

Determinación de alofán en suelos de Ñuble mediante el valor delta de la capacidad total de intercambio catiónico¹

Waldo Espinoza G.²

INTRODUCCION

El alofán es un componente de la fracción coloidal de los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes y que de acuerdo a Fieldes (8) tiene gran influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos.

Se han empleado diversos procedimientos para determinar alofán, tales como Análisis Térmico Diferencial (ATD) y Disolución Diferencial en NaOH 0,5N los cuales se basan en que dicha sustancia posee una composición química y propiedades físicas o químicas características que lo permiten identificar o determinar cuantitativamente aunque se encuentre en estrecha combinación con otras sustancias coloidales del suelo.

Otra propiedad del alofán que permite su determinación cuantitativa, consiste en que éste presenta valores diferentes de capacidad total de intercambio catiónico a pH 7,0 cuando ha sido pretratado a pH 3,5 o a pH 10,5. Esta diferencia en capacidad total de intercambio catiónico se denomina el valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico, que en el caso de alofán, es de 100 me/100 g. Esta propiedad ha permitido su determinación en los suelos volcánicos de Japón y U.S.A. que han sido investigados (1).

El presente trabajo tiene por objeto determinar alofán en forma cuantitativa de acuerdo al método del valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico, originalmente propuesto por Aomine y Jackson en 1959 (1), con el propósito de contribuir al conocimiento de las características químicas de los suelos de Ñuble.

REVISION DE LITERATURA

Diversos investigadores como Ross y Kerr, 1934 (13); Birrell y Fieldes, 1952 (4); Aomine y Yoshinaga, 1955 (2), han encontrado valores de capacidad total de intercambio catiónico marcadamente diferentes para el caso del alofán o de las arcillas alofánicas.

Según Jackson, 1965 (12) "el alofán muestra en forma espectacular la hidrólisis de diversos

cationes intercambiables en sus posiciones de intercambio durante el lavado con una fase acuosa de alcohol, lo cual puede ser una razón de la gran variabilidad de la capacidad de intercambio catiónico". El mismo autor agrega: "otra razón de la variabilidad de la capacidad de intercambio catiónico del alofán, es la alteración de la composición superficial y de la carga neta que aparece como respuesta a diferencias en pH de la solución en la cual ha sido equilibrado el suelo, en forma previa a la determinación de la capacidad de intercambio catiónico". Esta última propiedad ha sido empleada para la determinación analítica de alofán.

Según Aomine y Jackson, 1959 (1), la capacidad total de intercambio de cationes de los separados arcillosos alofánicos, medida mediante el uso de soluciones de pH 7,0 varió en gran magnitud de acuerdo al pH de los reactivos de dispersión empleados en la separación de partículas. La fracción arcilla, compuesta de alofán, originalmente separada en un medio alcalino, Na₂CO₃ al 2% (pH 10,5), mostró una alta capacidad total de intercambio catiónico de 150 me/100 g, mientras que la fracción arcilla del mismo suelo, originalmente separada en un medio ácido de dispersión (tampón NaOAc de pH 3,5) presentó una capacidad total de intercambio catiónico de 50 me/100 g.

Según Aomine y Jackson, 1959 (1) y Jackson, 1965 (12) el característico incremento en capacidad de intercambio catiónico exhibido por un cierto número de suelos alofánicos desarrollados a partir de cenizas volcánicas rápidamente intemperizadas y también por los dos alofanos estándar de Ross y Kerr, 1934 (13), designado como valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico, ha sido usado como base para la determinación cuantitativa del contenido de alofán.

De acuerdo a Aomine y Jackson, 1959 (1) "la hidrólisis de los cationes metálicos disociados a partir de alofanos pretratados con ácido y de los alofanos pretratados con álcali, parece ser un valor constante". "La reproducibilidad obtenida es suficientemente alta como para hacer factible la determinación cuantitativa del alofán".

Según Jackson, 1965 (12) los valores Delta de capacidad de intercambio catiónico del alo-

¹ Recepción manuscrito: 14 de abril de 1969.

