

Gollan

DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA Y EDAFOLOGIA

INSTITUTO EXPERIMENTAL Y DE INVESTIGACION AGRICOLA

SANTA FE

REPUBLICA ARGENTINA

PUBLICACION N.º 2

en l

Análisis mecánico de suelos

POR

J. GOLLAN H.,
V. S. NICOLIER Y M. R. CODONI

631.42: 631.425.5
(82)



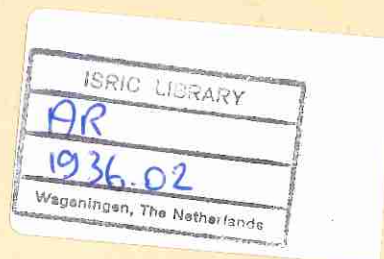
SANTA FE

IMPRENTA DE LA UNIVERSIDAD

1936

ISRIC LIBRARY

FR 1936.02



Departamento de Química Agrícola y Edafología

Director honorario	JOSUÉ GOLLAN H.
Geólogo	DÁMASO LACHAGA
Químico	VÍCTOR S. NICOLLIER
»	CARLOS CHRISTEN
»	JOSÉ CRUELLAS
Operador químico	MARIO R. CODONI
» »	EMILIO VERGARA
» »	CARLOS KENDA
» »	OSCAR MALLEA
Escribiente	CARLOS AGUIRRE

Scanned from original by ISRIC - World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact soil.isric@wur.nl indicating the item reference number concerned.

DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA Y EDAFOLOGIA

INSTITUTO EXPERIMENTAL Y DE INVESTIGACION AGRICOLA

SANTA FE

REPUBLICA ARGENTINA

PUBLICACION N.º 2

Análisis mecánico de suelos

POR

J. GOLLAN H.,

V. S. NICOLIER Y M. R. CODONI



SANTA FE

IMPRESA DE LA UNIVERSIDAD

1936

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA Y EDAFOLÓGICA

INSTITUTO EXPERIMENTAL Y DE INVESTIGACION AGRÍCOLA

BOGOTÁ, COLOMBIA

1952

Análisis mecánico de suelos

J. BOLÍAS

E. A. RODRÍGUEZ

BOGOTÁ, COLOMBIA

ANALISIS MECANICO DE SUELOS

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO PREVIO EN LOS RESULTADOS PEPTIZACIÓN ADECUADA Y SU CONTROL GRÁFICO

I

GENERALIDADES

La *textura real* de los suelos depende de la forma, tamaño y distribución de las partículas que los constituyen, partículas que están formadas por la aglutinación de otras más pequeñas, llamadas gránulos o partículas elementales, y que son las que a su vez determinan la *textura elemental*. Si hemos de determinar esta última, es preciso tratar el suelo de manera adecuada para liberar totalmente los gránulos de sus agrupaciones. Si, en cambio, interesa la *textura real*, hay que cuidar de no destruir estas agrupaciones.

De nada servirá la exactitud en la determinación de la proporción de partículas elementales de diferentes tamaños, si el suelo no ha sido bien dispersado o peptizado. A la inversa, la determinación de la *textura real* exige para acercarse a su estado natural el mínimo de acción disgregante sobre las asociaciones naturales de partículas. Pero esta última determinación presenta dificultades mucho mayores que la primera, dado que las asociaciones tienen grados de estabilidad muy variables.

Cuantitativamente la *textura* o *granulometría* (elemental o real) se expresa agrupando las partículas en fracciones de tamaños comprendidos entre determinados límites, midiéndose en micrones las partículas finas (coloides, arcilla, limo) y en milímetros las mayores (arena, gravas).

A. Demolon y S. Henin⁽³⁾ distinguen en el suelo dos tipos de agregados:

a) Los pequeños agregados que derivan de la floculación de los coloides del suelo sobre las partículas minerales que engloban. Caso en que siendo bueno el contacto entre los elementos constitutivos de

los agregados éstos resultan mecánicamente estables, salvo que el ión coagulante sea sodio.

b) Los terrones que se han formado bajo la acción de fuerzas de compresión sobre los pequeños agregados del grupo precedente. El contacto entre los constituyentes es más o menos íntimo y depende de la presión de formación o compactación. Estos agregados son menos estables que los de la categoría anterior y pueden deshacerse espontáneamente al ponerlos en agua o por agitación moderada.

Esta diferenciación de los agregados del suelo en dos categorías, nos parece de una importancia fundamental para interpretar el resultado de las diversas técnicas que se han propuesto para hacer el análisis mecánico de los suelos sin peptización previa.

II

DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA REAL.

