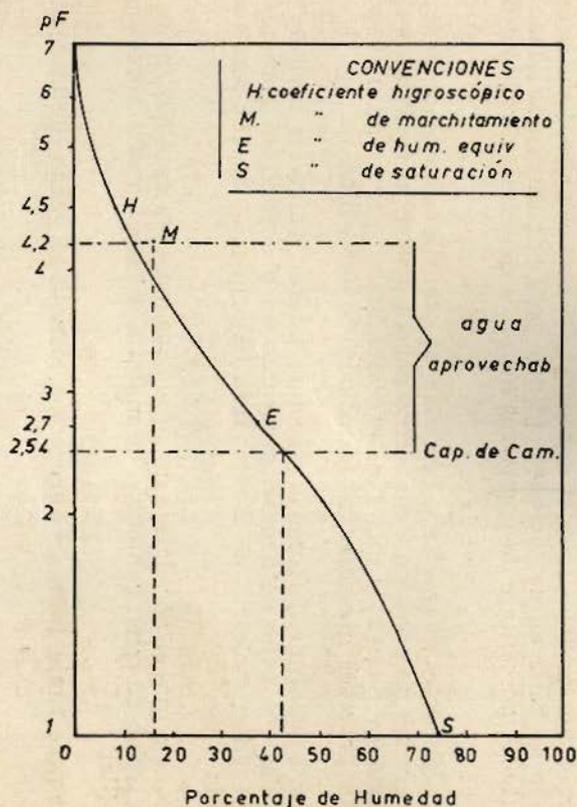


Fig. 24 CURVA de pF Serie UNION

D).— **Agregación.**

Para interpretar los resultados de la Tabla V se debe considerar que los agregados mayores de 2 mm. son los determinantes de una mejor formación estructural del suelo. La serie La Benedicta que fué escogida teniendo en cuenta sus propiedades físicas normales, tiene un porcentaje de 53% de tales agregados, lo que permite deducir que un suelo se halla en condiciones óptimas para ser trabajado cuando presente un porcentaje de agregados mayores de 2 mm. alrededor del 50%.

En las series Potrerito y Limonar, se observa un alto porcentaje de agregados mayores de 2 mm. Esto parece ocurrir porque las series mencionadas muestran una fuerte cementación que viene a desvirtuar los procesos normales de formación de agregados.

Por el continuo laboreo a que han estado sometidas las suertes cultivadas con caña de azúcar, presentan en promedio un porcentaje de agregados, mayores de 2 mm. más bajo que las demás series estudiadas.

Se nota que el porcentaje de agregados mayores de 2 mm. es bajo en las series de buen contenido de materia orgánica y alto porcentaje de arcilla.

El porcentaje total de agregación, denota el grado de agregados

— T A B L A VII —

Porcentajes de materia orgánica y arcilla de las series estudiadas (*)

Seria	Mat. Org.	Arcilla
Corozal	1.55	27
Unión	0.57	44
Gramal	1.20	49
Aguablanca	1.55	50
Chumbún	1.90	51
El Rodeo	7.65	32
Cafiaveral	1.14	55
Potrerito	2.76	45
Limonar	2.27	38
Meéndez	1.86	16
Suerte 6	2.38	24
Suerte 50	2.27	22
Suerte 77	2.38	32
Suerte 17-B	1.03	32
La Benedicta	2.38	20

(*) El porcentaje de arcilla y materia orgánica de las series de la región de Aguablanca, fueron facilitadas por la Sección Agrológica de la C.V.C. Los porcentajes de las otras series se determinaron en la Facultad de Agronomía de Palmira.