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

fán y de otros minerales arcillosos cristalinos son como sigue:

	me/100 g.
Alofán	100
Halloysita	18
Montmorillonita	10
Vermiculita	10
Illita	5
Clorita	5
Kaolinita, Gibsita, Cuarzo	0

Aomine y Jackson, 1959 (1) han expresado que: "puesto que el alofán no tiene una estructura cristalina o una composición química definida, es algo natural encontrar variación en los valores Delta de diversos especímenes estándares. Así, el alofán Ando de Japón, el alofán de White (USA) y el alofán de Brown (USA), presentan valores de 101,6; 82,7 y 110,3 me/100 g., respectivamente. Ello da un promedio de 98,4 me/100 g".

Existen diversas teorías que intentan explicar el origen del fenómeno de carga variable o dependiente del pH que presenta el alofán.

Fieldes y Schofield, 1960 (9) han sugerido que las características especiales que ofrece el alofán respecto del valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico, pueden deberse a las posiciones tetraédricas del Al. Según Egawa, 1964 (7), el Al en el alofán se encontraría en 4ª coordinación en adición a la 6ª coordinación. Dicho autor determinó al número de coordinación del Al en el alofán mediante fluoroscopia.

Según Ihler, 1955 (10), en los geles alúmino-silicatados, artificialmente preparados, el Al toma un estado de 4ª coordinación siempre que la relación $(Al_2O_3)/(Al_2O_3 + SiO_2)$ sea menor que 0,3. A medida que esta relación aumenta, el exceso de Al tomaría un estado de 6ª coordinación. En el caso de los geles alúmino-silicatados, en que el Al se encuentra en coordinación tetraédrica, la adsorción de cationes ocurre no solamente sobre pH 7,0. A pH ácidos el gel de $Al_2O_3 - SiO_2$ exhibiría las propiedades de un ácido polibásico en el cual los sitios responsables de la acidez varían en un amplio rango de pH.

De acuerdo a Fieldes y Schofield, 1960 (9), los minerales arcillosos cristalinos 2:1, que pueden tener hasta 1/3 del Si reemplazado por Al, no poseen una carga variable de gran magnitud, por lo cual se supone que los sitios activos debido al tetraedro de Al deben involucrar a aquellos Al ubicados en lados cristalinos dislocados y en estrecho contacto con la solución del suelo.

Según Fieldes y Schofield, 1960 (9), las estructuras amorfas, en forma similar a vidrios y feldespatos, pueden presentar fracturas de ligazones $Al_{IV} - OH - Si$ que al dislocarse puede originar un sitio SiOH, sin carga, y también

puede generar Al en 4ª coordinación. Este Al tetraédrico, sin carga electrostática, se ligaría mediante oxígeno, generando una estructura electrostáticamente neutra con la inestabilidad química del octeto, puesto que en su capa exterior tiene 6 en vez de 8 electrones. Aún más, hay una cavidad en el tetraedro incompleto de Al, en el cual eventualmente acogerá a un átomo de oxígeno. En la presencia de agua o de vapor de agua, es probable que dicho lugar sea ocupado mediante coordinación con una molécula de agua en la siguiente forma: Si tal molécula coordinada pudiera perder hidrógeno mediante disociación en el rango de pH 6,0 - 7,5 una partícula de feldespato hidratado pudiera comportarse como una resina sintética y dar origen a la retención de cationes, dependiendo del pH, tal como sucede con el alofán.

Según Volk y Jackson, 1963 (15) la carga dependiente de pH o carga de intercambio variable de los suelos, se refiere a aquella porción débilmente ácida de la capacidad de intercambio catiónico a partir de la cual los protones son liberados en función del aumento de la acidez a un pH aproximadamente sobre 5,0. Dichos autores agregan que la acidez del suelo y su neutralización ha sido organizada o dividida en 5 grupos de acuerdo a la energía de retención de los protones: rango I, H^+ intercambiable o H_3O^+ ; rango II, Al^{+3} de intercambio; rango III, polímeros hidroxialumínicos positivos conteniendo grupos terminales $Al-OH_2^+$; rango IV, grupos residuales débiles, $Al-OH_2$ que se encuentran junto a los hidróxidos de Al; rango V, reacciones de disolución de los alúmino-silicatos.

