

## COMPARACION DE ALGUNOS METODOS PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS AL AGUA (\*)

por **Hernando Franco F. y Adel González M., IA., M. Sc.**

### I — INTRODUCCION

Una de las maneras más acertadas para conocer la capacidad que tiene un suelo para soportar diferentes cultivos y las condiciones de manejo por ellos requeridas, es la determinación de las propiedades físicas.

De dichas propiedades, la agregación es uno de las más importantes, por cuanto que su influencia en la absorción del agua, la aireación, la penetración de las raíces, etc. define el comportamiento de los suelos según el mecanismo de sus actividades.

Por agregación se entiende la propiedad que tienen los suelos de agrupar sus partículas según procesos de aglutinación específicos de naturaleza bien definida. Estos grupos de partículas o simplemente agregados, tienen características particulares que se deben tener en cuenta para definir su comportamiento, entre las cuales merece especial mención, en este trabajo, la estabilidad al agua.

Se entiende por estabilidad al agua la capacidad que tiene un suelo para mantener unidas sus partículas, ofreciendo así una buena característica para el sostenimiento de los cultivos. La estabilidad está fundamentalmente asociada con la estructura misma del suelo y cuando tiene valores altos indica que el terreno tiene capacidad para retener el agua, como también buenas condiciones de aireación.

Para calcular la estabilidad de los agregados al agua el método más empleado ha sido el de Yoder, cuya aplicación ha dado lugar a una serie de modificaciones, encontrándose por tanto una gran variabilidad dentro de las técnicas usadas.

Una de las variaciones principales ha sido la de las partículas primarias, ya que mientras algunos consideran de importancia al restarlas, otros no las tienen en cuenta.

En vista de lo expuesto anteriormente, en este estudio se preten-

---

(\*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Adel González M., Ing. Agr. M. Sc., a quien el autor expresa su gratitud.

de averiguar si las partículas primarias se deben restar o nó en caso de que se encuentren en cantidad apreciable.

Además, en varios trabajos realizados en Colombia, se ha demostrado que la textura de sus suelos es relativamente pesada, lo cual podría ser una indicación de que en ellos deben encontrarse cantidades muy pequeñas de partículas de arenas que podrían no ser tenidas en cuenta.

Por otra parte, en el presente trabajo se ha considerado que las condiciones climatológicas de los suelos tropicales difieren considerablemente de las que ocurren en las zonas templadas del globo.

## II — REVISION DE LITERATURA

La agregación es una de las propiedades más importantes del suelo, ya que se puede decir que va a dar origen a la estructura del mismo.

Aldelfer (2), dice con respecto a la estructura que es la forma como las piedras, gravas, arena, limo, arcilla y materia orgánica se arreglan para dar origen a una serie de poros que varían tanto en número como en forma y tamaño para influir en la aireación, capacidad de retención de agua, color y penetración de las raíces del suelo.

Para Baver (5), un agregado se forma por el agrupamiento de partículas primarias y secundarias, aunque indica que no se sabe exactamente como se efectúa esta unión.

La forma como se produce la agregación ha sido discutida por diversos autores. Thompson (36), ha considerado dos mecanismos de agregación: biológicos y químicos. En los primeros influye la actividad de los microorganismos y las diferentes uniones entre partículas de arcilla con compuestos orgánicos; en los segundos considera las uniones de las arcillas entre sí.

A más de las formas anteriores existen otros productos que se pueden considerar como agentes de agregación, tales como los compuestos de hierro, carbonato de calcio y los acondicionadores químicos (Thompson, 36; Miller et al., 25).

Stallings (34), afirma que actualmente se ha encontrado que los materiales tanto polisacáridos como polurónidos, producidos por los microorganismos, son los encargados de producir la agregación debido a que actúan como pegantes de partículas.

Dentro de los organismos que ayudan a la formación del suelo se pueden considerar dos grandes grupos, los macroorganismos y los microorganismos.

Dentro de los macroorganismos tal vez los más importantes son



las lombrices. Hopp (17), dice que a estos animales no se les ha dado la suficiente importancia como formadores de suelo.

En cuanto a los microorganismos, son muchos los autores que se han dedicado a estudiar el comportamiento de éstos, como factores de agregación del suelo. Chesters et al. (9), encontraron en su trabajo sobre constituyentes del suelo, que el factor más importante para la formación de éste fué la "goma" producida por los microorganismos. Los polisacáridos sintetizados de la bacteria *Agrobacterium radiobacter* en cultivos puros, tuvieron gran efecto según lo anotan Rennie et al. (29). Estos mismos autores notaron que adiciones de 0.02% de esta "goma" en 100 gramos de suelo, produjeron un aumento del 50% en los agregados mayores de 0.1 mm. de diámetro.

Peele y Beale (28), concluyeron que al efectuarse la descomposición de la materia orgánica la actividad microbial fué mayor en los seis primeros días, siendo la formación de agregados estables mayor durante este tiempo, durando esta agregación varios meses después de que la actividad microbial declinó.

Martin (21), trabajó con seis tipos de bacterias, notando que todos los productos "gomosos" producidos por éstas tuvieron buen efecto sobre la agregación del suelo.

A los hongos también se les considera como agentes ayudantes en la agregación, aunque Stallings (34), anota que algunos autores al comparar hongos y bacterias observaron que las últimas producían una mejor agregación. Algunos hongos han resultado bastante buenos como el *Epicocum purpurescens*, y aunque se ha tratado de sintetizar las sustancias producidas por este hongo no se ha logrado buen éxito (Martin et al., 22).

La materia orgánica ha sido considerada como un importante factor de agregación; afirma Stallings (34), que ha sido observado que las aplicaciones en grandes cantidades de estiércol, residuos de cultivos, mulches y otros, producen usualmente un rápido aumento en la agregación, inmediatamente después de aplicados.

Demelon y Henin, citados por Bayer (5), afirman que la materia orgánica coloidal es más efectiva que la arcilla en la formación de agregados estables con arenas.

Misono y Suto, citados por Guerrero y Mantilla (15), dicen que la efectividad de la materia orgánica para formar agregados depende tanto de las condiciones aerobias como anaerobias; la primera proporciona una estructura rápida y suelta pero el agregado tiene poca estabilidad al agua. La condición anaerobia forman los agregados lentamente, pero éstos son muy estables al agua.