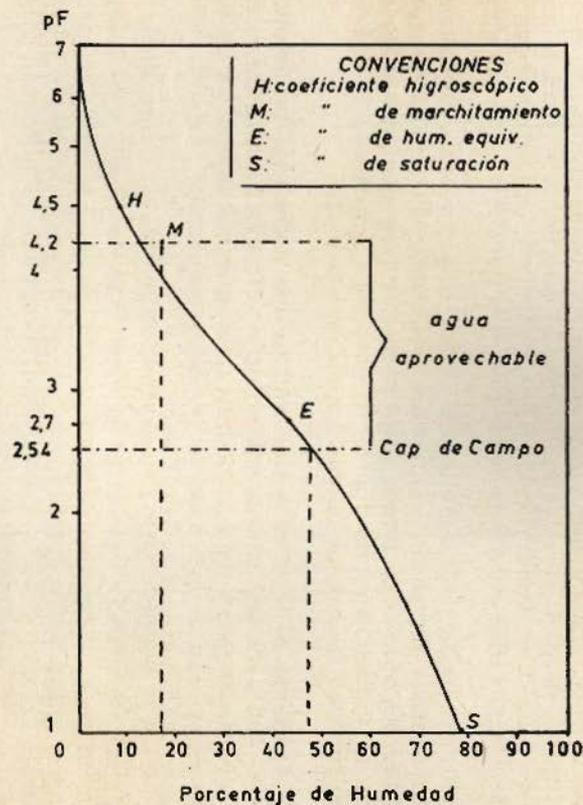
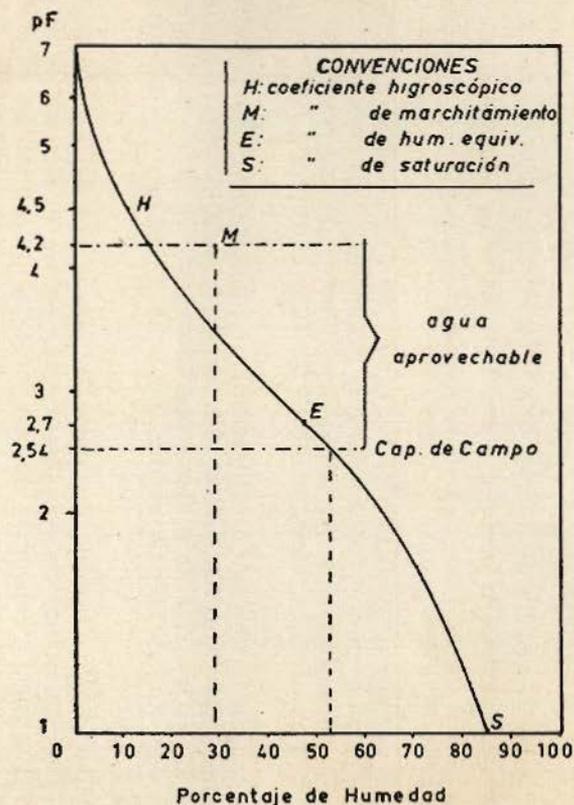


Fig.25 CURVA de pF Serie GRAMAL

Fig.26 CURVA de pF Serie AGUABLANCA

de diferentes tamaños que integran un suelo dado, luego de eliminar los separados mecánicos o partículas primarias y no se puede tomar como norma para apreciar el tipo de estructura de un suelo. (ver Figuras).

F). — Relaciones de humedad.

En la Figura 22 se pueden observar relaciones entre algunas propiedades físicas, basadas en el gradiente de humedad.

En los suelos de mayor contenido de materia orgánica, los límites plásticos superior e inferior aumentan, pero no influye el índice de plasticidad. El valor del límite plástico inferior se acerca mucho al valor de la humedad equivalente en los suelos de Aguablanca y se apartan un poco en los suelos de "La Manuelita".

La capacidad de retención de agua de los suelos de Aguablanca se incrementa a medida que se alejan del río Cauca hasta la serie El Rodeo, disminuyendo luego a medida que se aproximan a la cordillera. Se exceptúan de este caso las series Aguablanca y Meléndez que están poco influenciados por el Río Cauca.

Se observa también que entre la capacidad de campo y el límite plástico inferior, la diferencia es muy poca, lo cual viene a reforzar el concepto expresado a atrás, en cuanto que un suelo se puede trabajar favorablemente cuando muestre un contenido de humedad alrededor del límite plástico inferior.

En todas las series se observa una relación directa entre sus propiedades y su capacidad de retención del agua.

E). — pF^0 de las series.

De acuerdo con la Tabla VI los suelos de Aguablanca presentan mayor capacidad para retener agua que los suelos cultivados con caña de azúcar; destacándose sobre todo aquellas series de mayor contenido de arcilla y materia orgánica, como El Rodeo, Chumbún y Cañaveral.

La capacidad de campo es ligeramente mayor que la humedad equivalente para todos los suelos, alcanzando la máxima diferencia en la serie El Rodeo, rica en materia orgánica y arcilla. Para series menos pesadas esta diferencia es más pequeña y ejemplo de ello es la serie Corozal.

En general se observa que todas las constantes de humedad son mayores en los suelos de Aguablanca que en los demás suelos estudiados. Esta mayor capacidad de retener agua que presentan aquellos suelos se debe principalmente a que su estructura no ha sido alterada por acciones mecánicas, en contraste con los suelos del ingenio "La Manuelita" que han soportado continuas labores agrícolas que han alterado su estructura. (Ver curvas de pF).