Método Bouyoucos ⁽²⁾. Este autor trata de alterar lo menos posible la textura real. Opera con una serie de tamices sobrepuestos por orden de tamaño de malla. En el superior, que es el de mayor abertura, coloca el suelo en estado natural y sumerge el conjunto de los tamices en un cuenco lleno de agua. Agita suavemente para facilitar la clasificación de las partículas por orden de tamaño y luego determina el material retenido por cada tamiz. Podemos decir que esta clasificación comprende los agregados *tipo a* y pequeña parte de los de *tipo b* de la clasificación de Demolon-Henin.

Método Lemmermann. Se disgrega la muestra de suelo dentro de agua mediante la acción de un tapón de goma colocado en el extremo de una varilla y en la suspensión obtenida se determinan las diversas categorías de partículas por cualquiera de los métodos habituales. Indudablemente en este caso la clasificación obtenida comprende solamente hasta los agregados del *tipo a* citado anteriormente.

Determina también Lemmermann lo que él llama *factor de estructura* y que calcula por la siguiente fórmula:

$$F = 100 \frac{A_p - A}{A_p}$$

en la que A_p representa la fracción arcilla ($< 2 \mu$) determinada previa peptización, A la misma fracción determinada sin peptización ⁽⁸⁾.

Cuanto mayor es la diferencia entre las dos determinaciones de arcilla, mayor es el factor de estructura del suelo, el que puede variar entre 0 y 100.

Método Demolon-Henin. Los autores, considerando que los agregados de *tipo a* son necesariamente estables en las condiciones naturales, pero que el agua destilada los destruye a partir del momento en que se eliminan los cationes adsorbidos y el cemento arcilloso se peptiza, pensaron en la necesidad de utilizar un medio líquido en equilibrio electrolítico con la fase sólida. La experiencia les demostró que no era indispensable tal equilibrio y que bastaba un medio adecuado para mantener precipitados los coloides que actúan de cemento. Dado que el catión adsorbido predominante en los suelos neutros es el calcio, adoptaron como medio líquido una solución de nitrato de calcio al 1 0/00. La técnica que aconsejan es la siguiente:

Diez gramos de suelo se colocan en un frasco de un litro con 600 c.c. de nitrato de calcio al 1 0/00 y se agita media hora en una máquina rotativa a razón de 30-40 vueltas por minuto. Luego se procede al fraccionamiento con un levigador Gollan, aparato que por sus características sólo exige una porción reducida de solución cálcica de 5 o 6 litros.

La clasificación obtenida por este método comprende solamente hasta los agregados del *tipo a*, pero con mayores precauciones que el método de *Lemmermann*, pues utiliza un líquido que no modifica el estado de adsorción del coloide cementante.

III

DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA ELEMENTAL.

Nos referiremos solamente a los dos métodos más empleados: el del *Bureau of Public Roads*, porque es el que se utiliza en todos los análisis relacionados con los problemas del suelo desde el punto de vista vial; y el método de la *Asociación Internacional de la Ciencia del Suelo* utilizado por los analistas vinculados a problemas edafológicos y agrícolas.

Método del Bureau of Public Roads (Bouyoucos). Si el suelo es arcilloso, lo que se conoce por la plasticidad, se toman 50 gr. y se los trata en caliente con agua oxigenada al 6 %. Si el suelo es arenoso, pobre en arcilla, se tomarán 100 gr. y se los deja en

contacto con agua destilada hasta que se sature de humedad. Luego, en ambos casos, la suspensión de suelo se agita 10-15 minutos en una cocktelera eléctrica con 5 c.c. de solución de silicato sódico densidad 1.023. Terminada la agitación se pasa la suspensión de suelo a una probeta y se completa con agua hasta 1000 c.c.

Por densimetría (hidrómetro Bouyoucos) se determina la proporción de partículas finas. Las gruesas, mayores de $74\ \mu$, se determinan por tamización ⁽⁴⁾.

Método Asociación Internacional. Diez gramos de suelo se tratan primeramente con agua oxigenada al 6 % en caliente y luego con ClH N/5 hasta eliminación del calcio. Se lava con agua destilada hasta eliminación de la acidez, se tamiza para separar las partículas mayores de 0,2 mm., se peptiza con amoníaco o también con hidratos u oxalatos alcalinos, agitando en botellas de medio litro en máquina de vueltas. La granulometría se determina ya sea por sedimentación, levigación, pipeta o combinaciones de esos métodos ⁽⁵⁾ ⁽¹⁰⁾.

