

Caracterización química de dos suelos volcánicos de la provincia de Ñuble: Arrayán y Santa Bárbara (I)

UN METODO DE DISPERSION DE SUELOS DE ORIGEN VOLCANICO DE LA PROVINCIA DE ÑUBLE¹

Waldo Espinoza G.²

INTRODUCCION

Los estudios de Besoain (2), Polle y León (11), Wright (13), Letelier (12), evidencian que los suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas poseen algunas características físicas y químicas que los hacen diferentes en su comportamiento a los suelos de origen no volcánico. Una de las características especiales de algunos suelos de origen volcánico es su difícil dispersión por métodos ordinarios.

Algunos suelos chilenos responden favorablemente a las técnicas de dispersión ordinarias mientras que otros, especialmente algunos suelos volcánicos, floculan con estos dispersantes.

El fenómeno de la floculación se caracteriza porque las partículas inicialmente dispersadas mantienen su individualidad durante breves instantes, para formar en seguida conglomerados de partículas individuales o flóculos, que se depositan con una velocidad correspondiente al tamaño del flóculo y, por ende, alteran la distribución de partículas de un tamaño definido que posee el suelo.

El presente trabajo tiene por objeto presentar los resultados obtenidos con un método de dispersión, debido a M. L. Jackson (USA y Japón), M. Fieldes (N. Zelandia), que permite obtener la proporción de partículas de diferente tamaño que los suelos volcánicos poseen.

REVISION DE LITERATURA

Los suelos derivados de cenizas volcánicas de Nueva Zelandia y Japón, poseen las siguientes características:

- a) Estructuras de suelo bien desarrolladas.
- b) Friabilidad.
- c) Relación $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ baja.
- d) Alto poder fijador de fosfatos.
- e) Alto pH ($> 6,0$) y bajo % de saturación de bases.
- f) Fracciones de arcilla que contienen material amorfo (óxidos hidratados de Fe, Alofán y Palagonita).
- g) Coloides con alta capacidad total de in-

tercambio de cationes no debido a Montmorillonita ni Vermiculita.

Los trabajos realizados en la Universidad de Concepción (Espinoza, 1963) (5), indican que, además de las características anteriormente mencionadas, los suelos de cenizas volcánicas llamados trumaos presentan otras, tales como:

- a) Altos contenidos de humedad del suelo seco al aire (15%).
- b) Alto valor de humedad aprovechable.
- c) Baja densidad aparente (0,8 - 1,1).
- d) Floculación a los pH naturales.

La floculación de los suelos volcánicos es atribuida, principalmente, a las características de su porción coloidal, compuesta por alofán y óxidos libres de Fe, hidratados.

Birrel y Fieldes 1952 (3), encontraron que los suelos que contienen alofán, permanecen floculados en un amplio margen de pH, incluyendo el pH al cual se encuentran normalmente dichos suelos.

La floculación de los suelos que contienen alofán, es explicada por Birrel y Fieldes, 1952 (3), atendiendo a los diferentes puntos isoeléctricos de la suspensión. Ellos indican que la sílice hidratada con pH isoeléctrico 3, está débilmente ligada a la alúmina hidratada con pH isoeléctrico 7, de tal manera que suelos con pH entre 5 y 7 poseen partículas de alofán positivas y negativas que eventualmente se unen formando flóculos.

Según Fieldes, 1957, (6), se impide la floculación, si se altera el pH de la solución sobre o bajo el punto isoeléctrico de todos los coloides presente, lo cual se podría obtener a pH 10,8 con NaOH o bien a pH 2,5 con HCl.

De acuerdo a Jackson, 1965 (9) (10), el proceso de dispersión de los minerales del suelo requiere la remoción de electrolitos solubles, de cationes divalentes intercambiables y la remoción de agentes químicos cementantes tales como materia orgánica, óxidos libres de Fe y sílice y aluminio coloidal.