Algunos autores como Richards et al. (30), anotan que la estabilidad es en algunos casos considerada como un índice de la estructura, siendo esto relativo, ya que ésta no depende de esta sola variable sino de un conjunto de variables.

Bajo ciertas condiciones, las arcillas pueden tener una función



directa en relación con la formación de agregados. Stallings (34), anota que algunos autores han encontrado que las partículas menores de arcillas son usualmente más efectivas en la formación de agregados que las de mayor tamaño. Chepil (8), observó también que las arcillas aumentaron la estabilidad de los agregados mayores de 0.34 mm.

Para Chesters et al. (9), la cantidad de arcilla necesaria para que se produzca la agregación debe presentarse en cantidad bastante elevada.

Tokubo y Okuda (37), indican que las longitudes de las cadenas de polímeros polares y la fuerza de las uniones de H en las moléculas de agua, han tenido un importante efecto sobre la agregación.

El hierro parece tener también influencia en la agregación. Madrid (20), indica que los óxidos "deshidratados" de hierro y aluminio en suelos tropicales pueden favorecer la agregación.

Lutz (19), indica que la cantidad de hierro libre y la cantidad de agregados estables están correlacionados especialmente en suelos semilateríticos y lateríticos; dice que una parte del hierro actúa como floculante en tanto que la otra actúa como cementante.

El óxido de hierro mostró un efecto muy marcado sobre la agregación, con tendencia a ser más importante en los agregados de pequeño tamaño (Chesters et al., 9).

También se ha comprobado en algunos casos que ciertos cultivos aumentan la agregación y tal es el caso de la alfalfa, que en una serie de ensayos dió los mejores resultados; pudiéndose establecer también que la rotación, especialmente con leguminosas, aumentaba la agregación (Mazurak et al. 23).

Se ha encontrado también que otros cultivos tales como el maíz, aumentan la agregación, Anderson y Kemper (3), al tener suelos con mulche y ser sembrados con soya y maíz, no encontraron gran diferencia en la agregación; pero cuando los residuos fueron incorporados, mostró más agregación el suelo que estaba en maíz (Van Doren, 38).

Ojeda y Ojeda (26), encontraron que la estabilidad de los agregados fué mayor en parcelas con maíz continuo, en tanto que en las de la soya en rotación disminuyó esta propiedad. Sin embargo en estas últimas parcelas fué también menor la estabilidad cuando se comparó con parcelas de soya continua dentro del estudio de rotación.

Woodruff (39), encontró que suelos vírgenes tenían un 80% de agregados entre 1 y 10 mm. de diámetro mientras que suelos cultivados sólo tenían de 40 a 60% de agregados del mismo tamaño.

Los fertilizantes químicas parece que actúan también como agentes de agregación según lo indican Adames y Levy (1).



Gifford y Strickting (13), estudiaron el efecto del amoníaco sobre el proceso de agregación presentándose un aumento en la estabilidad al agua.

Otros productos tales como el silicato de sodio, el carbonato de calcio y óxido de magnesio, presentaron relativa importancia en relación con la formación de agregados (Ghani et al., 12; Derby y Page, 10).

Existen una serie de productos que se conocen con el nombre de "acondicionadores del suelo", que sirven para mejorar la agregación de éstos; tales productos no se han generalizado debido a su alto costo.

Ruehrwein y Ward, (31) y Hedrick y Mowry (16), han hecho estudios sobre polielectrolitos sintéticos para la estabilidad, con no muy buen resultado en algunos casos.

Palotta (27), ha encontrado en Italia que la relación entere la estabilidad estructural y el pH era inversa. Por otra parte 6.5 parece ser el pH óptimo para la formación de los agregados según lo afirman Chesters et al. (9).

Hay a más de los factores anotados anteriormente otros que pueden influir en la agregación del suelo, tales como el agua y las heladas, lo mismo que los procesos de congelación y descongelación.

La estabilidad de los agregados varía de acuerdo a la naturaleza y el contenido de humedad original del suelo, notándose un aumento hasta llegar a un 20 a 25% de humedad, decreciendo luego a mayor nivel de humedad (Koepf, 18).

En la misma forma como se puede producir la agregación, ésta puede ser destruída fácilmente. El hombre puede ser considerado como el factor más importante en esta destrucción de la agregación, ya que debido a las males y en algunos casos pésimas labores de cultivo, lo mismo que a la poca importancia que se le ha prestado a la conservación de suelos, ha disminuído en forma considerable y en algunos casos en forma total la agregación del suelo.

Los suelos tratados con líquidos hidrocarbonados, halógenos y nitroderivados, reducen la estabilidad de los agregados, sobre todo los ricos en materia orgánica (Dutt, 11).

Otros autores como Schaler y Stockinger (33); Stirk (35) y Boodt et al. (6), han usado diferentes tipos de cálculos para evaluar la estabilidad de los agregados en los suelos.

Browning et al. (7) calculan el coeficiente de agregación por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de agregación} = \frac{2 \times 10^6}{\% \text{ total de agregados en el suelo} \times \text{Diámetro promedio de los agregados en cms.}}$$



### III. MATERIAS Y METODOS

El presente trabajo se realizó con suelos de diferentes regiones de Colombia.

Los suelos utilizados fueron los de la capa arable de 10 suelos del Valle de Risaralda; 10 del Valle del Cauca (Municipio de Palmira) y 8 de la Sabana de Bogotá. Además se incluyó un subsuelo de la serie Techo por tener características muy particulares de manejo de suelos y una muestra de la primera capa de la región de Cerritos (Caldas), que es un suelo desarrollado de cenizas volcánicas. (Ver apéndice).

La discriminación de las muestras usadas fué la siguiente: Municipio de Palmira: se utilizaron las muestras seleccionadas por Vilaró, S. y H. Ruiz (\*) y correspondieron a los perfiles modales descritos por la C.V.C. que se encuentran en el mapa de suelos levantado de la región.

M-118	Arcillo limoso
342/65	Franco arcilloso
511/42	Arcilloso
365/42	Franco arcilloso
110/50	Arcilloso
316/52	Franco
325/67	Franco
196/55	Arcillo limoso
540/34	Franco
500/26	Franco arcillo limoso

**Sabana de Bogotá:** se utilizaron las muestras seleccionadas por Gómez y Jaramillo (14, que corresponden a suelos localizados en el mapa de suelos de la Sabana de Bogotá, elaborado por el I.G.A.C.