Cuando los suelos contienen bióxido de manganeso, lo que se reconoce por una efervescencia instantánea e intensa producida al agregarle agua oxigenada, se tratan primeramente con bisulfito sódico (0,2 - 1 gr.) y luego se lava con agua.

Cuando los suelos tienen más de 5 % de carbonato de calcio, se debe repetir, una o dos veces, el tratamiento con ácido clorhídrico.

Una variante de este método, que no altera lo fundamental, es la que hemos empleado en nuestros trabajos. Como nos proponíamos comparar las diferentes técnicas de preparación previa de las muestras de suelo, interesaba utilizar idéntico instrumento de medida en el fraccionamiento mecánico, y como también interesaba la rapidez en las determinaciones, hemos usado el hidrómetro Bouyoucos. Por ello operábamos para el análisis con 50 o 100 gramos de suelo que se trataban con el criterio del método internacional, con pequeñas variantes, que proporcionan una excelente peptización. Estas variantes nos fueron sugeridas por un trabajo de J. M. Albarreda ⁽¹⁾ sobre separación de fracción fina destinada al estudio de la relación sílice a sesquióxidos. La técnica que hemos seguido es la siguiente:

Tratar 50 o 100 gramos de suelo, según sea su contenido de arcilla, con agua oxigenada a 6 % en caliente, y previamente con bisulfito si tuviera MnO_2 . Pasar a botellas de medio litro, agregar 250 c.c. de ácido acético N/5 (más la cantidad necesaria para descomponer carbonatos, si los hay) y agitar una hora en máquina

de vueltas. Al día siguiente decantar el líquido, agregar más ácido acético, agitar fuertemente a mano, dejar reposar, decantar y seguir así hasta eliminar el calcio (reacción negativa con oxalato amónico). Lavar luego con agua destilada hasta eliminación de la acidez. En estos tratamientos se procede primero por decantación, luego por lavado sobre filtro. Si se cuenta con una centrífuga de gran capacidad, todas estas operaciones se realizan rápidamente.

Suspender el suelo lavado en agua con hidrato de sodio en cantidad suficiente para dar un pH 9-11. A este grado de alcalinidad se llega por tanteo, agregando poco a poco NaOH N/10 o N/20 y se comprueba extrayendo 2 c.c. de suspensión y adicionándole III gotas de fenolftaleína, que debe dar una fuerte coloración roja. Agitar la suspensión durante una hora en la máquina de vueltas. La dispersión así obtenida pasarla a una probeta, completar a 1000 c.c., manteniendo el pH 9-11 y proceder al análisis mecánico por densimetría (Bouyoucos) o por pipeta (Robinson). En suelos con apreciable cantidad de arena habrá que separar lo retenido por el tamiz N°. 60 (partículas $> 0,25$ mm.) antes de completar el volumen.

En la mayoría de los suelos de Santa Fe la cantidad de material grueso retenido por el tamiz N°. 60 es insignificante, por lo que se hace innecesaria esta precaución.

IV

CURVAS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA.

Curvas de Robinson. Habitualmente los resultados del análisis mecánico, referidos a 100 gr. de suelo sin materia orgánica ni carbonatos, que el tratamiento previo por el método internacional destruye, se expresan gráficamente por el método de Robinson, representando en las abscisas, en escala logarítmica, las velocidades de sedimentación y en las ordenadas las sumas de los porcentajes en escala métrica. De esta manera los diferentes materiales granulares, suelos, arcillas, dan curvas regulares características, sigmoides con un punto de inflexión⁽⁹⁾. Estas curvas pueden determinarse cualquiera sea el método de fraccionamiento empleado, y por sus formas pueden agruparse en familias de curvas. Una irregularidad en esas curvas revela enseguida una heterogeneidad del material, o bien una determinación defectuosa.

Recta de James. Este autor representa en las abscisas el logaritmo de los tiempos en minutos (T) correspondientes a las lecturas hechas con el hidrómetro Bouyoucos, y en las ordenadas los logaritmos de las lecturas del hidrómetro (L). Obtiene así para los suelos comunes, de granulometría más o menos regular, una recta (7). Las arcillas casi puras o aluviones de ríos (limos casi puros) no se comportan de la misma manera.

La ecuación de una recta representada en coordenadas (x, y) es:

$$y = mx + c,$$

en la que m representa el gradiente o tangente del ángulo que forma la recta considerada con el eje de las abscisas, y c es una constante (valor de y para $x = 0$).

