

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE
Y REAL POR DIFERENTES METODOS
(CAMPO Y LABORATORIO)

EXAMEN PRACTICO

PRESENTA

JAVIER JAIME CHAPA VALLE

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE 1977



CHIAPA VAMU

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

1838

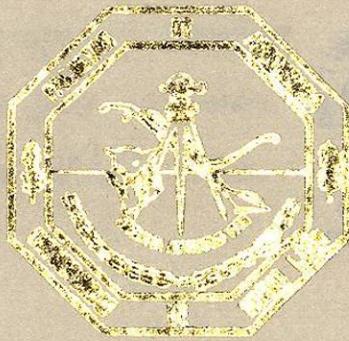
1838



1080061728

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE
Y REAL POR DIFERENTES METODOS
(CAMPO Y LABORATORIO)

EXAMEN PRACTICO

PRESENTA

JAVIER JAIME CHAPA VALLE

INVENTARIO DE
AUDITORIA
U. A. N. L.

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE 1977

5103

A handwritten signature or set of initials in dark ink, located in the bottom right corner of the page.

T
5593
CH3

040.631

FA9

1977

C.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



UNIVERSIDAD RAFAEL ÁNGEL
FO DO
TESIS LICENCIATURA

F-Tesis

A MIS PADRES

SR. JAIME CHAPA MIRELES

SRA. ORFALINDA VALLE DE CHAPA

Que supieron mostrarme el camino
bueno de la vida y por quienes-
he logrado alcanzar esta meta.

A MIS HERMANAS

MIREYA

MARIVEL

ANA BERTHA

MAGDA ALICIA

AL

ING. JUAN E. AGUIRRE COSSIO

Por su acertada dirección en
el desarrollo del Presente -
Trabajo.

A TODOS MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS

A todas las personas que de una -
forma u otra cooperaron para la -
realización de este Trabajo.

RECEBIDO
A 10/10/1978

A MI NOVIA

DEYANIRA GARZA DE LEON:

En reconocimiento a la comprensión,
amistad y cariño, que entre nosotros
existe y porque podamos pronto com--
partir nuestras vidas.

I N D I C E

	PAGINA
I.- INTRODUCCION.	1
II.- LITERATURA REVISADA.. . . .	2
Densidad Aparente..	2
Densidad Real.	6
Espacio Poroso..	19
Textura.	20
Estructura.	21
III.- MATERIALES Y METODOS.	23
Determinación de la Densidad Aparente.	
Método de la Parafina.	23
Resultados.	25
Métodos de Plástico y Agua.	26
Resultados.	27
Determinación de la Densidad Real	
Método del Picnómetro.	29
Resultados.	31
IV.- BIBLIOGRAFIA.. . . .	35

I N T R O D U C C I O N

El suelo es la capa de materiales orgánicos y minerales - que cubren la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman sus alimentos para su nutrición.

En el estudio de los suelos es de suma importancia cono-- cer sus propiedades físicas, ya que tienen que ver con la ca-- pacidad que tienen para muchos usos a los cuales el hombre -- los sujeta. La rigidez y la fuerza de sostenimiento, en con-- diciones húmedas y secas, la capacidad de drenaje y el almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la pene-- tración de las raíces, la aireación, la retención con la con-- dición física del suelo.

El presente trabajo tiene como finalidad la determinación de dos de éstas propiedades, Densidad Aparente y Densidad de- Partícula, (Densidad real del Suelo).

Las muestras de suelo para efectuar éstas determinaciones fueron tomadas del Campo Experimental Agropecuario, ubicado - en Marín, N. L., y las determinaciones fueron efectuadas en - el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la -- U.A.N.L., en Noviembre de 1977.

LITERATURA REVISADA

DENSIDAD APARENTE.

La Densidad Aparente del suelo es el peso por unidad de volumen del mismo, secado en estufa. Comúnmente se expresa en gramos por centímetro cúbico. (9)

La Densidad Aparente de un suelo, es un valor ampliamente usado. Se utiliza para convertir el porcentaje de agua a contenido por volumen; para calcular la porosidad cuando se conoce la densidad real de las partículas y para estimar el peso de un volumen de suelo muy grande.

El valor de la densidad aparente es variable aún para un mismo suelo. Varía con la condición estructural del suelo, particularmente con aquella relacionada con su compactación. Por esta razón a medida se usa como una medida de la estructura del suelo. (5)

La Densidad Aparente de casi todos los suelos va desde 1.0 gr./cm³ para arcillas, hasta 1.8 gr./cm³ para arenas. La densidad aparente puede ser un factor crítico en la productividad del suelo. Veihmeyer y Hendickson (1946) encontraron que las raíces de las plantas no pueden penetrar un suelo de tipo migajón gravoso cuando la densidad del volumen excedió un valor de 1.8 gr./cm³. De igual manera, cuando la densidad del volumen de los suelos de textura media o fina sobrepasan 1.7 gr./cm³,

la conductividad hidráulica será tan baja que se pueden anticipar las consiguientes dificultades de drenaje. (10)

Para la determinación de la densidad Aparente existen varios métodos, a continuación se citan algunos de ellos:

Método de la Parafina:

Materialés: Balanza Hidrostática, placa eléctrica y Parafina.