---

(\*) Vilaró, S. y H. Ruiz. Facultad de Agronomía. Palmira. 1965. (comunicación personal).

Estas fueron:

Serie	Río Bogotá	Arcilloso
"	Corzo	Franco
"	Nemocón	Arcilloso
"	Tenjo	Franco arenoso
"	Tibaitatá	Franco limoso
"	Tunjuelo	Arcilloso

"	Zipaquirá	Franco arcilloso
"	Techo	Franco arenoso
"	Techo subsuelo	Arcilloso

**Valle del Risaralda:** se utilizaron las muestras seleccionadas por Barrios y Delgado (\*).

Serie	Rhin	Arcilloso
"	Risaralda	Franco arenoso
"	Danubio	Franco arcilloso
"	Viterbo	Franco arenoso
"	Janeiro	Franco
"	Cachipay	Arcilloso
"	San Luis	Franco
"	Sopinga	Franco arcilloso
"	La Isla	Franco arenoso
"	San Luis	Franco arenoso

Las muestras se seleccionaron tratando de encontrar las series más importantes de cada una de las regiones estudiadas y teniendo en cuenta la distribución de las muestras dentro de la región escogida.

**Procedimiento.** La cantidad de muestra usada en el procedimiento parece no tener gran importancia, siempre que no sea muy pequeña. Russel (32), en un trabajo efectuado sobre estabilidad usó únicamente 5 gramos, cantidad que se ha estimado muy pequeña. En tanto que el manual de clasificación de tierras (4), indica que se debe usar el equivalente de 100 gramos de suelo seco a la estufa.

No hay normas precisas a este respecto, ni tampoco sobre el procedimiento que debe seguirse en el análisis de la muestra. En este trabajo la cantidad de muestra usada fué de 25 gramos.

Como trabajo previo las muestras se pusieron a secar al aire y ya secas, con un rodillo, se golpearon débilmente para poderlas reducir a un tamaño aproximadamente de 1.5 cms., de acuerdo a las indicaciones de Moreno y Méndez (24).

Para el proceso de tamizado se siguió la técnica descrita por Tiulin y modificada por Yoder (40). Se usó el aparato diseñado por Woodruff y adaptado por Moreno y Méndez (24).

(\*) Barrics, O. e I. Delgado. Facultad de Agronomía. Palmira. 1965. (comunicación personal).



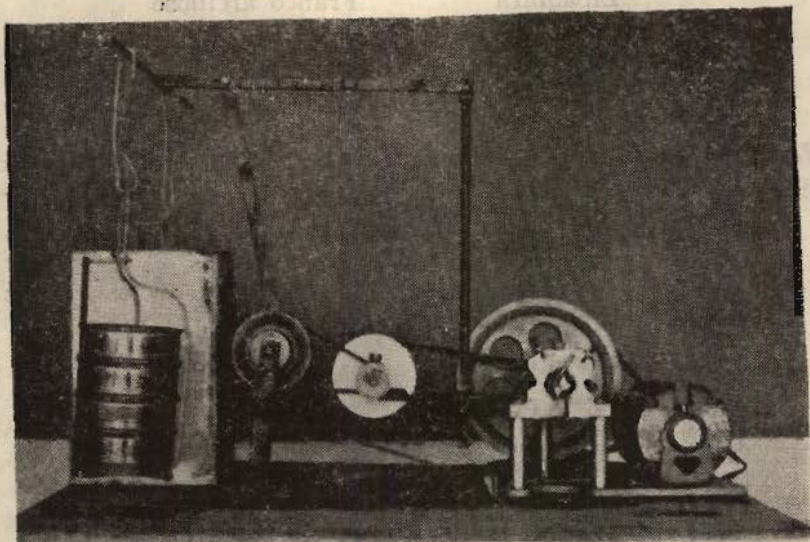


FIGURA 1.— Aparato usado para la determinación de los agregados estables al agua.

(Foto: S. Shima).

El aparato proporciona una oscilación vertical de 3,3 cms. y 30 r.p.m. Está accionado por un motor eléctrico de 1275 r.p.m. que se reducen mediante un juego de poleas a la velocidad arriba mencionada. (Figura N<sup>o</sup> 1).

Se usaron dos juegos de tamices de los números 10-20-40-60 que corresponden respectivamente a aberturas de 2-1-0.5-0.25 mm. de diámetros. No se utilizaron tamices de número superior a 60, ya que los agregados de diámetro inferior a 0.25 mm. no presenta mucha importancia en el desarrollo de las plantas por su tamaño tan pequeño, en relación con los otros agregados.

Los tamices se colocaron de arriba hacia abajo en orden creciente de números. Se sujetaron y se colocaron dentro de vasijas llenas de agua, en tal forma que al oscilar el nivel del agua en el tamiz superior y en el punto más alto de la carrera, quedara tocando la base del mismo.

A los tamices inferiores no se les colocó tapa, porque ensayos previos de los autores mostraron que la turbulencia era menor cuando se les colocaba ésta.

Como el objetivo del trabajo era encontrar el método más acorde para la determinación de la agregación estable al agua, en este trabajo se usaron tres métodos diferentes:

A. Tratamientos sin humedecimiento previo de las muestras, sin restar y restando partículas primarias.



- B. Tratamientos con humedecimiento previo de 15 minutos, sin restar y restando partículas primarias.
- C. Tratamientos con y sin humedecimiento previo, restando la estimación del porcentaje de partículas primarias observada con un microscopio estereoscópico.

En el método A se tomaron los 25 gramos de muestra y se colocaron en el tamiz superior; luego se puso la máquina en movimiento por 30 minutos. Efectuado el tratamiento se retiró el suelo de los tamices cuidadosamente por medio de un frasco lavador, se pasó a un pequeño recipiente y luego a las cajas que se llevaron a la estufa a una temperatura de 110°C, durante 12 a 24 horas. Una vez seco se pesó para determinar luego el porcentaje de agregación.

