

Caracterización química de dos Andepts (Trumaos) de la provincia de Ñuble (Chile): Arrayán y Santa Bárbara¹

Waldo Espinoza G.² y Eduardo Riquelme F.³

INTRODUCCION

Los suelos derivados de cenizas volcánicas han sido la base del crecimiento económico del Continente Americano y de parte de Oceanía y Asia (Samper, 1969).

Ellos han sido descritos en algunos lugares como Japón, Filipinas, Hawai, Indonesia, Tahití, Costa Rica, Africa (Kenia), España (Islas Canarias), Nueva Zelandia, Alaska, Chile, Corea, Argentina, Colombia, El Salvador, etc.

Besoain (1964) indicó que los suelos derivados de materiales volcánicos ocupan alrededor de 7.700 kilómetros cuadrados en el centro-sur de Chile e incluye los suelos agrícolas más importantes de la región y su uso afecta el modo de vida de millones de habitantes comprendidos desde la provincia de Colchagua al extremo sur del país.

Valdés (1969) indicó que Chile presenta una historia geológica caracterizada por la influencia de un intenso volcanismo que continúa hasta hoy día: Erupción en el Territorio Antártico Chile (Isla Decepción) en 1968-1969; Erupción del Volcán Villarrica: verano 1971 y desde hace ocho meses ha aparecido un nuevo cráter en el complejo del Volcán Chillán (36° L.S.) que mira hacia el lado argentino.

De acuerdo con el Instituto de Investigaciones Geológicas (1968), existen alrededor de 58 grandes complejos volcánicos distribuidos de norte a sur del país.

Como resultado, los materiales volcánicos se encuentran ampliamente distribuidos y han dado origen a diferentes suelos que se en-

cuentran entre los grados 18 y 55 de latitud sur (L.S.).

Los suelos desarrollados entre 33°15' y 45° L.S. (Typic Dystrandeps y Typic Eustrandeps), poseen propiedades morfológicas, físico-químicas y mineralógicas que son peculiares (Besoain, 1964) (Letelier, 1969) (Espinoza, 1969a) (Schalscha *et al.*, 1968).

Investigaciones recientes, señalan que las Asociaciones de Suelos Arrayán y Santa Bárbara, presentan además otras características:

- En presencia de soluciones de NH_4F , el pH de la suspensión de suelo aumenta rápidamente demostrando así una fuerte liberación de iones OH desde la fracción coloidal (Espinoza, 1969b).
- Presentan elevados valores delta de capacidad total de intercambio catiónico (Espinoza, 1969c).
- Presentan un elevado poder tampón, que hace muy difícil alterar su pH mediante prácticas de encalado.

El presente estudio tiene por objeto describir las principales características químicas de dos Andosoles de la región centro-sur de Chile (36°36' latitud sur) en función de la profundidad del suelo y de la variabilidad que existe entre diversos sitios de muestreo.

MATERIALES Y METODOS

Se muestrearon 10 perfiles del suelo Arrayán y 35 perfiles del suelo Santa Bárbara, de la provincia de Ñuble, según la carta preliminar de Asociaciones de Suelos (IREN, 1964). Se tomaron 6 muestras compuestas de 3 submuestras, cada 15 cm, de los primeros 90 cm de cada suelo.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire,

¹Recepción originales: 17 de marzo de 1975.

²Ing. Agr., Ph. D., Profesor Departamento de Suelos, Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

³Laborante, Departamento de Suelos, Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

tamizadas en cedazos con orificios de 2 mm ϕ y se efectuaron los siguientes análisis, en triplicado:

pH H_2O y KCl (relación suelo/sol: 1/2,5) (Jackson, 1958); N total (Bremner, 1965); C orgánico (Jackson, 1958); P fijado (Etchevers, Espinoza, Riquelme, 1971); Al y Fe extractable (Etchevers, Espinoza, Riquelme, 1971); P asimilable (Jackson, 1958); C T I C (Jackson, 1958); Cationes intercambio (Etchevers, Espinoza, Riquelme, 1971); N-NH₄ y N-NO₃ iniciales (Bremner, 1965); Sulfato extractable (Jackson, 1958).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características químicas de los suelos.

Los resultados analíticos de cada parámetro y profundidad de suelo, aparecen en los Cuadros 1 y 2. Allí se señalan la media aritmética (\bar{x}) y el coeficiente de variabilidad (C.V.). Dada la enorme cantidad de datos obtenidos, se hace imposible analizar cada parámetro y cada lugar de muestreo en particular.

Sobresale la baja variabilidad generalmente presentada por los datos obtenidos en los suelos Santa Bárbara y la alta variabilidad que presentan la mayor parte de las medias obtenidas de los análisis de los suelos Arrayán.