La influencia del hecho anotado antes queda demostrada porque los suelos de las suertes 6 y 50, donde se ha cultivado caña de

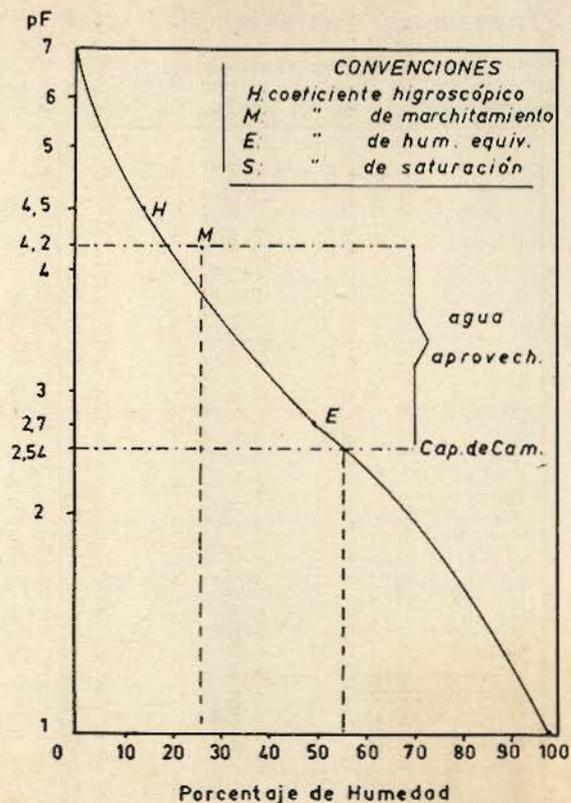


Fig.27 CURVA de pF Serie CHUMBUM

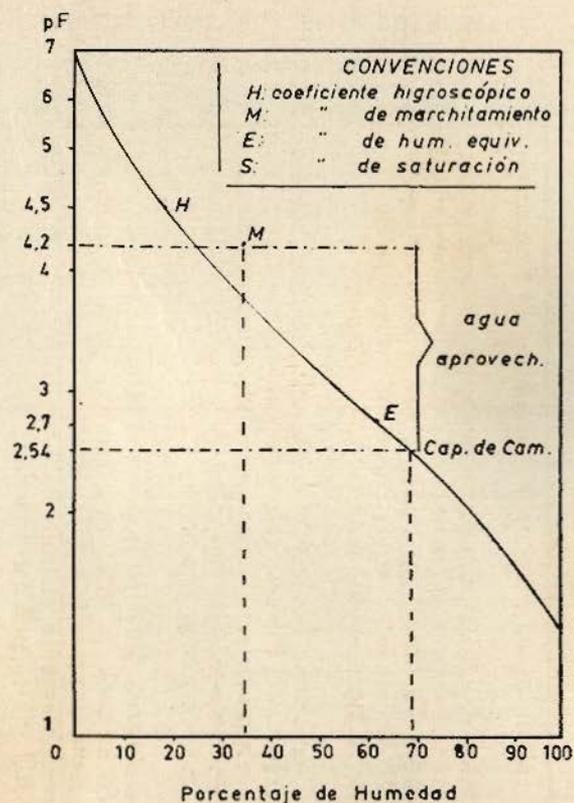


Fig.28 CURVA de pF Serie EL RODEO

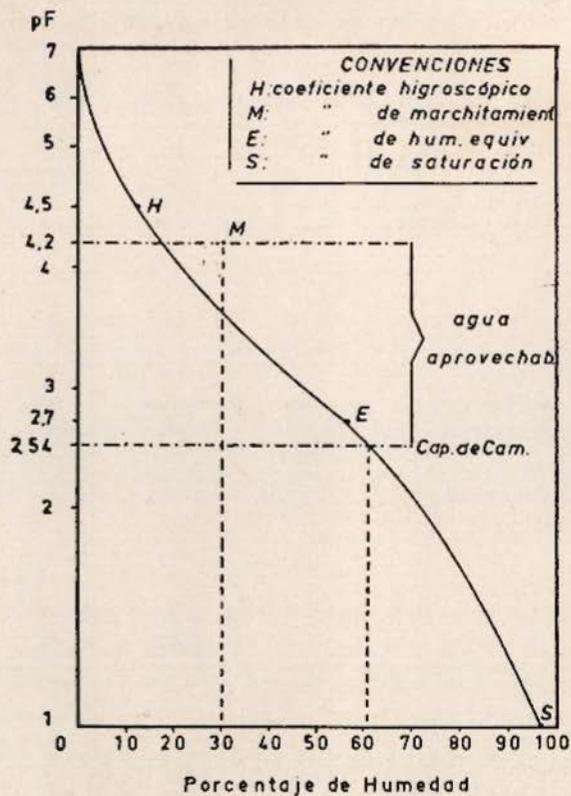