Método: Tome un terrón de tierra, seco al aire, de tamaño -- apropiado y sujételo al extremo de un hilo fino. Pese el conjunto. (P). Coloque en la placa eléctrica una cápsula de porcelana con parafina y espera a que se funda completamente. - Déjela enfriar, pero sin que llegue a solidificarse. Sumerja el terrón de tierra hasta que todo él quede bien recubierto - de parafina y sáquelo seguidamente. Repita esta operación -- una ó dos veces más hasta tener certeza que el terrón ha quedado bien impermeabilizado. Deje enfriar el terrón y péselo- (S). Seguidamente vuelva a pesar el terrón sumergido en agua destilada (A).

Calcule la densidad aparente por la siguiente expresión:

$$D = \frac{P}{S - A - \frac{S - P}{F}};$$

en la que

$$F = \text{densidad de la parafina} \quad (8)$$

Método de Plástico y Agua:

Materiales: Polietileno delgado transparente de 50 cm. x 100 cm., recipiente con agua de 20 Lts. de capacidad, probetas de 100 y 1000 milímetros, pala recta, cucharón y espátula, bolsas de polietileno y botes de humedad.

Método: Seleccionar un lugar representativo de la parcela en que va a hacerse la determinación. Emparejar y limpiar la superficie. Excavar un pozo de aproximadamente 20 cm. x 20 cm. y a la profundidad necesaria. Recoger todo el suelo en una bolsa de polietileno y amarrarla. Cubrir el pozo con el polietileno y llenarlo de agua hasta la superficie, aforando con probetas y anotando el volumen correspondiente.

La bolsa con el suelo se lleva al laboratorio y se pesa, se toma una muestra para determinar el contenido de humedad secándolo en la estufa a 110°C hasta peso constante. Con el contenido de humedad se determinará el peso del suelo seco y con éste y el volumen, la densidad aparente.

$$D_a = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen total}} \quad (7)$$

Método del Cilindro:

El método más simple es el de obtener muestras de perfil de suelo, mediante la introducción de pequeños cilindros metálicos (acero, cobre ó bronce) con uno de sus extremos afilado, introducidos en la superficie del perfil, los que luego se extraen con una pala pequeña ó paleta. Un tamaño conveniente de cilindro es el de 5 cm. de diámetro por 5 cm. de largo. El suelo que sobresale de los extremos del cilindro se elimina al ras con un cuchillo de buen filo. Puede usarse un mazo de jebe para introducir los cilindros en la superficie del perfil. Debe tenerse cuidado de no comprimir el suelo durante el muestreo. El cilindro se introduce de manera que el borde superior queda a nivel con la superficie del perfil; para el efecto, sirve un cilindro de extremos romos colocado sobre el primero para ayudar a introducirlo. Como el suelo es un material heterogéneo en su estado natural, generalmente se toman varias muestras (4 ó 5) en cada horizonte. El número de horizontes por muestrear depende de la estratificación del suelo y del grado de precisión requerido en la investigación.

También pueden tomarse muestras verticales con cilindros en suelos sueltos migajosos, ó muy arenosos, donde sea difícil obtener muestras horizontales. Estas se obtienen de una-

serie de gradas que cavan en la calicata a las profundidades requeridas y sobre cada una de las cuales se introducen los cilindros verticalmente.

El suelo se saca del cilindro con una cuchilla, se pone en bolsas plásticas pequeñas y se lleva al laboratorio, donde se pesa, se seca en la estufa y nuevamente se pesa. Esto proporciona no solamente el peso del suelo seco del mismo volumen que el cilindro, sino también el contenido de humedad del suelo en el momento del muestreo. El peso del suelo seco, dividido entre el volumen del cilindro, de la densidad aparente del suelo no alterado. (6)

DENSIDAD REAL.