Las sales solubles, los cationes intercambiables divalentes y los carbonatos de Ca y Mg, son removidos, según Jackson, mediante lavado con un buffer ácido como acetato de sodio (pH 5,0). La remoción del material orgánico cementante es también necesaria para asegurar

¹ Recepción manuscrito: 29 de Julio de 1968.

² Ingeniero Agrónomo M. S., Profesor Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción.

una completa dispersión del suelo. Esto se obtiene mediante tratamiento del suelo con H_2O_2 (20-30%) a 65°C.

La remoción de materiales amorfos y cristales de óxidos de Fe, particularmente hematita ($\alpha-Fe_2O_3$) y goetita (FeO - OH) es también importante debido a que facilita la dispersión de la porción silicatada de coloide.

Jackson, 1965 (9), Duchaufour y Souchier, 1966 (4), han propuesto un método que emplea ditionito de sodio, citrato y bicarbonato de sodio para asegurar la remoción de óxidos libres de Fe y Al. En este caso, hidrosulfito de sodio ($Na_2S_2O_4$) es utilizado en los procesos de reducción, bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) como tampón y citrato de sodio, $Na_2C_2O_4$, como agente complejante del ión Fe^{+3} .

Luego de la remoción de la materia orgánica, de los cationes de intercambio y de los óxidos libres de Fe (más porciones de Si y Al), es posible obtener una dispersión completa del

suelo mediante el empleo de un dispersante adecuado y eligiendo un pH de suspensión que esté sobre los pH isoelectricos de las sustancias en solución. Eventualmente, se hace necesario remover alofán mediante el método de disolución selectiva de Hashimoto y Jackson, 1958 (7).

A partir de este momento la separación de partículas se realiza mediante procedimientos de cedazos en medio acuoso y con técnicas de centrifugación, Baver, 1956 (1), Jackson, 1965 (9).

MATERIALES Y METODOS

Suelos

Se tomaron muestras de los primeros 90 centímetros de un perfil representativo de las series Arrayán y Santa Bárbara, cuya caracterización química se presenta en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1 — Caracterización química del suelo Arrayán N° 9 (1)

Muestra N°	Prof. cm.	pH		M. O. (%) ⁽²⁾	Carbono Orgánico %	N Total % N ⁽⁴⁾	C/N	P Fijado Ton/ha ⁽⁵⁾	P. Asimilable		Al Extract. ppm-s ⁽⁶⁾	Fe Extract. ppm-s ⁽⁶⁾
		H ₂ O	KCl ⁽²⁾ N						Bray y Kurtz N° 2 ppm-s	Olsen ppm-s		
59	0-15	5,20	5,20	12,40	7,20	0,506	14,20	14,5	1,1	4,0	326	0,0
60	16-30	6,30	5,30	10,30	5,95	0,450	13,25	16,4	0,0	4,0	470	6,0
61	31-45	6,35	5,30	9,75	5,65	0,436	12,92	16,9	0,0	3,0	574	2,0
62	46-60	6,37	5,30	8,61	5,00	0,386	12,90	16,5	0,0	2,0	574	8,0
63	61-75	6,50	5,40	6,40	3,71	0,344	10,75	16,3	0,0	1,0	542	10,0
64	76-90	6,60	5,40	6,20	3,60	0,278	12,95	16,4	0,0	2,0	542	10,0

(1) Muestra correspondiente al Proyecto "Caracterización Física y Química de suelos volcánicos de la provincia de Nuble", obtenida a 3 kilómetros de Coihueco (Camino Coihueco-Niblinto), 296 mts. s. n. m., topografía plana con vegetación natural.

(2) Relación suelo-solución 1:2,5.

(3) Método de Springer y Klee Modificado (Jackson, 1958) (8) Materia Orgánica.

(4) Método de Kjeldahl.

(5) Cuando se aplica al suelo un equivalente de 20 T P_2O_5 /ha. (Método de Demolón) (Espinoza, 1963).

(6) Al y Fe int. extractados con Solución de Morgan (pH 4,8). Al fue determinado colorimétricamente con Aluminón y Fe fue determinado con 0-fenantrolinea.