Como en el sistema de coordenadas considerado, los valores de x e y son logaritmos, la ecuación anterior se convierte en las siguientes:

$$\log L = m \cdot \log T + c,$$

$$\log L = \log T^m + c.$$

El autor propuso este sistema de representación para simplificar el método del hidrómetro, pues si la representación gráfica de la sedimentación es una recta, bastan dos puntos para determinarla, o sean dos lecturas alejadas del hidrómetro, en vez de 7 como se acostumbra generalmente. Pero hace la salvedad de que pueden presentarse excepciones en limos y arcillas puras que no den una recta, irregularidad que escaparía a la observación si se redujera el número de lecturas densimétricas.

Pero sin pretender reducir el número de lecturas y dejando de lado los casos de curvas irregulares, la representación propuesta por James es interesante porque permite expresar la granulometría de los suelos regulares con dos valores, uno el «material fino», correspondiente al porcentaje dado por la recta para el minuto 1 (c), y el «gradiente de sedimentación» o coeficiente angular de la recta (m).

Como la representación de Robinson es la más utilizada para la expresión de los resultados del análisis mecánico de suelos, y con el fin de utilizar el mismo dispositivo propuesto en otra oportunidad por uno de nosotros (6), que permite hacer gráficamente las correcciones por densidad y por temperatura, hemos modificado la forma de representación de James, tomando en las abscisas los logaritmos

de los diámetros de las partículas en vez de los logaritmos de los tiempos de las lecturas del hidrómetro, y en las ordenadas los logaritmos de los porcentajes en lugar de los logaritmos de las lecturas del hidrómetro. Esta modificación cambia el signo del coeficiente angular de la recta representativa de la granulometría. Tiene la ventaja de poder utilizar los datos obtenidos por las otras técnicas de análisis mecánico que no emplean el método densimétrico; y permite la construcción de la curva de Robinson a base de la recta de James así modificada (Fig. 4).

Siendo P el porciento de partículas de tamaño hasta diámetro D en micrones, K una constante, y m' un coeficiente cuyo valor es doble que el m de James y de signo contrario, resulta la ecuación siguiente:

$$\text{Log } P = m' \text{ Log } D + K,$$

que es también la de una recta. En este caso la constante K da lo que llamamos *material coloidal*, o sea porcentaje de partículas de tamaño hasta un micrón y el coeficiente m' el «*gradiente granulométrico*».

V

APLICACIÓN A UN PERFIL DE SANTA FE.

Damos en esta publicación los datos correspondientes a uno de los perfiles estudiados en la Provincia de Santa Fe. Es un perfil No. 139 correspondiente a un suelo Fives Lille (Dep. San Justo) desarrollado sobre «limos», cuyas características se especifican en el cuadro I.

El Análisis Mecánico de las siete muestras del perfil estudiado se realizó por los tres métodos siguientes:

- a) Análisis mecánico según la técnica de Bouyoucos, dispersión con silicato sódico.
- b) Análisis mecánico con el hidrómetro Bouyoucos, tratamiento previo con ácido acético y dispersión con soda hasta pH 9-11.
- c) Análisis mecánico con el hidrómetro Bouyoucos, sin tratamiento previo, ni peptización (textura real aproximada).

Los cuadros II y III dan los resultados de los análisis mecánicos efectuados según las tres técnicas indicadas, los que dan diferencias muy apreciables para las fracciones de partículas pequeñas, correspondientes a una misma muestra.

Además, como comprobación, se hizo el análisis mecánico de una muestra artificial preparada mezclando 8,5 gr. de arcilla, 8,5 gr. de arena fina y 83 gr. de limo, materiales separados de suelos regionales.

Las curvas de Robinson (Fig. 1) correspondientes a una de las muestras, la No. 524, destacan diferencias notables en los resultados obtenidos con los tres métodos analíticos aplicados. Pero la representación de James (Fig. 2) además de revelar lo mismo, nos indica que la última lectura del hidrómetro a las 24 horas, que da el porcentaje del material más fino en la suspensión peptizada con silicato (curva a) es errónea, debido sin duda a una deficiente peptización, ya que la lectura ha sido cuidadosamente tomada.