Fig.29 CURVA de pF Serie CAÑAVERAL

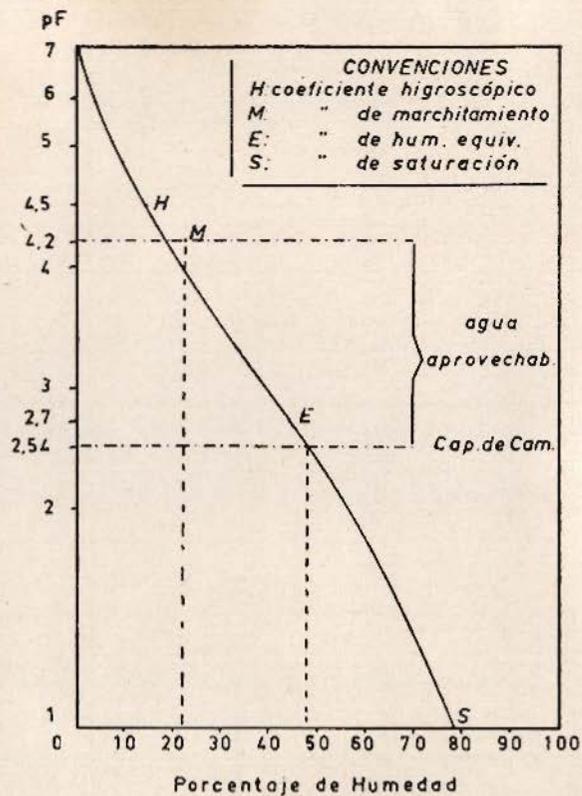
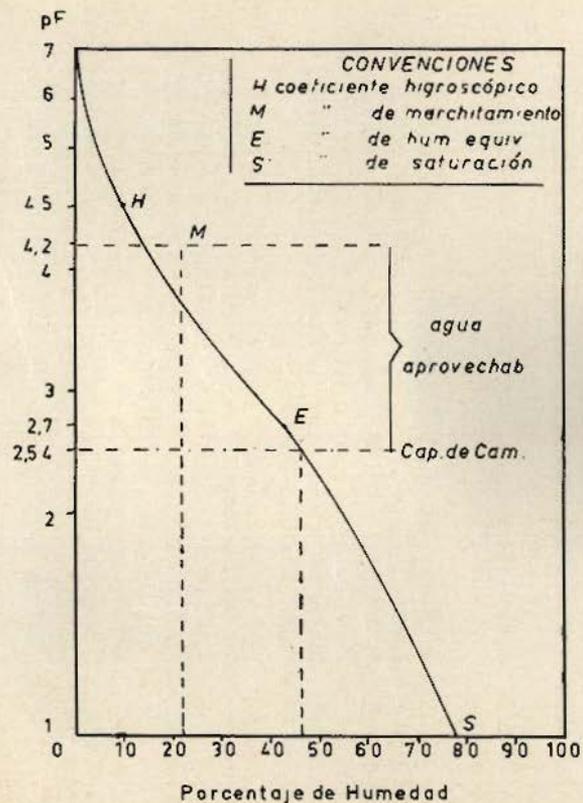
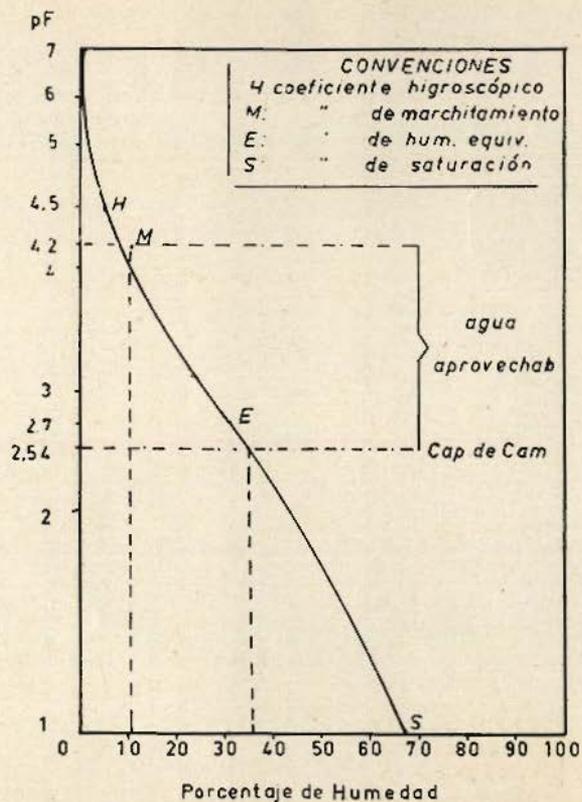


Fig.30 CURVA de pF Serie POTRERITO



azúcar por espacio de 100 y 70 años respectivamente, presentan la más baja capacidad de retención de agua.