Swertmann y Jackson, 1964 (14) han informado que en numerosos suelos la carga dependiente del pH se desarrolla entre pH 5,5 a 7,6 y han demostrado que una solución de hidróxido de Al exhibió un poder tampón en forma similar al observado en muchos suelos.

Volk y Jackson, 1963 (15) han concluido que: "a medida que la razón Al/Fe se hace más amplia, la magnitud de la carga dependiente del pH aumenta hasta un máximo que se obtiene cuando la solución se satura de Al". "La menor carga dependiente del pH se obtendría en suelos ácidos de pH 4,5 en 0,5 N KCl, que carecieran de aluminio trivalente monomérico y teniendo óxidos de Fe como agentes cementantes".

Volk y Jackson, 1963 (15) agregan que: "la carga dependiente del pH es muy importante para determinar los requerimientos de cal de los suelos. Para evaluar correctamente la cantidad de cal necesaria para aumentar el pH del suelo en el campo, se debería emplear un procedimiento de laboratorio que sea sensitivo a la carga dependiente del pH del suelo".

MATERIALES Y METODOS:

Suelos: Se emplearon muestras correspondientes a los siguientes suelos de la provincia de Ñuble¹:

Arrayán	Mininco
Santa Barbara	Collipulli
Cauquenes	San Carlos

Procedimiento: Dos muestras de 5 g. de suelo, A y B, fueron lavadas dos veces con Na OAc N de pH 5,0 con el objeto de remover Ca intercambiable y luego fueron tratados con H₂O₂ (30-35%) para destruir la materia orgánica. La muestra A fue secada a 105° C, para determinar el total de material mineral. La muestra B fue sometida al proceso de extracción de Fe y luego tratada con solución de Na₂CO₃ al 2%. La muestra de suelo así tratada fue secada a 105° C y el peso determinado (12).

Luego:

Alofán disuelto	Muestra A (g)	Muestra B (g)	Fe ₂ O ₃ extractado
			0,85

en que 0.85 toma en cuenta la hidratación de goetita a limonita.

De la muestra B se separaron 4 submuestras de 300 mg. Dos muestras fueron tratadas con buffer NaOAc - HOAc de pH 3,5 y las otras dos recibieron 5 ml. de Na₂CO₃ al 2% hir-

viéndolas por 15 y 60 minutos respectivamente. Luego las muestras fueron repetidamente tratadas con KOAc N de pH 7,0. El exceso de sales fue removido con metanol 95%, metanol 99% y con acetona 50, 75 y 100%. El K fue posteriormente desplazado con NH₄OAc N y determinado mediante absorción atómica a los 7740 Å. La diferencia entre los dos valores de intercambio catiónico determinados para las muestras ácidas y alcalinas, se conoce como el valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico.

Valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico (CIC)	CIC pH 10,5 (Muestra tratada con Na ₂ CO ₃ 2%)	CIC pH 3,5 (Muestra tratada con Buffer pH 3,5)
--	--	--

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el % de alofán en la Fracción Mineral de los suelos analizados, aparecen en el Cuadro 1.

Dichos resultados indican que, invariablemente, las muestras de suelos correspondientes a los suelos Arrayán y Santa Bárbara presentan valores Delta de capacidad de intercambio catiónico bastante más elevados que los alcanzados por los suelos San Carlos, Cauquenes, Mininco y Collipulli. El suelo Arrayán presenta valores Delta de CIC entre 36,52 y

¹ Carta Preliminar de Asociaciones de Suelos (IREN).

Cuadro 1 — Valores Delta de Capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de Alofán (base Fracción Mineral) presentados por diversos suelos de la provincia de Ñuble.