Para restar partículas primarias se siguió el método de Lutz, descrito por Adames y Levy (1), que consiste en mezclar los diferentes tamaños obtenidos en el proceso anterior. Efectuada esta operación se colocó el suelo en una licuadora llena de agua aproximadamente en sus dos terceras partes y a la cual se le agregaron 10 c.c. de hidróxido de sodio 0.1 normal, como agente dispersante.

Una vez colocada la muestra en la licuadora, se dejó allí durante 5 minutos para que sufriera una fuerte dispersión mecánica. Posteriormente el suelo se colocó en el tamiz superior y se repitió el tamizado nuevamente, pero en este caso sólo durante 10 minutos. Luego se continuó el proceso descrito anteriormente de sacar el suelo y llevarlo a la estufa para secarlo y calcular el porcentaje de partículas primarias.

En cuanto al tiempo que debe ser sometida la muestra a humedecimiento, la variación es demasiado grande. Yoder (40), no menciona en su trabajo el prehumedecimiento.

En el tratamiento B se colocó el suelo en el tamiz superior y se puso a remojar durante 15 minutos en él, es decir en la misma vasija del aparato con el objeto de evitar un excesivo manipuleo de la muestra, que pudiera ocasionar fraccionamientos de los agregados. Seguidamente se procedió como en A.

El método C fué similar a los anteriores, su diferencia consistió en restar la estimación del porcentaje de las partículas primarias por medio de la observación con un microscopio estereoscópico.

Después de hacer varios ensayos previos de observación microscópica se escogió la lente de 10 aumentos, por cuanto aumentos mayores disminuyen el campo de observación, disminuyéndose en forma considerable el tamaño de la muestra.

Para facilitar la observación microscópica, la muestra se colocó en una caja cuadrículada para hacer una mejor apreciación de la cantidad de partículas primarias. El porcentaje estimado fué de 0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100%, el cual se restó a cada uno de los tratamientos.



En el capítulo de resultados se muestran algunas fotografías que se consideran como patrones de observación y estimación.

#### IV — RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas I, II, III, se aprecian los resultados obtenidos en el laboratorio, de las diferentes muestras usadas. Estos resultados están expresados en porcentaje. El porcentaje de agregados menores de 0.25 mm. se determina por diferencia.

Es de tener en cuenta que en las tablas anteriores los métodos de restar partículas primarias, tanto sin prehumedecimiento como con él, mostraron alguna ausencia de datos; esto se debió a que el porcentaje de partículas primarias fué mayor que el porcentaje de agregación inicial dando por tanto valores negativos.

Esto se explica porque las partículas primarias, que estaban formando agregados en los tamices superiores, al ser dispersadas descienden a los tamices inferiores dando por tanto porcentajes mayores de partículas primarias que de agregación.

En las siguientes páginas se han colocado unas fotografías, las cuales muestran algunos de los porcentajes más representativos observados al microscopio. Apreciaciones similares, aunque subjetivas, fueron utilizadas en los tratamientos 3 y 4. Todas las fotografías fueron tomadas con un mismo enfoque para así poder facilitar la comparación.

Para los análisis estadísticos se numeraron los tratamientos en el siguiente orden:

- Tratamiento 1. Suelos analizados con prehumedecimiento, sin restar partículas primarias.
- Tratamiento 2. Suelos analizados sin prehumedecimiento, sin restar partículas primarias.
- Tratamiento 3. Suelos analizados con prehumedecimiento, restando partículas primarias que se estimaron mediante el microscopio.
- Tratamiento 4. Suelos analizados sin prehumedecimiento, restando partículas primarias que se estimaron mediante el microscopio.
- Tratamiento 5. Suelos analizados con prehumedecimiento restando partículas primarias, por dispersión químico-mecánica.
- Tratamiento 6. Suelos analizados sin prehumedecimiento restando partículas primarias por dispersión químico-mecánica.



— TABLA I —

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGREGACION

## SUELOS DE LA SABANA DE BOGOTA

		TRATAMIENTOS					
Serie	Tamiz N°	1 Promed.	2 Promed.	3 Promed.	4 Prom. d.	5 Pr med.	6 Promed.
Bogotá	10	57.78	82.97	57.78	82.97	68.01	80.58
Bogotá	20	6.40	7.95	8.64	7.12		0.78
Bogotá	40	4.72	3.58	4.53	2.26		
Bogotá	60	1.21	0.72	1.94	0.33		
Corzo	10	52.90	56.94	52.90	56.75	52.36	61.06
Corzo	20	13.23	13.43	13.23	12.01	12.24	7.52
Corzo	40	8.53	10.25	9.62	9.12	0.97	3.22
Corzo	60	3.50	2.83	3.76	1.88		
Nemocón	10	34.71	81.84	34.71	81.84	31.98	75.65
Nemocón	20	20.81	5.45	20.25	5.45	18.32	3.26
Nemocón	40	14.64	3.78	14.09	2.66	6.69	
Nemocón	60	4.98	0.94	3.76	0.71		
Tenjo	10	71.54	86.32	73.20	83.17	54.98	65.96
Tenjo	20	7.72	6.61	6.88	5.64		
Tenjo	40	4.51	2.87	4.04	2.55		
Tenjo	60	1.84	0.72	1.20	0.60		
Tibaitatá	10	54.44	54.46	54.44	54.46	49.57	72.70
Tibaitatá	20	20.71	18.45	20.71	16.14	6.70	1.88
Tibaitatá	40	12.28	14.47	12.28	12.03		
Tibaitatá	60	2.42	3.07	2.37	1.24		
Tunjuelo	10	52.00	63.36	52.00	60.95	47.89	51.88
Tunjuelo	20	17.74	13.05	14.14	11.54	8.50	3.31
Tunjuelo	40	11.26	6.53	5.25	1.48	1.88	
Tunjuelo	60	7.20	7.44	0.72	0.38		
Zipaquirá	10	75.53	86.97	75.53	86.97	44.05	70.91
Zipaquirá	20	7.58	3.10	7.44	3.94	2.49	
Zipaquirá	40	3.56	3.06	3.20	2.67		
Zipaquirá	60	2.64	0.52	1.73	0.40		
Techo	10	59.71	77.27	53.80	77.27	54.62	74.66
Techo	20	14.60	5.73	14.60	5.48	15.52	1.32
Techo	40	9.05	3.76	8.15	2.67	0.52	
Techo	60	3.35	0.68	2.47	0.24		
Techo sub.	10	41.88	80.54	41.88	80.54	42.20	79.23
Techo sub.	20	25.39	10.74	21.53	9.67	14.77	6.93
Techo sub.	40	13.34	3.86	9.75	2.80		
Techo sub.	60	2.80	2.95	1.07	0.51		
Cenizas vol.	10	90.66	94.80	90.66	91.70	76.15	80.91
Cenizas vol.	20	4.99	1.62	4.58	1.53		
Cenizas vol.	40	2.10	0.89	1.90	0.71		
Cenizas vol.	60	1.18	0.33	0.51	0.06		