Sugerencias.— Actualmente se están efectuando trabajos de desecación de la zona de Aguablanca y se construye un dique paralelo al río Cauca para descartar posibles inundaciones en la región. La desecación de las series más pesadas de la zona que comprenden el basin y el delia-abanico, traerá como consecuencia una fuerte cementación que limitará las labores agrícolas hasta hacerlas anti-económicas por requerir el empleo de maquinaria de gran potencia para laborarlas.

Si se piensa recuperar estos suelos para la agricultura debe comenzarse por establecer un programa de irrigación muy completo, incorporar abonos verdes, cal agrícola, sembrar plantas de raíces profundas con el objeto de lograr una estructura aceptable. De no hacerse lo anterior deben dedicarse estos suelos a la urbanización como en efecto ya se ha comenzado a hacer.

Las demás series de la zona de Aguablanca están dedicadas a la agricultura y a la ganadería. Sus recomendaciones pueden estudiarse en la descripción que de ellas se ha hecho. (Ver apéndice).

En los suelos del ingenio "La Manuelita" se observa un bajo porcentaje de agregados mayores de 2 mm. Se sugiere incorporar abonos verdes; cal agrícola si el pH lo permite y estudiar la posibilidad de aplicar acondicionadores sintéticos, con el objeto de obtener una mejor estructura y lograr así que los trabajos agrícolas sean más eficientes.

CONCLUSIONES

De la anterior discusión se pueden extraer los siguientes puntos en relación con los suelos estudiados:

1º— Los procedimientos y métodos empleados para la determinación de las propiedades físicas estudiadas se pueden seguir para analizar cualquier tipo de suelo.

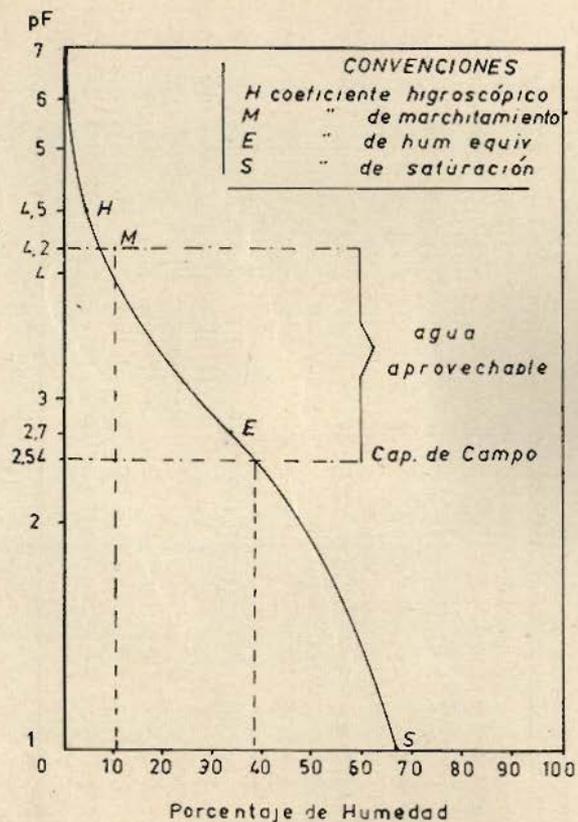
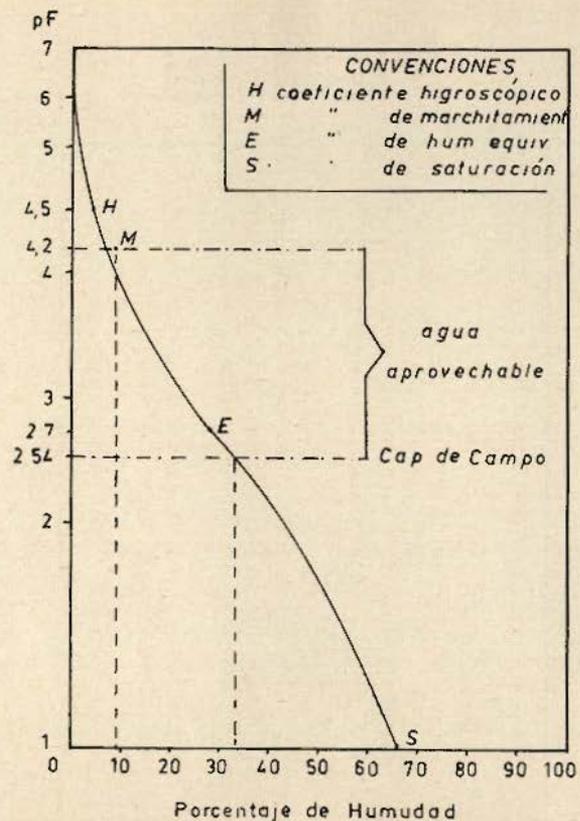
2º— La materia orgánica aumenta la plasticidad en suelos livianos y la atenúa en suelos pesados. En suelos normales se observa mayor plasticidad en el suelo superficial que en el subsuelo.