SUELO	Prof. cm.	Humed. 105°C %	Mat. Org. % (1)	Fracc. Miner. %	Mater. Miner. Fracc. (A) g	Mat. Miner. Fracc. (B) g	Fe ₂ O ₃ libre % (2)	Fe ₂ O ₃ libre g	Alofán disuelto g	Alofán disuelto % Fracc. Mineral	CIC pH 3,5	CIC pH 10,5	Valor Delta CIC	ALOFAN % Fracc. Miner.
Sta. Bárbara	0-15	12,36	10,44	77,20	3,86	3,22	5,24	0,202	0,402	10,40	18,30	67,00	48,70	59,10
	16-30	15,70	5,10	78,20	3,91	3,45	5,02	0,196	0,230	5,88	22,80	81,00	58,20	64,08
	31-45	16,47	4,53	79,00	3,93	3,48	5,22	0,206	0,158	4,03	21,50	74,50	53,00	57,03
	46-60	17,24	3,96	78,80	3,94	3,39	5,23	0,207	0,206	5,02	19,60	74,50	54,90	59,92
	61-75	17,24	3,76	79,00	3,95	3,48	5,32	0,210	0,223	5,65	19,20	69,50	50,30	55,95
	76-90	17,28	2,92	79,80	3,99	3,50	5,42	0,217	0,238	5,96	19,30	74,50	55,20	61,16
Arrayán	0-15	8,95	12,05	79,00	3,95	3,35	5,82	0,230	0,330	8,35	22,62	59,00	37,00	45,35
	16-30	13,00	10,00	77,00	3,85	3,34	6,23	0,240	0,230	5,97	23,05	59,79	36,74	42,71
	31-45	14,50	9,45	76,05	3,80	3,40	5,78	0,220	0,140	3,68	31,18	67,70	36,52	40,20
	46-60	15,01	8,01	76,98	3,85	3,39	5,97	0,230	0,190	4,93	29,03	65,74	36,71	41,64
	61-75	13,95	6,06	79,99	4,00	3,60	5,75	0,230	0,130	3,25	28,84	67,87	39,03	42,28
	76-90	13,00	6,00	81,00	4,05	3,65	5,18	0,210	0,150	3,70	30,74	69,14	38,40	42,10
Cauquenes	0-20	5,24	2,76	92,00	4,60	4,25	4,86	0,224	0,090	1,95	19,64	33,37	13,73	15,68*
Mininco	0-20	3,96	2,06	92,00	4,60	4,20	7,08	0,326	0,020	0,43	13,23	22,22	8,99	9,42*
Collipulli	0-20	3,47	2,53	94,00	4,70	4,25	6,36	0,299	0,050	1,06	18,11	30,76	12,65	13,71*
San Carlos	0-20	3,76	5,24	91,00	4,50	4,17	3,88	0,175	0,100	2,22	17,69	27,69	10,00	12,22*

* Este porcentaje debe ser atribuido a la presencia de sustancias como halloysita y/o montmorillonita, etc.

(1) Det. método Walkley and Black. Jackson, 1958 (11)

(2) Según Aguilera y Jackson. Jackson, 1965 (12)

39,03 me/100 g. El suelo Santa Bárbara presenta valores Delta de CIC entre 48,70 y 58,20 me/100 g. En ambos casos no se observó relación alguna entre el valor Delta de la CIC obtenido y la profundidad de muestreo. El porcentaje de alofán base fracción mineral para los suelos Arrayán y Santa Bárbara, es de 41,64 a 45,35% y 57,03 a 64,08%, respectivamente.

Los suelos San Carlos, Cauquenes, Mininco y Collipulli, presentan los siguientes valores Delta de CIC: 10,00; 13,73; 8,99 y 12,65 me/100 g., respectivamente.

Estos resultados permiten separar los suelos en dos amplios grupos:

- a) Aquellos suelos que presentan elevados valores Delta de CIC, y
- b) Aquellos suelos que no presentan altos valores Delta de CIC.

En el primer caso se puede agrupar a suelos que poseen la propiedad de presentar el fenómeno de carga variable, es decir, su magnitud de cargas positivas o negativas es dependiente del pH natural o inducido que presenta el suelo.

En el segundo caso, se agrupan suelos que prácticamente no presentan carga variable. La carga del coloide, negativa, se mantiene independiente del pH y se originaría por sustitución isomórfica dentro del tetraedro u octaedro del cristal.

Según Aomine y Jackson, 1959 (1) y Jackson 1965 (12), la carga variable es una propiedad inherente de las estructuras amorfas que componen la fracción coloidal del suelo. En este caso se incluye al alofán. Por otro lado, la carga independiente del pH es una propiedad que presentan los minerales arcillosos cristalinos. Sin embargo, como expresan dichos autores, las estructuras halloysíticas, a pesar de ser cristalinas, también presentan, en cierta proporción, la propiedad de carga variable. Por ello, asumir que en los suelos Arrayán y Santa Bárbara la carga variable sea enteramente debida al alofán, supone ignorar el hecho que puedan existir otras sustancias, en íntima asociación con el alofán y que también presentan el fenómeno de carga variable.