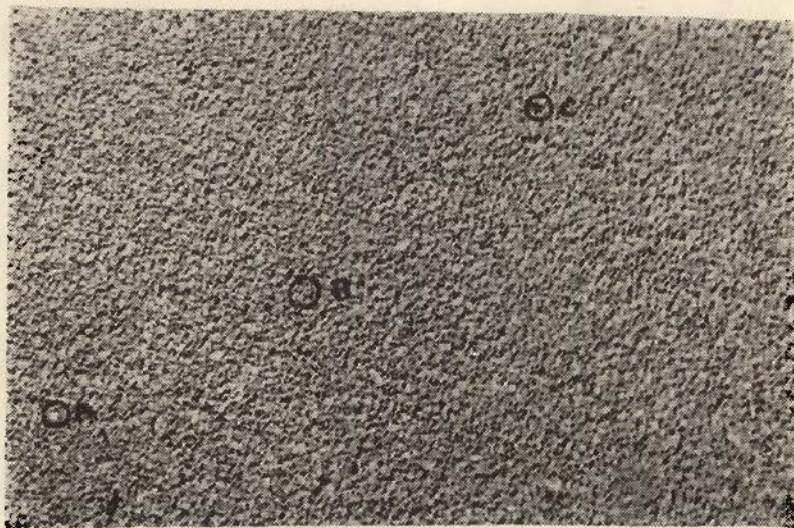


FIGURA 2.— 0% de partículas primarias. Obsérvese que los puntos blancos, los cuales representan las partículas primarias son mínimos. Los agregados están representados por puntos grises. Los puntos negros son el fondo usado para las fotografías.  
 A = Partícula primaria  
 B = Agregado  
 C = Fondo fotografía

(Foto: S. Shima).

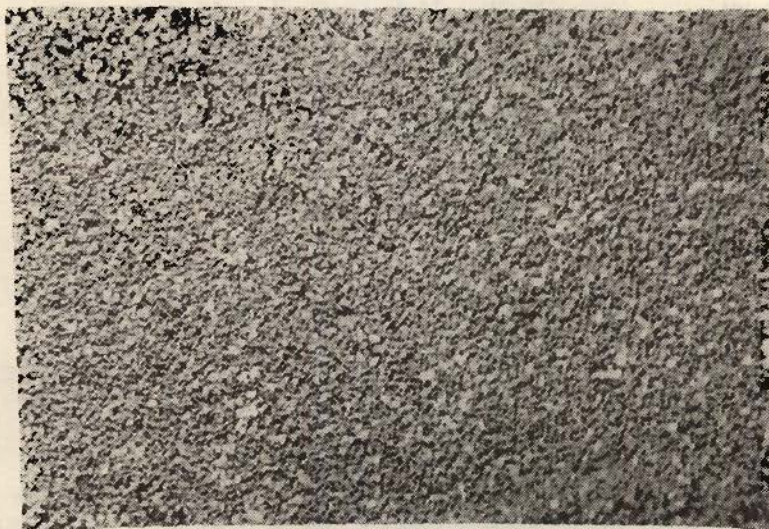


FIGURA 3.— 30% de partículas primarias. Obsérvese que las partículas primarias, puntos blancos, se encuentran en menor cantidad que los agregados, puntos grises.

(Foto: S. Shima).



## — TABLA II —

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGREGACION

## SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA (MUNICIPIO DE PALMIRA)

TRATAMIENTOS							
Serie	Tamiz N°	Prom.d.	Promed.	Promed.	Promed.	Promed.	Promed.
342/65	10	58.72	54.91	58.72	54.91	57.30	56.69
342/65	20	17.65	14.14	17.65	13.78	9.40	5.62
342/65	40	10.95	12.48	9.86	11.83		0.15
342/65	60	3.48	2.20	4.80	1.67		
511/21	10	52.61	48.70	52.61	48.70	57.52	46.07
511/21	20	18.65	13.67	17.36	13.67	9.26	5.90
511/21	40	10.35	6.68	8.02	3.98	0.46	
511/21	60	2.63	1.52	1.82	0.88	0.30	
365/42	10	78.11	90.07	78.11	88.07	73.50	86.67
365/42	20	11.35	3.02	11.35	2.94	5.46	0.49
365/42	40	5.11	1.78	4.59	1.57		
365/42	60	1.44	0.55	0.80	0.44		
110/50	10	43.29	65.10	43.29	65.10	41.93	56.25
110/50	20	28.31	10.89	28.14	10.89	22.16	4.42
110/50	40	14.12	11.12	12.70	10.02	0.32	
110/50	60	3.72	2.35	2.94	1.64		
316/52	10	64.92	78.12	64.92	70.31	56.27	76.25
316/52	20	17.64	9.88	14.84	8.42	8.80	
316/52	40	6.62	4.57	4.63	3.49		
316/52	60	2.32	0.79	0.93	0.30		
325/67	10	47.14	84.39	47.14	84.39	45.23	82.70
325/67	20	31.82	7.81	29.63	7.08	19.33	1.32
325/67	40	15.92	4.49	10.01	2.87		
325/67	60	4.75	0.91	1.94	0.33		
196/55	10	73.54	87.36	73.54	87.36	51.09	70.31
196/55	20	15.07	5.04	15.07	4.81	1.31	
196/55	40	7.74	3.18	7.34	3.40		
196/55	60	2.38	0.80	2.03	0.61		
540/34	10	19.45	33.52	14.38	30.59	12.90	30.04
540/34	20	29.72	29.59	29.72	33.67	27.38	21.03
540/34	40	25.64	25.71	25.64	24.95	9.91	15.23
540/34	60	10.97	7.10	9.47	5.89	4.17	
500/26	10	41.43	66.52	38.09	66.52	31.89	15.65
500/26	20	19.59	12.28	19.58	12.01	17.78	8.53
500/26	40	17.78	11.08	16.00	9.47	2.21	3.57
500/26	60	6.98	2.38	5.58	1.67	0.95	
M-118	10	65.81	69.87	65.81	69.87	63.18	66.91
M-118	20	15.03	10.50	14.55	10.27	2.40	1.02
M-118	40	11.16	14.13	7.27	0.68	1.19	0.27
M-118	60	3.89	3.91	2.88	2.63	1.03	