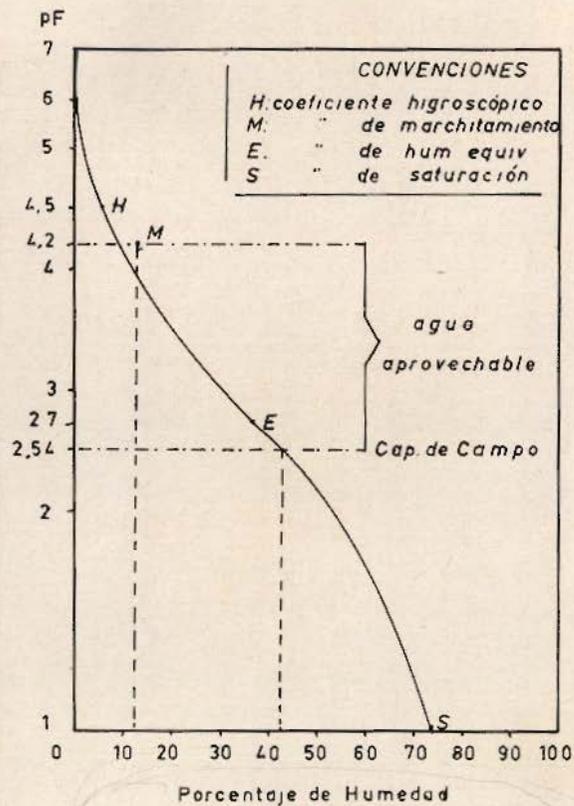
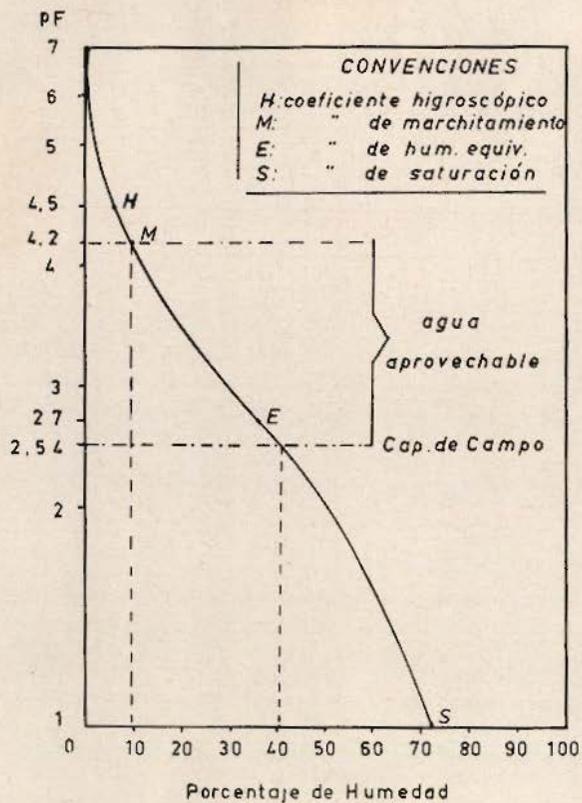
3º— Un suelo se puede trabajar con eficiencia cuando presenta una humedad alrededor del límite plástico inferior.

4º— El límite plástico inferior de la región de Aguablanca se obtiene muy cerca del valor del coeficiente de humedad equivalente y por lo tanto pueden trabajarse alrededor de estos contenidos de humedad.

5º— Se puede considerar una estructura buena cuando el suelo presenta un contenido de agregados, mayores de 2 mms. alrededor del 50%. Esta propiedad es muy afectada por las labores agrícolas.

6º— El porcentaje de agregación no ofrece relación con las de-





mo

más propiedades físicas y no se puede tomar como base para apreciar el tipo de estructura.

7º— En suelos con igual contenido de materia orgánica, entre mayor es la densidad real, menor es su plasticidad.

8º— La capacidad de retener agua, de los suelos de la región de Aguablanca, se incrementa a medida que se alejan del cauce del río Cauca y decrece cuando se van aproximando a la montaña.

9º— Cuando un suelo, a un bajo contenido de humedad, se hace plástico, se considera que tiene poca plasticidad y viceversa.

10.— Las propiedades físicas estudiadas, en general presentan valores numéricos menores en los suelos sometidos a labores agrícolas que en los suelos no trabajados.