Este concepto se refiere a la densidad de las partículas sólidas en conjunto. Se expresa como la relación de la masa total de las partículas sólidas a su volumen total, excluyendo los espacios que ocupan los poros entre ellas las unidades comúnmente usadas son gramos sobre centímetros cúbicos. (gr./cm^3)

La densidad de las partículas se usa en muchas expresiones matemáticas en donde se considera el volumen ó el peso de una muestra de suelo. (5)

El conocimiento de la densidad de las partículas de sue

lo es importante para calcular:

- a).- La porosidad total del suelo empleando los datos de densidad aparente.
- b).- La concentración de sólidos suspendidos para la evaluación de la densidad de suspensión; y
- c).- La velocidad de sedimentación de las partículas en líquidos ó gases. (4)

Se observa que la densidad real de los suelos minerales está en el límite inferior del de las rocas y se aproxima al del cuarzo. Puede adoptarse como valor medio 2.60 para la capa arable de todos los suelos minerales que no contengan más de 3% de materias orgánicas. Más allá de esta cifra, deberá hacerse una corrección sustractiva sensiblemente igual a $\frac{1.5 \times M. \text{ org.}}{100}$. Poreste hecho, los suelos turbosos y los de los prados bajan muy senciblemente por debajo de la cifra media citada antes. En general, el valor de D aumenta hasta el horizonte C. Sin embargo, como ya vemos, las variaciones de densidad renal pueden considerarse generalmente débiles, en comparación con las que se observan en la densidad aparente.

así como los materiales y el procedimiento a seguir: Método con probeta, método del picnómetro, método con agua y método con queroseno.

METODO BURDO CON PROBETA.

Materiales: Matraz aforado de 500 ml., Balanza de -- 0.1 gr. de aproximación.

Método: El matraz limpio y seco se pesa (P_1). Se pesan de 100 a 150 gr. de suelo seco a 105°C y finamente molido. Se agrega el suelo al matraz y se vuelve a pesar (P_2). Se añade agua lentamente y agitando, tratando de eliminar el aire ocluido. Se deja reposar 30 minutos y se afora. Se pesa el matraz contenido el agua y el el -- suelo (P_3) y se toma su temperatura. Se obtiene el volumen de agua en base a lo siguiente:

Densidad del agua a Diferentes Temperaturas

T - °C	Da
15 °C.0.999
20 - °C.. . . .	0.998
25 - °C.	0.997
30 - °C.	0.995

Cálculos.-

Peso del agua $P_3 - P_2 - P_1$

Volumen del agua Pa . da V_1

Da Densidad del agua

500 ml. - $V_1 = V_3$

Densidad Real $\frac{P_2 - P_1}{V_s}$

(2)

METODO DEL PICNOMETRO.

Materiales: Balanza hidrostática, Picnómetro de 50 ml. previamente tratado, ponga 5 gramos del suelo seco al aire y tamizado por el tamiz de 2 mm. Pese el conjunto. Seguidamente llene el picnómetro con agua destilada hasta el afo ro, procurando que todo el suelo quede recubierto bien con agua, sin que queden burbujas de aire. Repita la pesada y calcule la densidad por la siguiente expresión:

$$D = \frac{P}{V_1 - (P_1 - P_2)}$$

en donde:

P Peso de la muestra, en gramos

V_1 Volumen del picnómetro en mililitros

P_1 Peso del picnómetro con el suelo y agua, en gramos

P_2 Peso del picnómetro y la muestra, en gramos (8)

METODO CON AGUA.

Materiales: Varilla de vidrio para agitar, tubo capilar de 10 cm. de largo, frasco volumétrico de 250 ml. - tipo pyrex, balanza con precisión de 0.1 gr. embudo para líquido, termómetro de precisión con una escala de -10 a +101 °C con un intervalo de 1/2 °C y una tolerancia de ± 0.5 °C, estufa 110 °C, calentador eléctrico, toalla, -- vaso de 100 a 150 ml., vaso de 30 ml. agua destilada, hervida inmediatamente antes de usarse para eliminar el aire disuelto (2000 ml), porciones de suelo, de 110 - 130 gr.

Método: Use el frasco de 250 ml. Lávelo bien con detergente y llénelo con agua destilada hervida rebasando -- la marca aproximadamente en 1 cm. Mueva el agua en el -- frasco despacio con una varilla de agitar y procure que -- no se formen burbujas de aire. Coja el frasco con un aislador para que evite calentarlo con la mano. Mida la temperatura del agua. Inmediatamente después baje el menisco del agua hasta la marca usando un tubo capilar; seque el frasco por fuera con una toalla limpia y péselo. Vacíe el agua del frasco y deje que éste se drene bien; luego -- póngalo en un horno a 110°C por 24 horas para que se se-- que completamente.

Tome dos muestras de suelo (55-65 g) en latas ya pesada

das y déjelas en el horno a 110°C por 24 horas para determinar la humedad. Pese el frasco de 250 ml. limpio y seco. Pese aproximadamente, 110-130 g de suelo secado al aire sobre un pedazo de papel y échelo en el frasco. Pese el frasco y el suelo con una precisión de 0.1 g. Determine dos muestras.

Agregue aproximadamente 100 ml. de agua al suelo en el frasco y mézclelos completamente. No deje que se haga mucha espuma y no agite la suspensión muy fuerte porque puede perderse el suelo, lo que constituye una fuente común de error. Use como aislador, para sostener el frasco un pedazo de papel o tela.