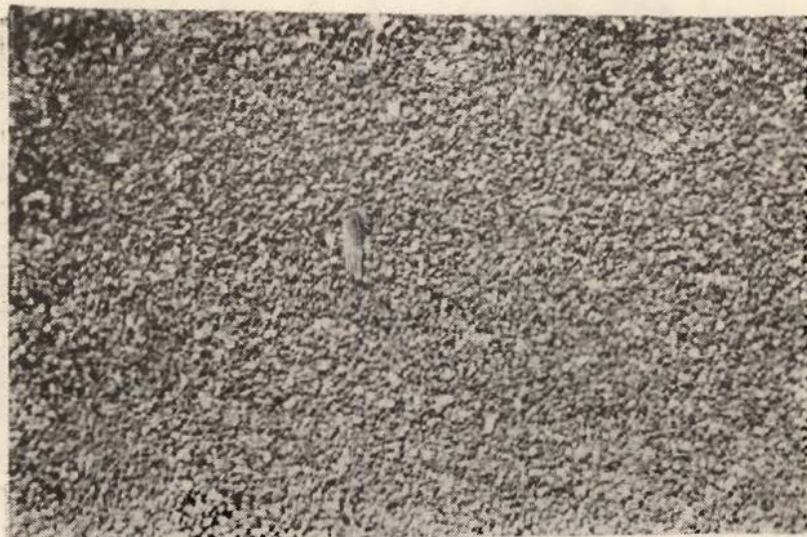


FIGURA 4.— 50% de partículas primarias. Obsérvese que las partículas primarias, puntos blancos, están en proporción más o menos igual a la de los agregados, puntos grises.

(Foto: S. Shima).



FIGURA 5.— 70% de partículas primarias. Obsérvese que las partículas primarias, puntos blancos, son mayores que los agregados, puntos grises.

(Foto: S. Shima).



— TABLA III —

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE AGREGACION

## SUELOS DEL VALLE DEL RISARALDA

TRATAMIENTOS							
Serie	Tamiz N°	1 Promed.	2 Promed.	4 Promed.	5 Promed.	6 Promed.	
Rhin	10	78.49	70.34	78.49	70.34	72.81	65.42
Rhin	20	8.69	13.60	10.53	13.67	4.67	5.82
Rhin	40	7.19	7.40	7.19	7.18	2.67	
Rhin	60	2.76	1.25	2.49	1.65		
Viterbo	10	68.54	76.99	68.54	76.99	65.90	74.71
Viterbo	20	11.58	7.20	10.34	7.20	6.98	4.05
Viterbo	40	5.92	4.94	5.33	3.60		
Viterbo	60	3.74	2.94	1.78	2.18		
Cachipay	10	74.53	79.12	74.53	79.72	52.84	
Cachipay	20	8.92	5.94	8.92	5.94	1.57	0.17
Cachipay	40	5.60	5.34	5.04	4.88		
Cachipay	60	2.94	1.28	1.69	0.97		
Risaralda	10	71.40	89.67	77.40	89.67	56.26	72.38
Risaralda	20	14.10	5.42	12.73	5.41		
Risaralda	40	5.56	3.30	5.43	3.20		
Risaralda	60	1.78	0.77	1.61	0.57		
Danubio	10	83.39	77.73	83.03	77.73	74.23	71.08
Danubio	20	7.66	8.11	7.53	8.11	0.95	1.91
Danubio	40	6.04	7.35	5.47	6.53		
Danubio	60	2.05	2.20	0.77	1.09		
Janeiro	10	64.43	66.95	64.60	61.95	59.20	55.13
Janeiro	20	16.59	14.65	16.59	14.65	6.57	1.38
Janeiro	40	10.34	14.12	10.39	13.63		
Janeiro	60	3.33	2.46	3.19	1.82		
Sopinga	10	37.07	47.05	37.07	47.07	23.42	29.15
Sopinga	20	24.91	20.40	25.03	20.04	12.40	9.26
Sopinga	40	18.85	20.53	18.85	19.87	2.71	3.64
Sopinga	60	8.63	3.46	8.03	2.98		
La Isla	10	63.17	75.67	44.68	75.67	61.44	73.70
La Isla	20	14.18	10.50	13.54	9.41	8.94	2.27
La Isla	40	7.18	5.02	7.00	3.95	1.76	
La Isla	60	2.89	1.76	1.47	1.18		
S. Luis F.	10	79.42	91.24	79.42	88.09	75.69	79.75
S. Luis F.	20	7.92	2.68	7.92	2.53	3.16	
S. Luis F.	40	4.34	1.34	3.99	1.21		
S. Luis F.	60	2.43	0.50	1.26	0.17		
S. Luis Fa.	10	72.76	89.78	72.72	89.78	27.97	49.33
S. Luis Fa.	20	4.41	4.51	3.81	5.18	1.07	
S. Luis Fa.	40	3.46	2.17	3.47	2.15		
S. Luis Fa.	60	1.08	0.67	1.00	0.43		



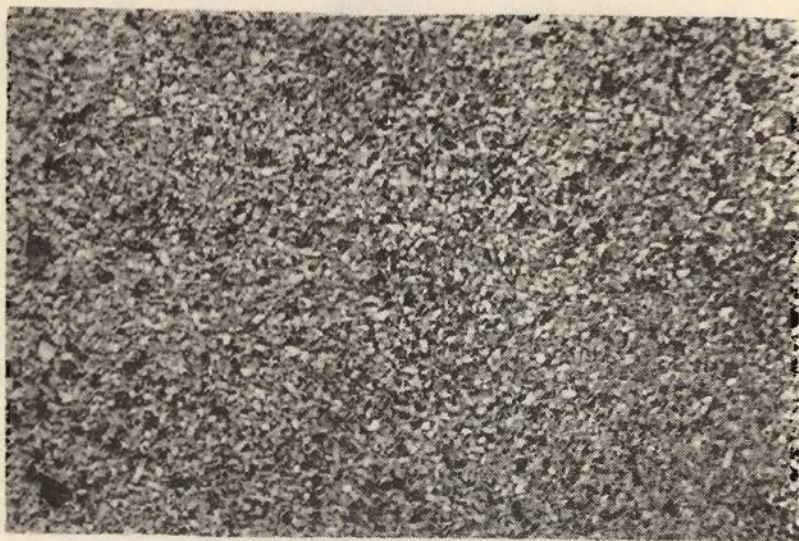


FIGURA 6.— 95% de partículas primarias. Obsérvese que casi toda la fotografía está compuesta por partículas primarias, puntos blancos, y sólo una mínima cantidad son agregados, puntos grises.