Cuadro 2 — Caracterización química del suelo Santa Bárbara N° 10 (1)

Muestra N°	Prof. cm.	pH		M. O. (%) ⁽²⁾	Carbono Orgánico %	N. Total % N ⁽⁴⁾	C/N	P Fijado Ton/ha ⁽⁵⁾	P Asimilable		Al Extract. ppm-s ⁽⁶⁾	Fe Extract. ppm-s ⁽⁶⁾
		H ₂ O	KCl ⁽²⁾ N						Bray y Kurtz N° 2 ppm-s	Olsen ppm-s		
65	0-15	6,6	5,4	10,44	6,06	0,400	15,15	15,5	0,70	6,0	372,0	4,0
66	16-30	7,1	5,8	5,10	2,95	0,228	12,95	18,1	0,00	3,5	524,0	10,0
67	31-45	7,2	5,8	4,53	2,63	0,185	14,20	18,6	0,00	3,0	574,0	10,0
68	46-60	7,1	5,9	3,96	2,30	0,169	13,60	18,6	0,00	2,0	606,0	14,0
69	61-75	7,1	5,8	3,76	2,18	0,165	13,20	19,0	0,00	2,5	574,0	12,0
70	76-90	7,0	5,9	2,92	1,69	0,141	12,00	19,1	0,00	1,0	624,0	20,0

(1) Muestra correspondiente al Proyecto "Caracterización Física y Química de suelos volcánicos de la provincia de Nuble", obtenida a 20 kms. oriente de Coihueco (camino Coihueco-Calabozo), a 545 mts. s. n. m., con pendiente del 15-20% sin cultivar.

(2) Relación suelo-solución 1:2,5.

(3) Materia Orgánica: Método de Springer y Klee modificado.

(4) Nitrógeno total: método de Kjeldahl.

(5) Método de Demolón: Cuando se aplica al suelo un equivalente a 20 T P_2O_5 /ha.

(6) Al y Fe de Intercambio. Extractados con sol. de Morgan (pH 4,8). Aluminio fue determinado colorimétricamente con aluminón y Fe fue determinado con 0-fenantrolinea.

Procedimiento

Destrucción de carbonatos y remoción de cationes divalentes intercambiables. Se colocan 5 gr. de suelo en 2 tubos de centrífuga de 100 ml, luego se agregan 50 ml de buffer NaOAc N pH 5 y se agita el suelo con una bagueta. La suspensión de suelo es digerida en un baño de agua caliente (baño maría) a 90°C por 30'. La suspensión es centrifugada hasta que el líquido sobrenadante se clarifique. Este se guarda, si su análisis es necesario. Se realizan 2 lavados adicionales en la forma ya indicada. En forma paralela se determina la humedad del suelo a 110°C.

Destrucción de materia orgánica. El suelo libre de carbonatos y de cationes intercambiables divalentes, es ácido en pH, lo cual facilita la acción del H₂O₂ sobre la materia orgánica.

Se agrega al suelo 5 ml de H₂O₂ al 30%, se agita y luego de finalizado el proceso de intensa efervescencia, se coloca el vaso de precipitados en un baño de agua a 60°C. Una mayor temperatura descompone el H₂O₂.

Esta operación se repite hasta no obtener efervescencia cuando se adicionan nuevas porciones de H₂O₂ o hasta que el suelo cambie a color rojizo lo cual se consigue luego de 48 a 72 horas. A continuación se lava el suelo tres veces con Na OAc N pH 5 y una vez con metanol 99% para remover los cationes liberados por la destrucción de la materia orgánica.

Remoción de óxidos libres de Fe y Al. El suelo obtenido de la etapa anterior es colocado en tubos de centrifugas de 100 ml y se le agregan 40 ml de citrato de Na 0,3 M y 5 ml de NaHCO₃ 1 N. Los tubos son colocados en baño de agua de 75 a 80°C a los cuales se agrega 1 g. de hidrosulfito de Na (Na₂S₂O₄). Se agita el suelo por 5 minutos y luego se repite la operación dos veces. (Se debe evitar calentamiento sobre 80°C debido a formación de FeS).