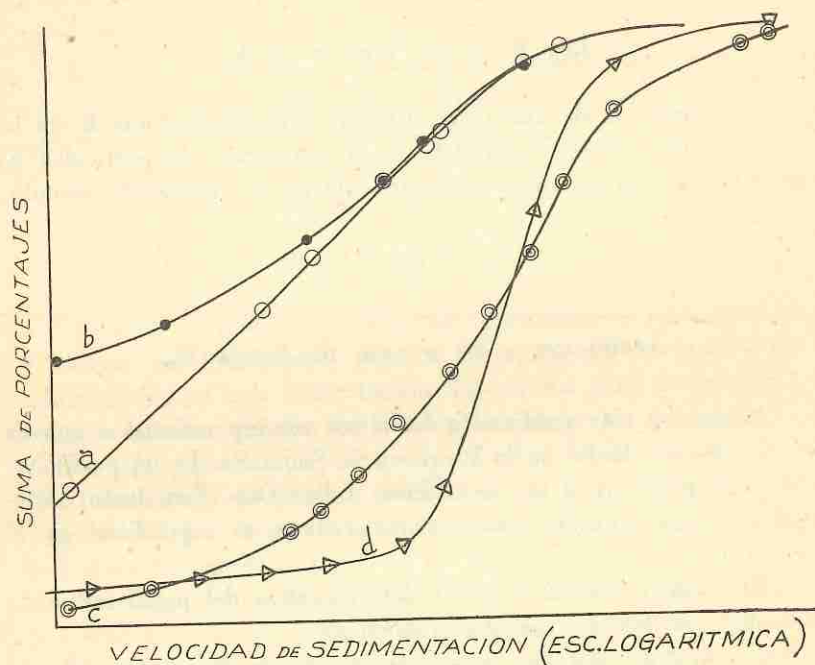


FIGURA 1. Curvas de Robinson. Curvas a, b y c corresponden a análisis mecánicos de la muestra No. 524 según tres procedimientos distintos. La curva d corresponde a una mezcla artificial

Los gráficos correspondientes a los análisis de las muestras de suelo previamente tratadas con ácido y peptizadas con soda hasta pH 9-11 (curva b) dan porcentajes de arcilla más elevados, y los gráficos afectan formas rectilíneas entre los puntos correspondientes a las lecturas de 1 minuto y 24 horas. No sucede lo mismo con los gráficos correspondientes a los métodos a y c.

Pero aún para suelos bien peptizados y de granulometría regular, fuera de esos límites de tiempo, hay que pensar que racionalmente no puede obtenerse una recta y así lo demuestra el gráfico de la figura 3, en el que la prolongación de la recta da por extra-

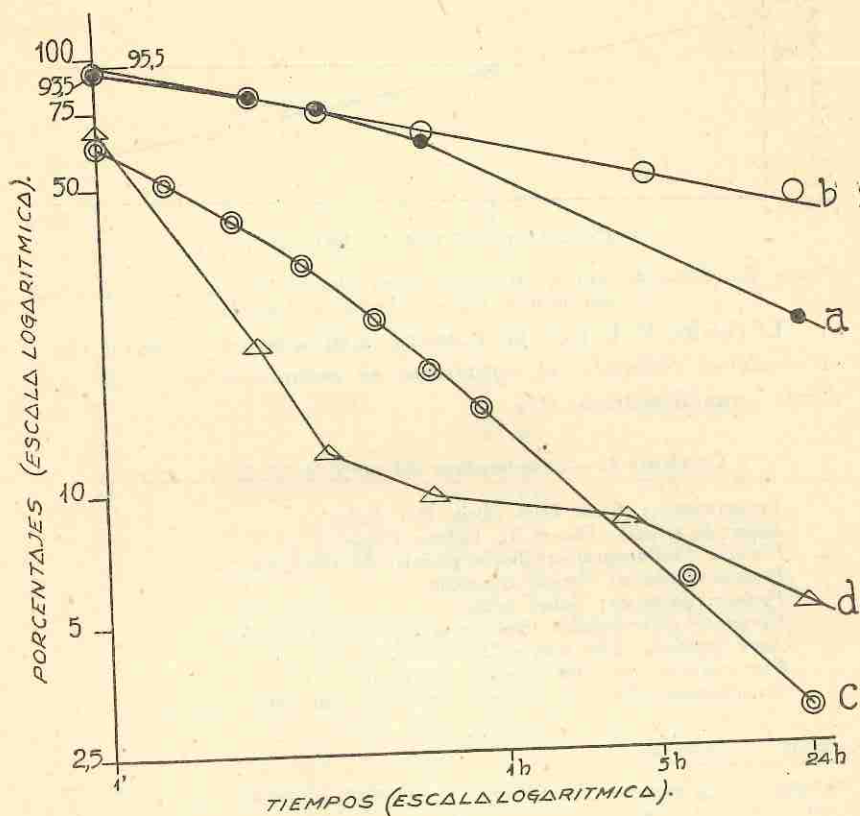


FIGURA 2. Representación gráfica según James de los análisis mecánicos de la muestra No. 524 según tres técnicos (a, b y c) y de una muestra artificial (d)

En la representación gráfica de James hemos tomado en las ordenadas los valores de porcentajes de materia en suspensión correspondientes a las lecturas del hidrómetro y no a éstas directamente.

polación una concentración de 155 % para una lectura hipotética hecha a 1 segundo. En el otro sentido, es decir para la región correspondiente a las lecturas efectuadas a tiempos muy grandes, tampoco podría extrapolarse por prolongación de la recta, pues si la dispersión ha sido perfecta la suspensión mantendría su densidad, dado que la ley de Stokes no rige para las partículas muy pequeñas.