(Foto: S. Shima).

Los resultados de los análisis de variancia y las comparaciones entre medias según Tuckey mostraron que para los tamices Nos. 10-20-40-60 hubo diferencias altamente significativas en re los tratamientos.

Al comparar las medias entre los diferentes tratamientos no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos 1 y 3 y 2 y 4 para los tamices Nos. 10 y 20 pero si fue significativa la diferencia para los tamices 40 y 60. La comparación de los tratamientos 5 y 6 se dificultó por el hecho de que la destrucción de los agregados dejaba las partículas libres, que luego se acumulan según sus tamaños dando frecuentemente porcentajes en peso mayores que el inicialmente calculado para el porcentaje de agregación.

Al efectuarse los análisis de correlación entre ellos se encontró que estos tratamientos estaban correlacionados entre sí, lo que indicaban que podían ser utilizados indistintamente los métodos 1 y 3 ó 2 y 4. Sin embargo, los resultados para los tratamientos 1 y 3 en comparación con los tratamientos 2 y 4 fueron un poco más bajos.

De acuerdo con lo anterior si se usaron indistintamente los tratamientos habría necesidad de establecer para uno u otro, mediante posteriores estudios, cuáles serían los valores óptimos que indicaran los porcentajes de aceptación o bondad en los suelos.

Los autores estiman que los suelos en el campo están sujetos a



humedades fuertes durante las épocas de lluvias, y por lo tanto el método con humedecimiento previo sin restar partículas primarias al igual que el método con humedecimiento previo restando partículas primarias observadas al microscopio, parecen indicar los valores más aceptables con los cuales podrían hacerse posteriormente los estimativos de bondad o aceptación sugeridos anteriormente. Además, consideran que las partículas primarias no deben restarse en los suelos estudiados por cuanto forman parte importante dentro de los agregados del suelo, a menos que sean suelos demasiado sueltos.

Dado que el método que incluye la observación de las partículas primarias al microscopio su procedimiento es un poco más engorroso; por otra parte, como se encontró especialmente relacionado con el tratamiento 1 se sugiere que este último podría ser el más indicado.

Al observar la Tabla I en la serie de Techo subsuelo, se encuentra que los porcentajes de agregación son más o menos elevados, pareciendo indicar ésto que la agregación de dicho suelo es buena, pero en realidad las condiciones de este suelo son de un total apelmazamiento, ya que ha sido considerado como un clay-pan.

La igualdad en algunos de los resultados de agregación tanto en los métodos que incluyen la resta de partículas primarias observadas al microscopio como aquéllos en que no se restan, particularmente en el tamiz número 10, se debió a que los valores observados al microscopio se estimaron en 0%.

## V — CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los análisis, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Se encontraron diferencias altamente significativas en los tratamientos empleados.
2. Parece poco útil el restar partículas primarias por métodos de dispersión, por cuanto dichas partículas están formando parte de los agregados.
3. Se sugiere usar el método de prehumedecimiento sin restar partículas primarias, por cuanto el método de prehumedecimiento restando partículas primarias observadas al microscopio exige un equipo más costoso.

## VI — RESUMEN

En este trabajo se efectuó una comparación entre algunos métodos para calcular la agregación de los suelos de tres regiones de Colombia y así poder establecer un tipo de patrón más o menos estable para posteriores trabajos.

Se usaron los siguientes métodos:



- A. Tratamiento sin humedecimiento previo de la muestra, sin restar y restando partículas primarias.
- B. Tratamiento con humedecimiento previo por 15 minutos, sin restar y restando partículas primarias.
- C. Tratamiento sin humedecimiento previo y con humedecimiento previo restando la estimación del porcentaje de partículas primarias observadas con un microscopio estereoscópico.

Se concluyó para este trabajo, sugerir el uso del tratamiento de prehumedecimiento sin restar partículas primarias por cuanto el método de restar partículas primarias observadas al microscopio, exigiría un equipo más costoso.

## VI — SUMMARY

### COMPARISON OF SOME METHODS FOR DETERMINING THE WATER AGGREGATE STABILITY

by **Hernando Franco F.**

Several methods to calculate aggregation of soils from three regions of Colombia were compared in order to establish a standard method for future works.

The following methods were used:

- A. Treatment with no previous wetting of the sample, without subtracting and subtracting sandy particles.
- B. Treatment with previous wetting of the sample, without subtracting and subtracting sandy particles.
- C. Treatment with no previous wetting and with previous wetting subtracting the estimated percentage of sandy particles, under a stereoscopic microscope.

The conclusion for this work was to suggest the use of a pre-wetting without subtracting sandy particles, as the method of subtracting sandy particles observed at the microscope would require a more expensive equipment.

## BIBLIOGRAFIA

1. ADAMES, B. J. y L. H. LEY.— Propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Cauca. Facultad de Agronomía. Palmira, Colombia. Tesis de grado. 62 p. 1960.
2. ALDELFER, R. B.— Soil structure studies with synthetic conditioners. Pennsylvania Exp. St. bul. 586: 46. 1954.