Al final de 15' de digestión, se agregan 10 ml. de solución saturada de NaCl y 10 ml. de acetona con el objeto de promover la floculación. Se centrifuga por 5' a 2.000 rpm. De la solución sobrenadante, enrasada a 500 ml, se obtiene una alícuota para determinar Fe y Al.

Determinación de Fe extractado. Se procede de acuerdo al método colorimétrico de Ortofenantrolina, Hidroquinona y tampón acetato de Na-ácido acético, teniendo presente que el pH del medio (3,0-3,5) es crítico para obtener una adecuada determinación. Jackson, 1958 (8).

Determinación de Al extractado. El aluminio se determina con el ácido Aurín Tricarboxílico (Aluminón), de acuerdo al método descrito por Jackson, 1958 (8).

• **Remoción de alofán.** Se realiza mediante disolución diferencial en NaOH de acuerdo a Hashimoto y Jackson, 1958 (7).

Saturación del suelo con Na. La completa dispersión del suelo se obtiene mediante la generación con el ión Na⁺ de una alta repulsión electrostática entre las partículas.

Con este objeto se realiza la dispersión en Na₂CO₃ 2% (pH 10,8) que otorga una normalidad equivalente a 0,05 N de NaOH y que además posee un alto poder tampón, Jackson, 1965 (9). Para ello se agregan 100 ml de Na₂CO₃ al suelo y se hierve por 5'. Luego se agita 1' con el dispersor mecánico Bouyoucos.

Separación de partículas. Una vez obtenida la dispersión del suelo en Na₂CO₃ 2%, se hace pasar el suelo con la ayuda de agua destilada, a través de un cedazo de 50 micrones que permite separar arena de limo + arcilla. La fracción arena así obtenida, se determina gravimétricamente.

La separación de limo y arcilla se realiza mediante el uso de una centrífuga. Las porciones separadas en esta forma se determinan gravimétricamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados que aparecen en los cuadros 3 y 4, se puede afirmar que el método de dispersión de suelos derivados de cenizas volcánicas (trumaos) recomendado por Jackson, M. L., 1965 (9), y por Fieldes, 1966*, es apropiado para la dispersión de estos suelos volcánicos chilenos.

El método que emplea ortofenantrolina para la determinación de óxidos de Fe libres es altamente sensible a la cantidad de Fe presente y al pH de la suspensión. Este pH deberá ser de 3,0 - 3,5 para obtener un resultado adecuado. Sin embargo, siempre será conveniente construir una curva de calibración.

El método del ácido aurintricarboxílico (aluminón) para la determinación de óxidos libres de Al, es adecuado, altamente sensible y el inconveniente de la interferencia de Fe se elimina fácilmente mediante el uso de ácido tioglicólico.

Respecto del dispersante empleado, Na₂CO₃ 2%, se observó en igual forma a

*Comunicación personal.

Jackson 1965 (9) que más importante que la obtención de un exceso de iones Na, es la obtención de un pH óptimo de dispersión de 10,8. El autor del presente trabajo estima necesario, en forma previa a la separación de partículas, la agitación del suelo durante 1 minuto, en el dispersor mecánico de Bouyoucos.

El método permite la determinación separada de las fracciones de Fe_2O_3 y Al_2O_3 libres del suelo, que desde el punto de vista de tamaño y reactividad deben ser considerados como componentes de la fracción arcilla del suelo. Este criterio afecta principalmente los resultados en el caso del suelo Santa Bárbara, que posee una mayor cantidad de óxidos de Fe y Al que el suelo Arrayán.

La adición de óxidos libres de Fe, Al y los óxidos alofánicos a la fracción arcilla de los suelos, permite afirmar que la textura del suelo Arrayán es arcilla o limo arcilloso, y que la del suelo Santa Bárbara es arcillosa. Este ajuste

revela en mejor forma la reactividad del suelo trumao. La textura obtenida se contrapone a aquélla normalmente obtenida con los métodos de Bouyoucos y pipeta hasta ahora empleados, Espinoza, 1963 (5). Con estos métodos se obtiene para el suelo Arrayán una textura franca, y para el suelo Santa Bárbara una textura limosa.