Para eliminar el aire del suelo deje hervir la muestra por 2 ó 3 minutos después que haya comenzado la emergencia del vapor del frasco.

Tape el frasco con un vaso de 30 ml. y enfríelo; puede dejarlo enfriarse durante la noche, método que es preferible porque hay un mejor control en el proceso del enfriamiento. Si lo quiere enfriar rápidamente, use agua destilada hervida y enfriada a la misma temperatura de la suspensión en el frasco, ó a la temperatura del ambiente. Seque el frasco por fuera con una toalla limpia. Mueva suavemente la mezcla con una varilla de agitar y procure-

que no se formen burbujas de aire. Coja el frasco con un aislador para que no lo caliente con la mano. Saque la varilla de agitar y lave el suelo que queda en ella, hacia el frasco, con algunas gotas de agua destilada.

Mida la temperatura de la suspensión poniendo un termómetro limpio en el centro del frasco. Al sacar el termómetro, lávele el suelo adherido hacia el frasco con agua destilada. Inmediatamente después, agréguele agua destilada hasta la marca y luego pese el frasco. Generalmente hay más control si llena el frasco de agua destilada sobre la marca y después baja el menisco con una tubo capilar, como se hace en el caso del solvente puro. Con este método hay peligro de perder suelo en la suspensión, por lo que el acercamiento a la marca se hace después desde abajo.

No pierda nada de la suspensión del suelo y anote la temperatura de la suspensión y del agua para conseguir buenos resultados en los cálculos. Determine las muestras duplicadas.

Resultados:

Calcule:

M_f = masa del frasco seco (g, precisión 0,1 g);

- $(M_{ag})_c$ = masa del agua en el frasco lleno, a una temperatura dada para calibrar el volumen del frasco;
- $(D_{ag})_c$ = densidad de agua en la temperatura de calibración (g/ml);
- $(V_{ag})_c$ = volumen del frasco por calibración (ml) = $(M_{ag})_c / (D_{ag})_c$;
- M_p = masa (secada al horno) de las partículas del suelo = $(M_p)_a / (1 + H/100)$;
- $(M_p)_a$ = masa del suelo secada al aire;
- H = por ciento de humedad en el suelo = $(\text{masa de agua del suelo} / M_p) \times 100$;
- D_{ag} = densidad del agua agregada al suelo o en la suspensión a una temperatura dada;
- M_{ag} = masa del agua agregada al suelo;
- V_{ag} = volumen del agua agregada al suelo durante la prueba = M_{ag} / D_{ag} ;
- V_p = volumen de las partículas = $(V_{ag})_c - V_{ag}$;
- D_p = densidad de las partículas = M_p / V_p ;
- (4)

METODO DE QUEROSENO

Materiales:

Use los mismos especificados para el procedimiento -- con agua, más queroseno industrial, además:

3 frascos volumétricos de 250 ml, tipo pyrex;

- 2 porciones de suelo secado al horno de 110-130 g;
- 1 termómetro ASTM tipo E1C, -20 a $+ 150^{\circ}\text{C}$, con tolerancia 0.5°C .

Método:

Determinación de la densidad del queroseno.

La calidad del queroseno disponible en el mercado es muy variable; debe determinarse la variación de la densidad según la temperatura de cada porción de queroseno a usarse en el experimento.

Determine los volúmenes exactos de los frascos de la manera siguiente: lávelos bien con detergente, luego con agua destilada, y llénelos con agua destilada hervida, rebasando la marca aproximadamente en 1 cm. Mueva el agua del frasco suavemente con una varilla de agitar y evite la formación de burbujas de aire. Coja los frascos con un aislador (papel). Mida la temperatura del agua poniendo un termómetro limpio en el centro del frasco. Inmediatamente después baje el menisco del agua hasta la marca usando un tubo capilar. Seque los frascos por fuera con una toalla limpia y péselos. Vacíeles el agua y déjelos que se drenen bien; luego póngalos en un horno a 110°C por 24 horas para que se sequen completamente; déjelos enfriarse; péselos después. Con estos datos puede calcular los volú-

menes de los frascos.

Guarde los frascos secos para el siguiente paso. Ponga aproximadamente 1000 ml de queroseno en un vaso de 2000 ml y hiérvalo por media hora, usando un calentador eléctrico, para eliminar el aire y la mayoría del agua absorbida—según la calidad del queroseno, el punto de ebullición puede variar entre 123°C a 190°C.

Enfríe el queroseno uniformemente hasta 35_40°C y llene un frasco rebasando la marca (1 cm más); muévelo suavemente con una varilla de agitar; evite la formación de burbujas de aire. Mida la temperatura del queroseno con un termómetro limpio que debe montar en el centro del frasco; inmediatamente después baje el menisco hasta la marca con un tubo capilar. Pese el frasco cuando la temperatura se acerque a la del ambiente. Inmediatamente después de agitarlo, la temperatura deberá estar entre 35_39°C.