Sin embargo, de acuerdo a Jackson, 1965 (12), el error que se comete en la suposición anteriormente mencionada es ínfimo, puesto que la carga variable de halloysita es de alrededor de un 17% de la carga variable presentada por alofán. Montmorillonita presenta un 10% de carga variable con respecto a la que presenta el alofán.

Los trabajos de Besoain, 1964 (3), permiten descartar en los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, la asociación de alofán y halloysita. Similar información permite descartar la posibilidad de combinación entre alofán y vermiculita, illita, clorita y/o montmorillonita.

En el presente trabajo, se ha supuesto que toda la carga variable o dependiente del pH

presentada por los suelos Arrayán y Santa Bárbara, se debe al alofán.

En el caso en que se agrupan suelos con un bajo valor Delta de CIC, se debe inferir que la respectiva fracción coloidal se encuentra formada por minerales arcillosos cristalinos de baja capacidad de intercambio catiónico independiente de pH. Los valores Delta de CIC encontrados para estos suelos, permiten descartar la presencia de alofán. Esto ha sido comprobado por Besoain, 1964 (3) quien ha detectado la presencia dominante de halloysita, la ausencia absoluta de alofán, montmorillonita, illita, etc., en los suelos Collipulli y Mininco. Además, la detección de estructuras amorfas realizadas por Espinoza, 1969 (6) en los suelos de Nuble, así lo confirman.

Halloysita, con baja capacidad de intercambio catiónico y un valor Delta de CIC de 10 me/100 g., sería en este caso el mineral arcilloso responsable de la carga variable de los suelos Mininco y Collipulli. Esto impide la utilización del valor Delta de carga variable como un método de cálculo del alofán en suelos que no poseen carga dependiente de pH.

En el caso de los suelos que presentan muy bajos valores Delta de CIC, se observa que la fracción "Alofán Disuelto" que, según Aomine y Jackson, 1959 (1), se obtiene con el tratamiento suavemente alcalino con Na_2CO_3 es muy baja en el caso de los suelos Cauquenes, Mininco, Collipulli y San Carlos, lo cual confirma la idea de que son suelos con una constitución coloidal predominantemente cristalina y de baja CIC. Un estudio con Rayos X o Análisis Térmico Diferencial (ATD) se hace fundamental para completar los estudios hasta aquí realizados.

Los suelos con altos valores Delta de CIC, presentan una fracción alofán disuelto en Na_2CO_3 que alcanza en algunos casos un 10,40% de la fracción mineral, lo cual confirma la idea de que la porción coloidal de los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes es predominantemente amorfa. Según Aomine y Jackson (1) el porcentaje de alofán disuelto debe agregarse al porcentaje de alofán obtenido con el valor Delta de CIC.

Según Espinoza, 1963 (5), los suelos Arrayán y Santa Bárbara poseen una capacidad de intercambio catiónico, determinada con NH_4OAc . N y pH 7,0 de 30 y 40 me/100 g. de suelo en promedio respectivamente. Ello permite apreciar que en el caso del suelo Santa Bárbara, un pretratamiento ácido a pH 3,5 provoca una disminución de cargas negativas, que según Aomine y Jackson, 1959 (1) se debería a hidrólisis de complejos metálicos de alofán. En el caso del suelo Arrayán, prácticamente no existe una disminución de carga negativa a pH 3,5 pero sí un aumento considerable de carga negativa a

pH 10,5. Esto permite suponer que los puntos isoeléctricos de los coloides de los suelos Arrayán y Santa Bárbara se originan a pH diferentes.

Los suelos de bajo valor Delta de CIC, presentan un débil incremento de negatividad cuyo origen no tiene una explicación clara mientras no se obtengan datos acerca de la identificación de las sustancias cristalinas de dichos suelos, puesto que en estos casos los mecanismos de generación de cargas son diferentes a aquellos que presentan las estructuras amorfas.