Las cantidades de óxidos de Fe libres son bastante más elevadas en el suelo Santa Bárbara que en el suelo Arrayán. La experiencia del autor indica que los problemas de dispersión se intensifican en el suelo Santa Bárbara de tal manera que no tan sólo se podría culpar al alofán de los problemas de floculación, sino que también a los óxidos de Fe libres. Al respecto, Duchaufour (1966) dice que por libres se entiende a "aquellos elementos que existen en el suelo, en forma iónica soluble, al estado de hidróxidos o bien en combinaciones tem-

Cuadro 3.— Contenido de arena, limo, arcilla determinados en un suelo Arrayán, luego de la extracción de óxidos libres, mediante el método propuesto

Suelo	Prof. cm.	Humedad % b/h (¹)	Materia Orgánica % (²)	Fracción Mineral % (³)	Oxidos Libres		Arena %	Limo %	Arcilla % (x)	Oxidos Alofánicos(⁴)		Arcilla % (y)
					Fe_2O_3 %	Al_2O_3 %				SiO_2 %	Al_2O_3 %	
59	0-15	9,45	12,40	78,15	0,23	0,28	30,03	30,10	19,16	8,65	10,55	37,60
60	16-30	13,45	10,30	76,25	0,24	0,15	24,30	32,40	16,50	10,00	16,7	43,59
61	31-45	14,50	9,75	75,75	0,29	0,13	24,00	33,70	13,81	10,5	17,9	42,63
62	46-60	15,01	8,61	76,38	0,29	0,14	20,00	34,30	15,25	12,5	19,5	47,68
63	61-75	14,25	6,40	79,35	0,29	0,12	22,70	35,00	16,35	11,3	19,3	47,86
64	76-90	13,71	6,20	80,09	0,27	0,24	21,30	39,80	14,09	9,3	14,2	38,10

(¹) b/h a 110°C

(²) Método Springer y Klee modificado (Jackson, 1958)

(³) Suelo total - (MO + Humedad)

(⁴) % de la fracción mineral, determinado por método de Hashimoto y Jackson (1958)

(x) % arcilla (partículas < a 2 micrones de diámetro, excepto Fe_2O_3 , Al_2O_3 libres y óxidos alofánicos).

(y) % arcilla, incluido partículas < a 2 micrones de diámetro y óxidos libres y alofánicos.

NOTA.— Todas las cantidades de las últimas ocho columnas corresponden a % de la Fracción Mineral.

Cuadro 4.— Contenido de arena, limo y arcilla determinados en un suelo Santa Bárbara, luego de la extracción de óxidos libres, mediante el método propuesto

Suelo	Prof. cm.	Humedad % b/h (¹)	Materia Orgánica % (²)	Fracción Mineral % (³)	Oxidos Libres		Arena %	Limo %	Arcilla % (x)	Oxidos Alofánicos(⁴)		Arcilla % (y)
					Fe_2O_3 %	Al_2O_3 %				SiO_2 %	Al_2O_3 %	
65	0-15	13,25	10,44	76,31	5,24	0,13	10,53	38,50	12,20	13,20	20,20	50,97
66	16-30	16,20	5,10	78,70	5,02	0,10	12,93	32,20	17,60	12,25	19,90	54,87
67	31-45	16,90	4,53	78,57	5,22	0,06	9,27	33,60	18,50	12,75	20,60	57,13
68	46-60	17,15	3,96	78,89	5,23	0,29	8,15	31,80	15,20	15,15	24,17	60,04
69	61-75	17,20	3,76	79,04	5,32	0,17	7,06	32,95	16,65	13,25	24,60	59,99
70	76-90	17,25	2,92	79,83	5,42	0,14	6,81	35,20	11,58	13,05	27,80	57,99

(¹) Base húmeda a 110°C

(²) Materia Orgánica. Método Springer y Klee, modificado.