3. ANDERSON, W. B. y W. D. Kemper.— Corn growth as affected by aggregate stability, soil temperatura and soil moisture. *Agronomy Jour.* 56 (5): 453-460. 1964.
4. ANONIMO.— Manual de clasificación de tierras con fines de riego. Trad. A. J. Estrada. Ministerio de Obras Públicas. Dirección de obras hidráulicas. Div. de Agroeconomía. Venezuela. 1963.
5. BAVER, L. D.— Soil physics. 3rd ed. New York, John Wiley & Sons. 370 p. 1959.
6. BOODT, M. D.; L. LEENHER and D. KIRKHAM.— Soil aggregate stability indexes and crop yields. *Soil Sci.* 91: 133-146. 1961.
7. BROWING, G. M.; M. B. RUSSELL and J. R. McHENRY.— A comparison of methods for determining and expressing soil aggregation data. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 8: 91-96. 1943.
8. CHEPIL, W. S.— Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind. IV. Sand, silt and clay. *Soil Sci.* 80: 155-162. 1955.
9. CHESTER, C. et al.— Soil aggregation in relation to various soils constituents. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21: 272-277. 1957. (*Res. en Soils & fertilizers* 20 (5): 265. 1957).
10. DERBY, W. and J. B. PAGE.— Silicate of soda as a soil aggregating agent. *Jour. of the Amer. Soc. of Agron.* 38: 95-97. 1946.
11. DUTT, A. K.— Certain aspects of mechanism of aggregate stability in water. *Soil Sci.* 65: 383/391. 1948.
12. GHANI, M. O.; K. A. HASAN and M. F. KHAN.— Effect of liming on aggregation, noncapillary pore space, and permeability of a lateritic soil. *Soil Sci.* 80: 469-478. 1955.
13. GIFFORD, R. O. and E. STRICKTING.— The effect of anhydrous ammonia on water stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22: 209-211. 1958.
14. GOMEZ, B. y H. JARAMILLO.— Algunas propiedades físicas de los suelos de la sabana de Bogotá. U. N. Facultad de Agronomía. Palmira. 55 p. 1964. (tesis no publicada).
15. GUERRERO, R. y A. MANTILLA.— Propiedades físicas de algunos suelos del municipio de Palmira en su parte plana. U. N. Facultad de Agronomía. Palmira. 49 p. 1964. (tesis no publicada).
16. HEDRICK, R. M. and D. T. MOWRY.— Effect of synthetic polyelectrolytes on aggregation, aeration, and water relationships of soil. *Soil Sci.* 73: 427-441. 1952.
17. HOP, H. and H. T. HOPKINS.— Earthworms as a factor in the formation of water stable soil aggregate. *Jour. of soils and water conservation* 1: 11-13. 1946.



18. KOWPF, H.— Uber den ein flussder verbefeuchtung auf die stabilitath van bodenaggregatten. Proc. Inst. Symp. soil struct. p. 283-289. 1958. (Res en Soils & fertilizers 22 (5): 357. 1959).
19. LUTZ, J. F.— The relation of free iron in the soil to aggregation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1: 43-45. 1936.
20. MADRID C.— Algunas propiedades físicas y químicas de los suelos de las regiones tropicales. Rev. Fac. Nal. de Agron. Medellín, Colombia. 8: 1-47. 1948.
21. MARTIN, J. P.— Microorganisms and soil aggregation. II. Influence of bacterial polysaccharides on soil structure. Soil Sci. 61: 157-166. 1946.
22. —————; J. O. ERVEN and R. A. SHEPHERD.— Descompositi on and aggregating effect of fungus cell material in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23: 217-219. 1959.
23. MAZURAK, A. P.; V. T. VALASSIS and L. C. HARRIS.— Water stability of aggregates from potato plots as affected by different rotation systems under irrigation in western Nebraska. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18: 243-247. 1954.
24. MENDEZ, A. y A. MORENO.— Propiedades físicas de algunos suelos de la zona plana del municipio de Palmira. U. N. Facultad de Agronomía. Palmira. 59 p. 1964. (tesis no publicada).
25. MILLAR, C. E.; L. M. TURK y K. D. FOTH — Edafología. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. A. Reinoso. Compañía Editorial Continental. México. 612 p. 1961.
26. OJEDA, M. P. y R. OJEDA.— Influencia de la rotación de maíz con soya o con alfalfa en algunas propiedades físicas de un suelo del C.N.I.A.P. U. N. Facultad de Agronomía. Palmira. 1964. (tesis no publicada).
27. PALOTTA, U.— La stasilita di struttura nei terreni della Sardegna in rapporto con alcune caratteristiche fisico chimiche. Agrochimia 1: 268-287. 1957.
28. PEELE, T. C. and D. W. BEALE.— Microbial activity and soil aggregate formation during the descomps'tion of organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 8: 254-257. 1943.
29. RENNIE, D. A.; E. TROUG and C. N. ALLEN.— Soil aggregation as influenced by microbial gums, level of fertility and kind of crop. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18: 399-403. 1954.
30. 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. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13: 23-26. 1948.
31. RUEHRWEIN, R. A. and D. W. WARD.— Mechanism of clay aggregation by polyelectrolytes. Soil Sci. 73: 485-492. 1952.



32. RUSSELL, M. B.— Methods of measuring soil structure and aeration. *Soil Sci.* 68: 25-35. 1949.
33. SHALER, F. W. and K. R. STOCKINGER.— A comparison of five methods for expressing aggregation data. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 17: 310-313. 1953.
34. STALLINGS, J. H.— Soil conservation. 2nd ed. New Jersey. Prentice Hall. p. 84-102. 1959.
35. STIRK, G. B.— Expression of soil aggregate distributions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 86: 133-135. 1958.
36. THOMPSON, L. M.— El suelo y su fertilidad. Barcelona. Editorial Reverte p. 22-30. 1962.
37. TOKUBO, K. and A. OKUDA.— Studies on the effect of soil conditioners. VII. Mechanism of the formation of water stable aggregates in soils. *Jour. Sci. Soil Tokyo* 29: 255-256. 1958. (*Res. en Soils & fertilizers* 22 (6): 438. 1959).
38. VAN DOREN, C. A. and R. S. STAUFFER.— Effect of crop and surface mulches on runoff, soil losses and soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 8: 97-101. 1943.
39. WOODRUFF, C. M.— Variations in the state and stability of aggregation as a result of different methods of cropping. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 4: 13-18. 1939.
40. YODER, R. E.— A direct methods of aggregate analyses of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Jour. of the Amer. Soc. of Agron.* 28: 337-351. 1936.