Los valores de Fe_2O_3 libres de los suelos Cauquenes, Mininco, Collipulli y San Carlos, corresponden a 4,86; 7,08; 6,36 y 3,88% base fracción mineral, que comparados con los valores obtenidos para los suelos Arrayán y Santa Bárbara de 5,18% a 6,23% y 5,02% a 5,42% respectivamente, no resultan apreciablemente diferentes. Cada vez que se extrae el Fe_2O_3 libre, el color del suelo cambia radicalmente de pardo amarillento a pardo rojizo a un color gris. Parece ser que la fracción Fe_2O_3 libre determina el color natural del suelo.

CONCLUSIONES

Los altos valores Delta de la capacidad de intercambio catiónico y los altos valores de la fracción "Alofán Disuelto" en Na_2CO_3 que presentan los suelos Arrayán y Santa Bárbara estudiados, permiten concluir que en el caso de los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, trumaos, se está en la presencia de coloides que son capaces de mostrar propiedades

inherentes a las estructuras amorfas, es decir, presentan el fenómeno de carga variable. Dichos suelos pueden invertir su carga eléctrica y pueden disminuir o aumentar su electronegatividad de acuerdo a la acidez o alcalinidad del pretratamiento a que se encuentran sometidos los suelos. Esta característica de los coloides de los suelos Ando, de acuerdo a Aomine y Jackson, permite calcular la presencia de alofán en forma satisfactoria. Los valores de alofán para los suelos Arrayán y Santa Bárbara alcanzan de 41,64 a 45,35% (base fracción mineral) y de 57,03 a 64,08% respectivamente.

Los resultados muestran que existe otro grupo de suelos (Cauquenes, Mininco, San Carlos, Collipulli) que presentan bajos valores de capacidad de intercambio catiónico y bajos valores de la fracción "Alofán Disuelto". Esto permite concluir que la fracción coloidal de dichos suelos, presenta una carga negativa prácticamente independiente del pH, lo cual debe atribuirse a la presencia de sustancias cristalinas, en que la carga negativa se origina principalmente por sustitución isomórfica. Por ello, no es posible atribuir al alofán el bajo valor de carga variable que presentan estos suelos, sino que, de acuerdo a Besoain, 1964 (3), a la presencia de sustancias similares a halloysita. Se requieren mayores estudios acerca de la mineralogía de las arcillas de estos suelos.

Una vez más ha quedado demostrado que los suelos trumaos presentan una serie de características físicas, químicas o físico-químicas que los hacen diferentes a los restantes suelos de la provincia de Ñuble, por lo cual requieren de estudios y atención especiales.

RESUMEN

En el Departamento de Suelos de la Universidad de Concepción (Chillán, Chile) fue realizada una investigación acerca de la determinación de alofán en suelos de la provincia de Ñuble mediante el valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico.

De acuerdo al método propuesto por Aomine y Jackson (1) una muestra de suelo fue tratada con H_2O_2 e hidrosulfito de Na para extraer materia orgánica y óxidos libres de Fe y sometida a la acción de una solución de Na_2CO_3 al 2% durante 60 minutos. Otra muestra de suelo libre de materia orgánica y óxidos de Fe libres fue hervida con Acetato de Na de pH 3,5 durante 15 minutos. Ambas muestras fueron lavadas con KOAc N y la capacidad de intercambio catiónico fue determinada con K el que fue posteriormente reemplazado con NaOAc. La diferencia en capacidad de intercambio obtenida entre las dos muestras se conoce como valor Delta de la capacidad de intercambio catiónico y promedia 100 me/100 g. para alofán.

Los suelos trumaos muestran altos valores de valor Delta de capacidad de intercambio catiónico debido a que los coloides amorfos que contiene presentan el fenómeno de carga dependiente del pH.

De acuerdo al método propuesto, el alofán en el suelo Arrayán varía entre 41,64% a 45,35% (base fracción mineral) y en el suelo Santa Bárbara varía entre 57,03% a 64,08% (base fracción mineral).

Los otros suelos estudiados: Collipulli, Mininco, San Carlos y Cauquenes presentan bajos valores Delta de capacidad de intercambio catiónico. De acuerdo a Besoain, 1964 (3) y Espinoza, 1969 (6), se comprueba que estos suelos no contienen estructuras similares a alofán sino que estructuras cristalinas similares a halloysita. El valor de inter-

cambio catiónico de los suelos Cauquenes, Mininco, Collipulli y San Carlos es de 13,73; 8,99; 12,65 y 10,00 me/100 g. Este valor Delta no puede ser utilizado en la determinación de alofán.