(³) Suelo total - (M. O. + H_2O).

(x) Partículas de arcilla menores a 2 micrones de diámetro.

(y) Fracción arcilla: incluye partículas menores a 2 micrones de diámetro, óxidos libres y óxidos alofánicos.

NOTA.— Todas las cantidades de las últimas ocho columnas corresponden a % de la fracción mineral.

porales, solubles o poco solubles, con la materia orgánica o la sílice, pero susceptibles de ser fácilmente disgregados por los agentes químicos". Este autor agrega que el hidrosulfato de Na extrae grandes cantidades de Al_2O_3 libre en suelos ácidos. Esta afirmación no resulta válida en nuestro caso, observándose que el Al_2O_3 es, en su mayor parte, un componente del alofán.

En el curso del trabajo experimental, se observó que la remoción de óxidos alofánicos no altera la dificultad de dispersión de los suelos volcánicos. Esto indicaría que se debe asignar gran importancia en el futuro al estudio de los óxidos libres de Fe_2O_3 existentes en el suelo, en este respecto.

El contenido de arena que es mayor en el suelo Arrayán, comparado al de Santa Bárbara, disminuye con la profundidad en ambos suelos. El contenido de limo más alto en el suelo Arrayán, se mantiene prácticamente constante con la profundidad en ambos suelos.

El contenido de arcilla (partículas menores de 2 u. sin considerar óxidos libres y óxidos alofánicos), es mayor en el suelo Arrayán comparado con el del suelo Santa Bárbara y en ambos suelos se mantiene prácticamente constante con la profundidad. Este aspecto es de suma importancia en una interpretación del comportamiento de dichos suelos, debido a que la fracción arcilla, que no incluye a óxidos libres ni alofánicos, no refleja la enorme reactividad de estos suelos. Se puede suponer que son el alofán y los óxidos libres de Fe_2O_3 los responsables de esta característica de los suelos volcánicos.

La textura del suelo, determinada por los métodos de hidrómetro y pipeta, Espinoza, 1963 (5), no reflejaría la verdadera reactividad de los suelos volcánicos, puesto que en el mejor de los casos dichos métodos sólo detectarían las partículas menores a 2 u que no sean óxidos libres de Fe_2O_3 ni alofán. Es posible

que dichos métodos representen en mejor forma las propiedades físicas del suelo y que el método ahora propuesto reflejaría con mayor exactitud las propiedades químicas de los suelos volcánicos.

CONCLUSIONES

El método propuesto, basado en la remoción de sales del suelo, materia orgánica, óxidos libres de Fe y Al y alofán, aseguran una adecuada dispersión del suelo, permitiendo así una adecuada estimación de la reactividad del suelo.

La fracción arcilla de los suelos volcánicos debe incluir aparte de las partículas menores a 2 u, a las fracciones más reactivas del suelo como los óxidos libres y alofán. Al hacer estas consideraciones, se produce un cambio en las clases texturales a que pertenecen los suelos de trumao tradicionalmente obtenidas con los métodos de Bouyoucos o pipeta. Por ello, los suelos Arrayán y Santa Bárbara, deben ser considerados como suelos de textura principalmente arcillosa, lo cual revelaría en mejor forma las propiedades químicas de estos suelos.

El suelo Arrayán presenta, normalmente, menos problemas de dispersión que el suelo Santa Bárbara. Esto se debería a la influencia floculante del Fe_2O_3 libre que se encuentra en mayor cantidad en el suelo Santa Bárbara.

Esto permite suponer diferencias entre ambos suelos en cuanto a modo de formación y reactividad.

El alofán no posee, aparentemente en estos suelos, el efecto floculante que le asignan investigadores neozelandeses. Sin embargo, estos suelos parecen alcanzar el máximo de dispersión a pH 10,8.

Sería conveniente un estudio más amplio para dilucidar el rol que juega el Fe_2O_3 libre (5,23% en suelo Santa Bárbara) en la dispersión de estos suelos volcánicos.