Haga lo mismo con los otros dos frascos, enfriando el queroseno a 30_35°C y 25_30°C respectivamente. Si la temperatura ambiente es más baja, se pueden escoger temperaturas más bajas. Con estas determinaciones calcule la densidad del queroseno a las tres temperaturas y prepare un gráfico de la densidad versus temperatura. Use una escala en la cual 1 cm del gráfico corresponde a 0,001 g/ml de cam--

bio en la densidad.

Determinación de la densidad del suelo:

Haga determinaciones en duplicado. Seque 110_130 g. de suelo en el horno (110°C) por 24 horas y guárdelo sellado herméticamente. Pese un frasco limpio y seco de 250 ml con una precisión de 0,1 g. Vacíe el suelo secado al horno en el frasco y pese ambos inmediatamente, para evitar que el suelo absorba humedad del aire.

Agruégueme al frasco que contiene el suelo, aproximadamente 100 ml. de queroseno y mézclelo bien. Hiérvalo en un calentador eléctrico por media hora, agitando el frasco frecuentemente y no fume. Evite que se haga mucha espuma y no agite la suspensión muy fuertemente para no perder el suelo. No olvide de coger el frasco con un aislador de papel ó de tela.

Cubra el frasco con un vaso de 30 ml. y enfríelo dejándolo en reposo durante la noche. También puede enfriarse durante la noche el queroseno hervido. Llene el frasco casi hasta la marca (1,0 cm. abajo) con queroseno a la misma temperatura de la suspensión en el frasco ó a la temperatura ambiente. Mueva la mezcla suavemente con una varilla de agitar y evite la formación de burbujas. Lave el suelo adherido a la varilla con queroseno, de manera de que caiga

éste en el frasco. Mida la temperatura de la suspensión y lave el suelo del termómetro con queroseno. Coja el frasco y el vaso con queroseno con un aislador para evitar que la mano los caliente.

Inmediatamente después, llene el frasco con queroseno hasta la marca y péscelo. (Generalmente hay mejor control si se llena el frasco rebasando la marca y bajando después el menisco con un tubo capilar como se hace en el caso del solvente puro, pero hay peligro de perder suelo en la suspensión. Por eso, en este caso, el acercamiento a la marca se hace desde abajo). Determine los volúmenes exactos de los frascos tal como se indicó antes. Utilice los mismos frascos usados anteriormente para que no haga esta determinación dos veces. Nunca bote el suelo en el fregadero del laboratorio. Tírelo afuera.

Resultados.

Utilice los mismos cálculos que para el método del agua; use suelo secado al horno en vez de suelo secado al aire, y queroseno en vez de agua, excepto en el cálculo del volumen del frasco, en que debe usar la densidad conocida del agua destilada hervida. Calcule la densidad con cuatro cifras significativas y redondee el resultado a tres cifras. (4)

El espacio poroso no es una propiedad específica de un suelo dado, sino que depende de su estructura temporal. El cultivo produce el efecto de aumentar el espacio poroso, mientras que, por otra parte puede disminuir por presión o pisado.

Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que sólo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material suelo. El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo están ocupados en parte por agua y en parte por aire.

El espacio poroso aumenta con la adición de materia orgánica, y puede llegar hasta un 60% ó más en los suelos de hierba. Los suelos de arcilla presentan variaciones más amplias del espacio poroso que los suelos de arena. (1)

El espacio poroso total en un suelo arenoso puede ser bajo, pero una gran proporción de éste, está compuesta de poros grandes, los cuales son muy eficientes en el movimiento del agua y aire. El porcentaje del volumen ocupado por poros pequeños en suelos arenosos es bajo, lo cual es responsable para su baja capacidad de retención de agua. El contraste, los suelos superficiales de textura fina, tienen más espacio poroso total y una proporción relativamente grande de éstos, está compuesta de poros pequeños.

El resultado, es un suelo con una mayor capacidad de retención de agua. El agua y el aire se mueven a través del suelo con dificultad, debido a que hay pocos poros grandes. Por lo tanto, vemos que el tamaño de los espacios porosos en el suelo, pueden ser tan importantes como la cantidad total (9).

TEXTURA:

El termino textura se refiere al tamaño relativo de las partículas del suelo. Es indicadora de la finura ó la aspereza del suelo. Más específicamente, la textura es la proporción relativa de los diferentes grupos diminsionales ó fracciones. (8)

La Textura del Suelo Superficial se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que existe en el horizonte A. Esta característica se relaciona estrechamente con la facilidad de trabajar los terrenos y con su resistencia a la erosión.