La representación correspondiente a la muestra artificial indica una irregularidad manifiesta. (Fig. 2).

El cuadro IV da, para cada determinación densimétrica en la suspensión de la muestra N^o. 524, el logaritmo del porcentaje de material de suelo correspondiente a la lectura del hidrómetro y el logaritmo del tiempo correspondiente.

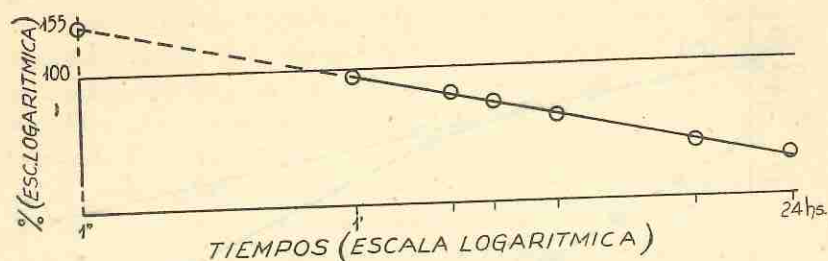


FIGURA 3. Recta de James extrapolada para alcanzar el valor correspondiente a una lectura supuesta hecha al segundo

El cuadro V da para las muestras analizadas el «material fino», el «material coloidal», el «gradiente de sedimentación» y el «gradiente granulométrico» (*).

CUADRO I. — Características del perfil de suelo N^o. 139

Denominación: Fives Lille (Dep. San Justo).
Lugar de estudio: Chacra 51. Colonia Clara.
Posición fisiotopográfica: Borde oriental del Golondrina.
Posición botánica: Parque chaqueño.
Posición geológica: Sobre limos.
Horizontes diferenciados: Siete (muestras N^o. 520—526).
Agua freática: 4.50 metros. Dulce-alcalina.
Efervescencia con *ClH*: positiva a 80 cm.
Concreciones: En 524: nódulos, tosquillas. En 526: tosquillas.

HORIZONTE		MUESTRA		COLOR	TEXTURA	ESTRUCTURA	CARÁCTER DIFERENCIAL
N ^o .	ESPESOR CM.	N ^o .	ESPESOR CM.				
I	0—10	520	0—10	Gris	Limosa	Masiva	Huecos en la masa
II	10—35	521	15—25	»	»	»	Estruct.-Textura
III	35—50	522	35—45	»	Tierra arcill.	Prism.-cuboide	Estructura
IV	50—65	523	55—65	Negro-pardo	»	Columnar.-ub	»
V	65—85	524	80—85	Pardo	»	Mas.-costra	Textura
VI	85—300	525	180	Pardo-amar.	Tierra aren.	Masiva	Color
VII	300	526	320	Gris-amar.	»	»	—

(*) Ejemplo de cálculo del coeficiente angular de la recta de N^o. 524:

$$m = \frac{1,980 - 1,755}{0,000 - 2,000} = -00,11; m' = \frac{1,84 - 1,62}{-1} = 0,22$$

CUADRO II.

Análisis mecánico realizado por las tres técnicas a, b, y c. Expresado según la escala americana.

Nº. MUESTRA	Coloides < 1 μ			Arcilla < 5 μ			Limo 5-50 μ			Arena fina 50-250 μ			Arena gruesa 0,25-2 mm.		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
520	5,0	17,0	0,5	32,0	38,0	8,5	64,0	54,0	40,5	4,0	7,6	24,3	0,0	0,4	26,7
521	10,5	22,5	1,5	37,5	36,0	11,0	58,5	54,5	51,5	3,8	9,3	27,0	0,2	0,2	10,5
522	11,0	51,0	5,5	63,0	66,5	16,5	36,0	30,5	44,5	1,0	2,5	32,0	0,0	0,5	7,0
523	24,0	45,5	4,5	54,0	58,5	15,5	39,5	36,5	57,5	6,3	4,6	23,0	0,2	0,4	4,0
524	21,0	44,0	3,0	52,5	59,5	12,5	44,0	36,5	60,5	3,5	3,9	25,0	0,0	0,1	2,0
525	21,0	34,5	0,0	50,0	54,5	7,5	47,5	40,0	46,0	2,5	5,3	36,5	0,0	0,2	10,0
526	11,5	21,0	0,0	41,0	40,5	5,5	50,5	46,5	39,5	7,8	11,5	35,5	0,7	1,5	19,5

CUADRO III.