RESUMEN

En el Departamento de Suelos de la Universidad de Concepción, se investigó un método para dispersar suelos volcánicos chilenos (trumaos).

El método, originalmente propuesto por Jackson (USA) y Fieldes (Nueva Zelanda), consiste en la eliminación de cationes mono y divalentes, remoción de materia orgánica, de óxidos libres de Fe y Al y de alofán, en forma previa a la dispersión con Na_2CO_3 al 2% (pH 10,8).

El método ha demostrado ser útil en la dispersión de los suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas recientes.

Los resultados muestran que la floculación, que ocurre con el método de Bouyoucos o Pipeta, es evitada con el método propuesto.

También se muestra que la textura de dichos suelos no puede seguir siendo considerada como franca, sino como arcillosa, lo cual coincide con la tremenda reactividad de estos suelos.

El trabajo experimental sugiere que el Fe_2O_3 libre puede ser el agente floculante en estos suelos.

SUMMARY

A method for dispersing Chilean Ando soils (trumaos) was investigated at the Soil Science Department of the University of Concepción at Chillán, Chile.

The method, originally proposed by Jackson (USA) and Fieldes (New Zealand) consisted of the elimination of monovalent and divalent cations, and the removal of organic matter, free iron and aluminum oxides and allophane. The dispersion was obtained by treating the sample with 2% Na_2CO_3 , pH 10,8.

The method proved to be useful when applied to the Chilean soils derived from recently deposited volcanic ash.

The results show that flocculation, which occurs with the Bouyoucos or Pipette methods, is avoided in the proposed method.

It is also shown that the texture of these soils can not longer be considered as loam, but rather as clay which agrees with the tremendous reactivity presented by these soils.

The experimental work suggests that free Fe_2O_3 may be the agent inducing flocculation in these soils.

LITERATURA CITADA

- BAVER, L. D. Soil physics. 3rd. ed. New York, John Wiley and Sons. 1956 pp. 1-472.
- BESOAIN, M., EDUARDO. Mineralogía de las arcillas de algunos suelos volcánicos de Chile Agricultura Técnica. **18** (2): 110-165. 1958.
- BIRREL, K. S. & FIELDES, M. Allophane in volcanic ash-soils. J. Soil Sci. **3** (2): 156-166.
- DUCHAUFOUR, PH. et SOUCHIER, B. Note sur une methode d'extraction combinee de l'aluminium et du fer libres dans les sols. Science du sol. N° 1, 17-29. 1966.
- ESPINOZA GARRIDO, WALDO. Estudio de la dispersión con suelos de Nuble. Tesis Ing. Agr. Chile, Universidad de Concepción. 1963 193 págs. (Mimeografiada)
- FIELDES, M. Clay mineralogy of New Zealand soils. Part. 4. Differential thermal analysis. New Zealand Journal of Science and Technology. **38** (6): 533-569. 1957.
- HASHIMOTO, I. & JACKSON, M. L. Rapid dissolution of allophane and kaolinite-halloysite after dehydration. Proc. 7th. U. S. Nat. Conf. Clays and Clay Min. Monograph N° 5: 102-113. 1958.
- JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs. N. J. Prentice Hall, Inc. 1958. 498 p.
- . Soil chemical analysis. 2nd. ed. University of Wisconsin. Advanced course. 1965. 991 p.
- . Free oxides, hidroxides, and amorphous alumino silicates. In Black C. A. Methods of soil analysis. Part I. Physical and Mineralogical properties. Madison Wisc., American Society of Agronomy. 1965. pp. 578-603.
- LEON RAMIREZ LEONEL Y POLLE O., ENRIQUE. Investigación sobre algunos suelos volcánicos chilenos. Agricultura Técnica. **18** (2): 185-204. 1958.
- LETELIER ALMEYDA, ELIAS. Efecto del encalado en el rendimiento del trigo. Agricultura Técnica. **13** (2): 109-154. 1953.
- WRIGHT, A. C. S. A New Zealand pedologist in the Americas. New Zealand Soil News. 1: 58-61. 1960.