Nombre del Separado	Tamaño de las Partículas en mm.	
Arena muy gruesa	2.0	1.0
" gruesa	1.0	0.5
" media	0.5	0.25
" fina	0.25	0.10

Nombre del Separado	Tamaño de las Partículas en mm.	
Arena muy fina	0.10	0.05
Arena muy fina		
Limo	0.05	0.002
Arcilla	Menos de	0.002

La Textura se ha usado para proporcionar algunas propiedades químicas como la capacidad de intercambio de Cationes C I C y algunas propiedades físicas como la retención de -- humedad, la consistencia y la infiltración. Sin embargo, -- tanto la naturaleza del mineral del suelo y su estructura, -- como la textura, influyen mucho sobre dichas propiedades -- (U.S. Bureas of Plant Industry and Agricultural Engineering) (4).

ESTRUCTURA:

Se entiende por estructura del suelo la forma de disposición de las unidades que lo constituyen. Si las unidades con partículas monogranulares (ó de grano simple), la es--- tructura está determinada por la forma del arreglo, por el tamaño y forma de las partículas y por la distribución de -- las partículas ó la proporción del tamaño de ellas. Cuando las dimensiones de los poros que dejan libres las partículas del suelo en una disposición compacta son proporcionadas a -- las dimensiones de los poros de un suelo compacto rígido -- son menores que las dimensiones de la extremidad de la raíz, la penetración de ésta es imposible. (6)

La estructura se refiere a la agregación de partículas primarias de suelo (arena, limo y arcilla) en partículas compuestas ó grupos de partículas primarias, las cuales están separadas de los agregados adyacentes por superficies de ruptura. La estructura de los diferentes horizontes -- del perfil de un suelo es una característica esencial del suelo, tal como son el color, textura, ó la composición química.

La estructura modifica la influencia de la textura --- respecto a las relaciones de humedad y aire, disponibilidad de nutrientes para las plantas, acción en microorganismos, desarrollo de la raíz. (9)

MATERIALES Y METODOS

Las muestras que se analizaron en el laboratorio para -- determinar la densidad aparente y la densidad real fueron tomadas del Campo Experimental Agropecuaria de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicado en Marín, N. L.

Para efectuar el muestreo se seleccionaron 3 lugares convenientes en el campo y se hicieron tres pozos a dos profundidades, de 0-30 cm. y de 30-60 cm. por lo cual se tomaron seis muestras. En la recolección del suelo en el campo se emplearon los siguientes materiales:

Pala recta, bolsas de polietileno, botes de 20 lts. para acarreo del agua, probetas, botes con tapa hermética, cinta-para medir, etiquetas.

DETERMINACION DE DENSIDAD APARENTE.

METODO DE LA PARAFINA.

Materiales:

Parafina

Terrón de tamaño apropiado

Estufa

Balanca

Botes con tapa hermética deslizante

Hilo (de coser)

Cuchillo ó espátula

Probeta graduada y Pipeta

Agua Destilada

METODO.

Previamente a las medidas debe dividirse el terrón de -- suelo en dos partes y después medir a uno el contenido de hu medad y a otro el volumen y el peso.

Para medir el contenido de la humedad se coloca un te--- rrón en un bote tapado y se lleva a la estufa a 110°C y se - expresa su contenido de humedad en base a suelo seco.

- a).- Pesar el terrón y amarrarlo cuidadosamente con un - hilo. Sumergirlo en parafina ligeramente viscosa - en tal forma que forme una película impermeable vis cosa alrededor del terrón.
- b).- Pesar el terrón más parafina.
- c).- Calcular el peso de la parafina, restando los dos - pesos anteriores.
- d).- Sumergir el terrón en una probeta graduada que con- tenga un volumen conocido de agua.
- e).- Esperar un minuto y hacer lectura del volumen final

RESULTADOS:

Muestra	Pozo	Profundidad (cm.)	Peso del Te- rrón seco (gr)	Peso del Te- rrón+Parafina (gr.)	Peso de la Parafina (gr.)
1	1	0 - 30	6.5	8.2	1.7
2	1	30 - 60	6.5	8.5	2.0
3	2	0 - 30	7.0	7.7	0.7
4	2	30 - 60	5.0	5.8	0.8
5	3	0 - 30	5.7	7.1	1.4
6	3	30 - 60	11.1	12.4	1.3

Muestra	Volumen sin Terrón ml.	Volumen con Terrón ml.	Volumen del Terrón ml.	Densidad Aparente gr/ml.
1	200	204.0	4.0	1.30
2	200	205.0	5.0	1.60
3	200	204.0	4.0	1.75
4	200	203.5	3.5	1.42
5	200	204.1	4.1	1.41
6	200	207.3	7.3	1.52

DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE.

Método de Plástico y Agua

Materiales:

Polietileno delgado transparente de 50 cm. X 100 cm.