11.— La desecación de los suelos de la región de Aguablanca traerá como consecuencia una fuerte cementación que limitará su uso para la agricultura.

12.— El programa de manejo para recuperar los suelos de Aguablanca exige adecuadas prácticas de irrigación, abonos verdes y enclamiento.

RESUMEN

PROPIEDADES FISICAS DE ALGUNOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

Por: Adames, J. E. y Levy L.

En el presente trabajo se estudiaron algunas propiedades físicas de los suelos inundables de la región de Aguablanca, de algunas suertes del ingenio azucarero "La Manuelita" y de la serie "La Benedicta", escogida como patrón, con el objeto de determinar sus mejores usos y comparar entre sí sus propiedades. Para cada serie se estudiaron las propiedades siguientes: Consistencia del suelo húmedo (Plasticidad), consistencia del suelo seco al aire (Resistencia); por medio de la densidad real y aparente del suelo, se determinó la porosidad. Se determinó el porcentaje de agregación del suelo y las constantes de humedad. Se trazaron las curvas de pF y las gráficas de agregación.

Para determinar la agregación se construyó el aparato adecuado.

De los resultados obtenidos se estableció una tabla de plasticidad y se concluyó que los suelos inundables de la región de Aguablanca, presentan en general propiedades físicas diferentes con respecto a los suelos cultivados con la caña de azúcar y a la serie patrón. En aquellos su uso agrícola está muy limitado, mientras que en estos puede continuarse. Además se hicieron algunas sugerencias para lograr un uso y manejo más adecuado de estos suelos.

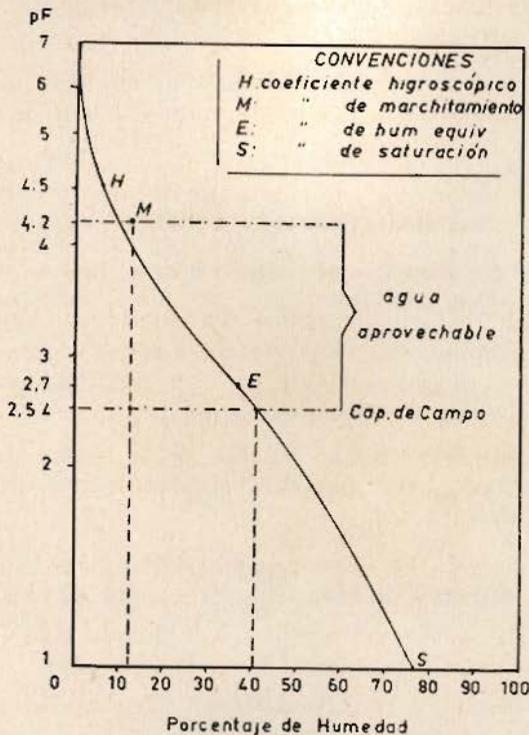


Fig. 37 CURVA de pF Serie LA BENEDICTA

SUMMARY

By: Adames, J. E. and Levy, L.

PHYSICAL PROPERTIES OF SOME SOILS IN THE CAUCA VALLEY

In the present paper it was studied some physical properties of the flooding soils of Aguablanca area; of some lots of sugar cane of "La Manuelita" sugar mill and the soil series of "La Benedicta", which was chosen as pattern with the object to determine its better use and compare its properties within them. The following characteristics were studied for each serie: Consistence of the humid soil (Plasticity); consistence of the air dried soil (Resistance), specific gravity and bulk density were used to determine porosity; the percentage of aggregation of the soil and the constants of humidity were determined. Curves of pF and graphics of aggregation are presented.

An adequate apparatus was constructed for the determination of aggregation.

A table of plasticity was established from the results obtained. It was concluded that the flooding soils of the Aguablanca area, in general present different physical characteristics with respect to

the cultivated soils with sugar cane and to the pattern series. The agricultural use in the former is limited while in the second one might be continued.