Los suelos trumao presentan características químicas y físicas bien definidas y diferentes de los restantes suelos de la provincia de Ñuble.

SUMMARY

A research project was carried out at the Soils Dept. of the University of Concepción, Chillán (Chile) on allophane determination in soils of the Ñuble province by the cation-exchange capacity Delta value.

As proposed by Aomine, S. and Jackson M. L. (1) one sample of H_2O_2 — treated, iron-extracted soil is treated with 2% Na_2CO_3 solution for 60 minutes and another sample with boiling Na OAc of pH 3,5 for 15 minutes. Both samples are washed with neutral NaOAc and the cation-exchange capacity is determined with K replaced with NaOAc. The difference obtained between the two samples is referred to as the "cation-exchange capacity Delta value" and averages 100 me/100 g. for allophane.

Trumao soils show high values for cation-exchange capacity Delta value because the amorphous colloids present in these soils have a pH dependent charge.

According to the proposed method allophane ranges from 41,64% to 45,35% for the Arrayán soils and from 57,03% to 64,08% (mineral fraction basis) for the Santa Bárbara soils.

Other soils as Cauquenes, Mininco, Collipulli and San Carlos, show low values for the cation-exchange capacity Delta value, which confirms findings by Besoain, 1964 (3) and Espinoza, 1969 (6) indicating that these soils do not contain structures like allophane but cristalline structures like halloysite. The cation-exchange capacity Delta value presented by these soils is 13,73; 8,99; 12,65 and 10,00 me/100 g. for Cauquenes, Mininco, Collipulli and San Carlos soils, respectively, which can not be used as a basis for the allophane determination.

The trumao soils present distinct physical and chemical characteristics compared to those presented by the other soils of Ñuble province.

LITERATURA CITADA

1. AOMINE, S and JACKSON, M. L. Allophane determination in Ando soils by cation-exchange capacity Delta value. Soil Science Society of America Proceedings. 23(3):210-214. 1959.
2. ———, and YOSHINAGA, N. Clay mineral of some well-drained volcanic ash soils in Japan. Soil Science. 79(3):349-358. 1955.
3. BESOAIN, EDUARDO M. Clay formation in some Chilean soils derived from volcanic materials. New Zealand Journal of Science. 7(1):79-86. 1964.
4. BIRRELLI, K. S. and FIELDS, M. Allophane in volcanic ash soils. J. Soils Science. 23(2):156-166. 1952.
5. ESPINOZA G., WALDO. Estudio de la dispersión en suelos de Ñuble. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción. 1963. 193 p. (Mimeografiada).
6. ———. Detección rápida de alofán en suelos de Ñuble. Agricultura Técnica. (Chile). 29(2):75-80. 1969.
7. EGAWA, T. Volcanic ash soils in Japan. Japan Ministry of Agriculture and Forestry. 1964. pp. 37-43.
8. FIELDS, M. The nature of allophane in soils. New Zealand Journal of Science. 9(3):623-629. 1966.
9. ——— and SCHOFIELD, R. K. Mechanisms of ion adsorption by inorganic soil colloids. New Zealand Journal of Science. 3(4):563-579. 1960.
10. IHLER, RALPH. The colloid chemistry of silica and silicates. New York. Cornell University Press. 1955. 323 p.
11. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall, Inc. 1958. 498 p.
12. ———. Soil chemical analysis. Madison University of Wisconsin. Advanced course. 1965. 991 p.
13. ROSS, C. S. and KERR, P. F. Halloysite and allophane. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 185-G:135-148. 1934.
14. SWERTMANN, U. and JACKSON, M. L. Influence of hydroxy aluminum ions on pH titration curves of hydronium aluminum clays. Soil Science Society of America Proceedings. 28(2):179-183. 1964.
15. VOLK, U. V. and JACKSON, M. L. Inorganic pH dependent cation exchange charge of soils. London, Pergamon Press, Clap and Clay minerals, 12th Conf. 1963. pp 281-295.