Recipiente con agua de 20 lts. de capacidad.

Probetas de 100 a 1000 ml.

Pala recta, cucharón y espátula.

Bolsas de polietileno.

Botas de humedad.

METODO

- a) Seleccionar un lugar representativo de la parcela en -
que va a hacerse la determinación.
- b) .Emparejar y limpiar la superficie.
- c) Excavar un pozo de aproximadamente 20 cm. por 20 cm. y
la profundidad necesaria.
- d) Recoger todo el suelo en una bolsa de polietileno y --
amarrarla.
- e) Cubrir el pozo con el polietileno y llenarlo de agua -
hasta la superficie aforando con probetas y anotando -
el volumen correspondiente.

- f) La bolsa de suelo se lleva al laboratorio y se pesa.
- g) Se toma una muestra para determinar el contenido de humedad secándolo en la estufa a 110°C hasta peso -- constante.
- h) Con el contenido de humedad se determina el peso de suelo seco y con este y el volumen la densidad aparente. (7)

RESULTADOS

Los resultados de la densidad aparente por el método de plástico y agua se presentan a continuación:

Muestra	Pozo	Profundidad (cm)	Volumen (ml)	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Densidad Aparente gr/ml.
1	1	0 - 30	3800	64.55	5537.00	1.4570
2	1	30 - 60	3750	6500	5578.90	1.4930
3	2	0 - 30	3750	5653	4742.27	1.2540
4	2	30 - 60	3600	6150	5286.36	1.4685
5	3	0 - 30	4100	6250	5202.30	1.2689
6	3	30 - 60	3700	6300	5271.30	1.4247

$$D_a = \frac{\text{Peso de Suelo Seco}}{\text{Volumen total}}$$

Muestra 1

$$Da = \frac{5537 \text{ gr}}{3800 \text{ ml}} = 1,457 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 2

$$Da = \frac{5598,90 \text{ gr}}{3750 \text{ ml}} = 1,493 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 3

$$Da = \frac{4742,275 \text{ gr}}{3780 \text{ ml}} = 1,254 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 4

$$Da = \frac{5286,36 \text{ gr}}{3600 \text{ ml}} = 1,468 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 5

$$Da = \frac{5202,30 \text{ gr}}{4100 \text{ ml}} = 1,268 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 6

$$Da = \frac{5271,30 \text{ gr}}{3700 \text{ ml}} = 1,424 \text{ gr/cm}^3$$

DERMINACION DE LA DENSIDAD REAL

METODO DEL PICNOMETRO

Materiales:

Picnómetro

Estufa para secado de las muestras de suelo

Muestra de suelo tamizada a través de una malla de 2 mm.

Balanza y Espátula

Parrilla eléctrica

Termómetro

Pipeta

Agua destilada.

METODO

- a).- Pesar un picnómetro limpio y seco al aire.
- b).- Agregarle 10 gr. de suelo, (Seco a 110°C).
- c).- Limpiar el exterior del picnómetro para eliminar el suelo que pudiera habersele adherido durante su llenado.
- d).- Pesar el picnómetro con el suelo.
- e).- Llenar el picnómetro hasta la mitad del agua destilada, arrastrando hacia el fondo del mismo cualquier partículo de suelo adherida en el interior del cuello.
- f).- Eliminar el aire atrapado hirviendo suavemente el --

contenido del picnómetro por varios minutos con agitación frecuente para prevenir pérdidas de suelo por formación de espuma.

- g).- Enfriar el picnómetro y su contenido a la temperatura ambiente y aferrarlo con agua destilada, hervida y a la misma temperatura, insectarle el tapón y sentarlo cuidadosamente.
- h).- Secar y limpiar perfectamente la parte exterior del picnómetro usando una franela seca.
- i).- Pesar el picnómetro y sus accesorios registrando al mismo tiempo la temperatura de su contenido.
- j).- Eliminar el suelo del picnómetro; llenarlo con agua destilada, hervida y enfriarla a la temperatura del medio ambiente; colocarle el tapón, secar bien la parte exterior con una franela; pesar el picnómetro y sus accesorios y anotar la temperatura. (5)

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la determinación de la densidad real:

$$Dr = \frac{da (Ps - Pai)}{Ps - Pai - (Psa - Pa)}$$

en la que:

Dr Densidad Real

da Densidad del Agua en gramos por centímetros cúbicos a la temperatura de la Prueba.

Pa: Peso del Picnómetro con sus implementos

Ps Peso del picnómetro más la muestra de suelo corregida a la condición de secado a la estufa.

Psa: Peso del picnómetro lleno con suelo y agua.

Pa: Peso del picnómetro lleno con agua a la temperatura -- observada.