Some suggestions for a more adequate use and management of those soils, was made.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ALBAREDA, J. M.— El suelo. Madrid, Imp. Biosca. 485 p. 1.949.
2. ALDERFER, R. B.— Soil structure studies with synthetic conditioners. Pensilvania Exp. St. bul. 586: 46 1.954.
3. ALLISON, L. E., et al.— Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U. S. Department of agriculture. Agricultural hand book: 61-25. 1.954.
4. ANONIMO.— El suelo; aterronado o poroso? Agrc. de las Amer. 6 (9): 17-20, 68. 1957.
5. ATTERBER, A.— Die Plastizität der Tone. Berlin, Int. Mitt. für Bodenk. 1: 10-43. 1.911.
6. BAVER, L. D.— Soil permeability in relation to non-capillary porosity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3: 52-56.
7. —————.— Soil physics. 3th. ed. New York, John Wiley & Sons. 370 p. 1.956.
8. BLAIR, E.— Manual de riegos y avenamientos. Lima, Inst. Interamer. Cia. Agr. Zona Andina. Proyecto 39. 4-10. (sin fecha).
9. BODMAN, C. B.— Methods of measuring soil consistency. Soil Sci. 68: 37-56. 1.949.
10. BRAKE, R. G. and J. B. PAGE.— Direct measurement of gaseous diffusion in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13: 37-41. 1.948.
11. DEMOLON, A.— Dynamique du sol. 4em. ed. Paris, Dunod. 414 p. 1.948.
12. ELSON, J.— 4 years of the effects of crop, lime manure, and fertilizer on macro-aggregation of Dunmore silt Loam. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 8 87-90. 1.943.
13. EMERSON, P.— Principles of soil technology. New York, Mc-Millan. 145-165. 1.936.
14. GARNER, M. and D. Telfair.— New techniques for the study of restoration of compacted soil. Science 120: 668-669. 1954.
15. GONZALEZ, A.— Curvas de pF de dieciseis suelos del Tolima y del Valle, Colombia. Facultad de Agronomía de Palmira, 48 p. Tesis 1.953.
16. HOPP, H. and H. T. HOPKINS.— Earthworms as a factor in the formation of water conservation Soil Conserv. Soc. Amer. 1: 11-13. 1.946.

17. HUBBEL, D. S. and T. M. STUBBLEFIELD.— The effects of soil amendments on soil aggregation and on water movement. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **13**: 519-522. 1.948.
18. ISRAESEN, O. W.— *Irrigation principles and practices*. 2nd. ed. New York, John Wiley & Sons. 405 p. 1.953.
19. JOFFE, J. S.— *Pedology*. 2nd. ed. New Jersey, Pedology publications 622 p. 1.949.
20. LUTZ, J. F.— *Soil physics laboratory, Minnesota University (conferencias mimeografiadas)*.
21. LYON, T. L. and H. O. BUCKMAN.— *Edafología*. México, Edit. Continental. Trad. Victor S. Nicollier. 479 p. 1.956.
22. MADRID, C.— *Algunas propiedades físicas y químicas de los suelos de las regiones tropicales*. Medellín, *Rev. Fed. Nal. de Agronomía* **8**: 42-47. 1948.
23. MISCENKO, N. F.— *Methods of fixation and porosity determination in the study of soil mechanics*. *Agric. Engin.* **16**: 23-29. 1.935.
24. MISONO, S. and A. KISHITA.— *Studies on the soil structure*. Nishigahara, Tokio, *Nat. Inst. Agric. Sci. bul. Series B-7*: 121-122. 1.957.
25. ————— and S. SUTO.— *Study on the micro-structure of soil*. Nishigahara, Tokio, *Nat. Inst. Agric. Sci. bul. Series B-8*: 257-259. 1.958.
26. NASON, H. K.— *Veamos lo que hay de cierto sobre los acondicionados de suelos*, St. Luis, Missouri. *Monsato chemical. bol.* (sin fecha).
27. PEELE, T. C.— *Microbial activity in relation to soil aggregation*. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **32**: 204-212. 1.940.
28. RAMIREZ, A.— *La producción de nitratos bajo incubación controlada como un método para medir la asimilación del nitrógeno de los suelos*. Palmira, Colombia. *Facultad de Agronomía*. 32 p. y apéndice. 1.958. (tesis no publicada).
29. RICHARDS, S. J., O. R. NEAL and G. D. BRILL.— *Aggregation of the silt and clay soil separates in relation to yields and runoff on Coastal Plain soils*. *Sci. Soc. Amer. Proc.* **13**: 23-26. 1.948.
30. THOMPSON, L. M.— *Soil and soil fertility*. McGraw Hill. 339 p. 1.952.
31. VEIHMEYER, F. J. and A. H. Hendrickson.— *Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soil*. *Soil Sci.* **68**: 75-75, 89. 1.949.
32. VELASQUEZ, G.— *Presentación de trabajos de carácter técnico*. Cali, Colombia. *Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca*. 1.959.

33. WEHR, F. M.— The Atterberg consistency constants of some Nebraska soil in relation to tilth. Nebraska Exp. St. bul. 112: 5-13. 1.926.
 34. WOODRUFF, C. M.— Variations in the state and stability of aggregations as a result of different methods of cropping. Soil Sci. Amer. Proc. 4: 13-18. 1.939.
 35. YODER, R. E.— A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Jour. Amer. Soc. Agron. 28: 337-351. 1.936.
-