Análisis mecánico realizado por las tres técnicas a, b y c y expresado según la escala internacional.

Nº. MUESTRA	FACTOR DE ESTRUCTURA (Lemmermann)	Arcilla < 2 μ			Limo 2-20 μ			Arena fina 20-200 μ			Arena gruesa 0,2-2 mm.		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
520	87.7	14,5	24,5	3,0	55,5	43,0	25,5	30,0	32,0	42,0	0,0	0,5	29,5
521	84.6	20,5	26,0	4,0	57,0	40,5	31,0	22,3	33,3	52,0	0,2	0,2	13,0
522	86.9	15,5	57,5	7,5	40,5	28,5	29,5	14,0	13,3	54,0	0,0	0,7	9,0
523	87.9	37,0	49,5	6,0	43,0	33,0	40,5	19,8	17,0	47,5	0,2	0,5	6,0
524	88.6	34,0	48,5	5,5	48,0	34,5	36,0	18,0	16,9	54,5	0,0	0,1	4,0
525	94.1	32,5	41,5	2,5	51,5	38,5	27,5	16,0	19,8	56,0	0,0	0,2	14,0
526	93.8	23,0	27,5	1,7	47,0	40,5	19,8	29,3	30,0	56,0	0,7	2,0	22,5

CUADRO IV. — Porcentaje de materia en suspensión de la muestra No. 524 correspondiente a las lecturas del hidrómetro Bouyoucos. Determinaciones efectuadas según las técnicas a, b y c.

PORCENTAJE DE MATERIA EN SUSPENSIÓN P	TIEMPO EN MINUTOS T	LOG. T	LOG. P
a) Peptización con silicato:			
93.5	1	0,000	1,971
79,7	5	0,698	1,901
74,0	10	1,000	1,869
61,2	30	1,477	1,786
23,0	1440	3,158	1,362
b) Tratamiento previo ácido y peptización con NaOH, pH 9-11.			
93,2	1	0,000	1,969
80,5	5	0,698	1,905
73,5	10	1,000	1,866
64,4	30	1,477	1,808
50,5	300	2,477	1,703
44,8	1440	3,158	1,651
c) Suspensión simple en agua.			
62,4	1	0,000	1,795
51,3	2	0,301	1,710
41,6	4	0,602	1,619
33,0	8	0,903	1,518
24,4	17	1,230	1,387
18,6	30	1,477	1,269
15,2	50	1,699	1,181
6,0	420	2,623	0,778
3,0	1440	3,158	0,477

CUADRO V. — Características de los suelos de un perfil expresadas por la recta de sedimentación.

No.	EXPRESADO SEGÚN JAMES		EXPRESADO SEGÚN GRÁFICO EMPLEANDO DIÁMETROS	
	«MATERIAL FINO» (c)	«GRADIENTE DE SEDIMENTACIÓN» (m)	«MATERIAL COLOIDAL» (K)	«GRADIENTE GRANULOMÉTRICO» (m')
520	91,2	0,215	17,0	0,430
521	85,1	0,200	22,5	0,400
522	95,5	0,087	51,0	0,174
523	95,5	0,112	45,5	0,224
524	95,5	0,112	44,0	0,224
525	97,7	0,140	34,5	0,280
526	90,1	0,192	21,0	0,384