Muestra 1

Peso del picnómetro	29.4 gr.
Peso del picnómetro más suelo.	39.4 gr.
Peso del picnómetro más agua más suelo...	86.7 gr.
Temperatura de la prueba.	28°C
Peso del picnómetro más agua.	80.5 gr.

$$Dr = \frac{299626 (39.4 - 29.4)}{(39.4 - 29.4) - (86.7 - 80.5)}$$

$$Dr = \frac{.99626 (10)}{(10) - (6.2)}$$

$$Dr = \frac{9.9626}{3.8}$$

$$Dr = 2.621 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 2

Peso del picnómetro. 29.6 gr.

Peso del picnómetro más suelo. 39.6 gr.

Peso del picnómetro más agua más suelo. . . 86.5 gr.

Peso del picnómetro más agua. 80.7 gr.

Temperatura de la prueba. 26°C

$$Dr = \frac{.99684 (39.6 - 29.6)}{(39.6 - 29.4) - (86.5 - 80.7)}$$

$$Dr = \frac{.99681 (10)}{(10) - (5.8)}$$

$$Dr = \frac{9.9681}{4.2}$$

$$Dr = 2.373 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 3

Peso del picnómetro.	29.5 gr.
Peso del picnómetro más suelo.	39.5 gr.
Peso del picnómetro más agua más suelo	86.8 gr.
Temperatura de la prueba.	21°C
Peso del picnómetro más agua.	80.8 gr.

$$Dr = \frac{.99802 (39.5 - 29.5)}{(39.5 - 29.5) - (86.8 - 80.8)} \quad Dr = \frac{.99802 (10)}{(10) - (6)}$$

$$Dr = \frac{9.9802}{4}$$

$$Dr = 2.27 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 4

Peso del picnómetro.	29.5 gr.
Peso del picnómetro más suelo.. . . .	39.5 gr.
Peso del picnómetro más suelo más agua.	87 gr.
Temperatura de la prueba.	23°C
Peso del picnómetro más agua.	80.7 gr.

$$Dr = \frac{.99756 (39.5 - 29.5)}{(39.5 - 29.5) - (87 - 80.7)} \quad Dr = \frac{9.756}{(10) - (6.3)}$$

$$Dr = \frac{9.9756}{37}$$

$$Dr = 2.6761 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 5

Peso del picnómetro. 29.5 gr.
 Peso del picnómetro más suelo. 39.5 gr.
 Peso del picnómetro más agua más suelo. . . . 86.9 gr.
 Temperatura de la prueba. 24°C
 Peso del picnómetro más agua. 80.6 gr.

$$\text{Dr} = \frac{.99732 (37.5 - 29.5)}{(39.5 - 29.5) - (86.9 - 80.6)} \quad \text{Dr} = \frac{.99732 (10)}{(10) - (6.3)}$$

$$\text{Dr} = \frac{9.9732}{3.7} \quad \text{Dr} = 2.695 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra 6

Peso del picnómetro. 29.5 gr.
 Peso del picnómetro más suelo. 39.6 gr.
 Peso del picnómetro más agua más suelo. . . . 22°C
 Peso del picnómetro más agua. 80.6 gr.

$$\text{Dr} = \frac{.99780 (39.5 - 29.5)}{(39.5 - 29.5) - (86.8 - 80.6)} \quad \text{Dr} = \frac{9.9780}{(10) - (6.2)}$$

$$\text{Dr} = \frac{9.9780}{3.8} \quad \text{Dr} = 2.6258 \text{ gr/cm}^3$$

B I B L I O G R A F Í A

- 1.- Amorós J. L. Dr. Los Suelos Ed. OMEGA 1967.
- 2.- Cobarrubias C. Prácticas de Suelos Culiacán, Sin.
Octubre de 1975.
- 3.- Delmon A. Dinámica del Suelo Ed. OMEGA 1965.
- 4.- Forythe W. Manual de Laboratorio de Física de Suelo
Ed. IICA 1975.
- 5.- González Cueto A. Métodos para el Análisis Físico y -
Químico de Suelos, Aguas y Plantas.
Publicación Núm. 10 México, D.F. Fe--
brero 1975.
- 6.- Hardy F. Edafología Tropical Ed. HERRERO HNOS, SUCE--
SORES, S.A. México 1970.
- 7.- López Bonilla R. Fernández González R. Manejo de Sue--
los bajo riego. Esc. Nacional de Agri--
cultura. Prácticas 1965.
- 8.- López Ritas J. El Diagnóstico de suelos y plantas. -
Métodos de campo y Laboratorio Ed. --
MUNDI - PRENSA 1967.
- 9.- Millar C. E. Turk L. M. y Foth H. D. Fundamentos de--
la Ciencia del Suelo Ed. C.E.C.S.A.--
1974.
- 10.- Richards L. A. Diagnóstico y Rehabilitación de Sue--
los Salinos y Sódicos. Ed. LIMUSA ---
1974.