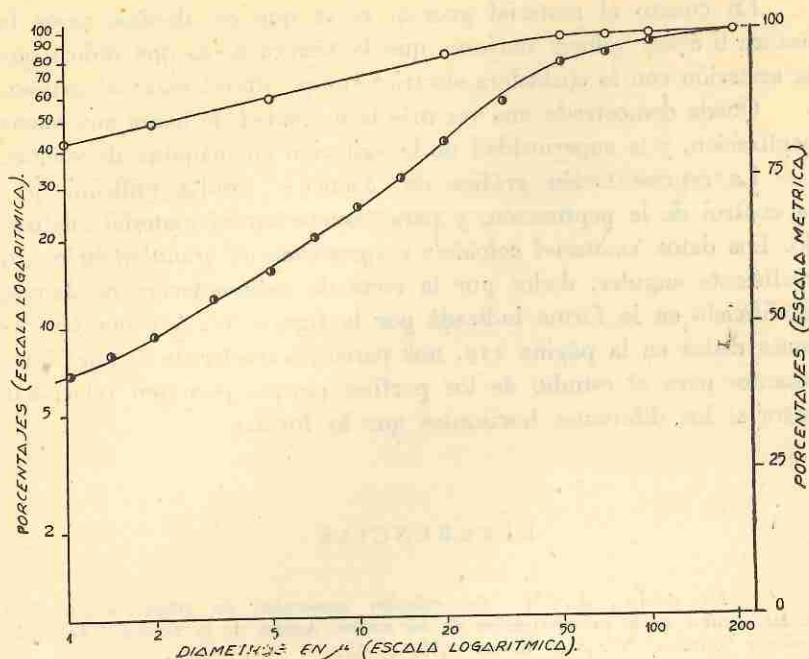


FIGURA 4. Representación gráfica del análisis mecánico de la muestra No. 524.
Arriba: recta de James modificada (Material coloidal $K = 41,7$. Gradiente granulométrico $m' = 0,22$). Debajo: curva de Robinson construida a base de la anterior

CONCLUSIONES

Por la comparación de los análisis mecánicos de las muestras de este trabajo, puede verse que en todos los casos el porcentaje de arcilla resulta mayor con la técnica que emplea el tratamiento previo con ácido acético y la peptización con soda hasta pH 9-11.

El procedimiento Internacional modificado, que exige la eliminación del calcio y lavaje hasta neutralidad, es indudablemente mucho más laborioso que el del Bureau of Public Roads que peptiza directamente con silicato de sodio, pero los resultados del primero son mucho mejores.

Un análisis mecánico mal hecho puede dar cualquier resultado comprendido entre los correctos, que se obtienen después de una buena peptización, y el que resulta de suspender directa y simplemente el suelo en agua, es decir, que puede señalar una textura comprendida entre la elemental y la real.

En cuanto al material grueso, se ve que en algunos casos la técnica b acusa valores mayores que la técnica a, lo que indica que la agitación con la cocktelera eléctrica rompe algo el material grueso.

Queda demostrado una vez más la necesidad de hacer una buena peptización, y la superioridad de la agitación en máquina de vueltas.

La representación gráfica de James resulta utilísima para control de la peptización, y para caracterizar el material analizado. Los datos «material coloidal» y «gradiente de granulométrico», o coeficiente angular, dados por la recta de sedimentación de James, modificada en la forma indicada por la figura N.º 4 y por las razones dadas en la página 112, nos parecen características muy interesantes para el estudio de los perfiles porque permiten relacionar entre sí los diferentes horizontes que lo forman.

REFERENCIAS

- (1) Albareda, J. M. *La relación molecular de sílice a sesquióxidos de las arcillas en la caracterización de los suelos*. Anales de la Sociedad Española Física y Química, N.º. 319, Enero 1935, p. 45.
- (2) Bouyoucos, G. J. *A method for making mechanical analysis of the ultimate natural structure of soils*. Soil Science, N.º. 6, Vol. 40, p. 481.
- (3) Demolon et Henin, S. *Recherches sur la structure des limons et la synthèse des agrégats*. Suplements au Comptes Rendus de l'Association de la Science du Sol. Vol. III, 1932, N.º. 1.
- (4) Gollan, J. (h). *Propiedades, análisis y clasificación de los suelos*, publicación N.º. 3 de la D. N. de Vialidad, 2ª. edic., p. 29.
- (5) Gollan, J. (h), Hervot, L., y Nicollier, V. — *Análisis Mecánico de Suelos*. Revista de la Facultad de Química Industrial y Agrícola, Vol. II, p. 64.
- (6) Gollan, J. (h). *Nomogramme pour la correction des résultats dans l'analyse mécanique des sols*. Recherches sur le Sol, N.º. 3, vol. 4, 1935 y Revista de la Facultad de Química, N.º. III, pág. 178.
- (7) James, R. L. *A simpler method for expressing the mechanical analysis of many common soils*. Soil Science. N.º. 4, Vol. 39, p. 271.
- (8) Lemmermann, O. *Methoden für die Untersuchung des Bodens*, II. Teil, p. 97.
- (9) Robinson, G. W. *On certain regularities in the mechanical composition of Soils and other granular substances*, IVª Conf. Pedologie, Roma, 1924. Vol. II, p. 180.
- (10) *The Dispersion of Soils in Mechanical Analysis*. Imperial Bureau of Soil Science, Technical Communication N.º. 26.



IMPRESO EN LA IMPRENTA
DE LA UNIVERSIDAD NA-
CIONAL DEL LITORAL EL
7 DE JULIO DE 1936
SANTA FE - R. ARGENTINA