Ello revela que desde un punto de vista de homogeneidad de las características presentadas por los diferentes suelos muestreados, los suelos pertenecientes a la Asociación Santa Bárbara, aparecen como los que presentan mayor constancia entre un lugar y otro. En cambio, las variables obtenidas en los suelos Arrayán revelan una gran heterogeneidad en las características químicas. Esto confirma el diferente modo de depositación de la ceniza volcánica en ambos suelos (Besoain, 1964).

Existen además, un número mínimo de parámetros que, en ambos suelos, presentan muy escasa variación entre los lugares de muestreo y que, por lo tanto, corresponderían a características intrínsecas de los mismos, que no permiten diferenciar a las Asociaciones de Suelos en estudio. A este grupo pertenecen las siguientes variables: pH H_2O , pH KCl, % materia orgánica, % N total y Capacidad total de Intercambio Catiónico (CTIC), con coeficiente de variabilidad para la primera profundidad en ambos suelos que oscilan entre 4,0 y 23,6%.

Por otro lado existen cuatro parámetros (P asimilable, fijación de fósforo y Al y Fe extractables) que muestran en promedio, dife-

rencias entre los suelos en estudio, pero que debido a su elevada variabilidad resultan no aplicables, como herramientas de discriminación entre ambas Asociaciones de Series.

Los valores de pH H_2O y pH KCl, ligeramente ácidos, alcanzan magnitudes mayores en los suelos Santa Bárbara. Los altos contenidos de materia orgánica y de N total, son muy similares en ambos suelos. Con respecto a la CTIC, se observa que los valores son muy elevados y ligeramente superiores en los suelos Santa Bárbara.

La variable P asimilable (Olsen) muestra ser más constante que la variable P asimilable (Bray Nº 2). Esto tiene importancia porque el empleo del primer método revelaría en mejor forma la característica general de los suelos de ser pobres en fósforo asimilable.

El resto de los promedios de los parámetros estudiados en ambos suelos, muestran altos coeficientes de variabilidad, lo que se debería, principalmente, a factores de formación de suelos, de manejo, procesos erosivos o condiciones climáticas prevaletentes en el área de muestreo.

La gran variabilidad presentada por las características químicas de cationes intercambiables de Na⁺, Ca⁺⁺, K⁺ y Mg⁺⁺, P asimilable (Bray y Kurtz Nº 2 y Olsen), SO₄⁼ extractable y NH₄⁺ inicial es de ocurrencia natural, puesto que es sabida la función que dichos elementos desempeñan en la nutrición de las plantas.

Los datos de este estudio muestran un grupo de variables: fijación de fósforo, Fe y Al extractable, cuyos valores promedios (0-15 cm) resultaron mayores para los suelos Santa Bárbara que para los suelos Arrayán. Ello sugiere que los problemas relacionados con la disponibilidad de fósforo serán mayores en los suelos Santa Bárbara que en los suelos Arrayán, aunque en ambos grupos de suelos existe el problema de un bajo contenido de P asimilable y de elevada fijación de fósforo (Cuadro 3).

Los suelos Arrayán sobrepasan en magnitud, aunque no significativamente, a los suelos Santa Bárbara en los siguientes aspectos: % de saturación de bases y K⁺ y Mg⁺⁺ de intercambio, con lo que dichos suelos aparecen con menores problemas de productividad derivadas del contenido de estos cationes de cambio.

Ambos suelos son medianamente ácidos, con alto contenido de materia orgánica, relación C/N óptima, elevada fijación de fósforo, alta

Cuadro 1 — Caracterización química* de la Asociación de Suelos Arrayán.

Variable	Profundidad 0-15 cm		Profundidad 16-30 cm		Profundidad 31-45 cm		Profundidad 46-60 cm		Profundidad 61-75 cm		Profundidad 76-90 cm	
	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.
pH KCl	5,28	4,09	5,31	4,66	5,32	3,98	5,42	4,56	5,41	3,48	5,47	5,99
pH H ₂ O	5,80	5,45	5,92	6,30	5,87	4,14	6,06	7,21	6,06	5,64	6,08	5,65
% M. O.	10,32	14,92	8,40	14,97	6,92	19,79	5,65	30,75	4,90	30,32	3,52	42,33
% C	5,99	14,91	4,75	15,58	4,04	19,80	3,25	30,75	2,86	30,32	2,06	42,33
% N total	0,63	23,60	0,48	26,12	0,40	22,94	0,34	27,25	0,29	36,54	0,23	43,27
C/N	9,73	13,72	10,34	23,06	10,23	24,56	9,99	34,73	10,85	42,73	8,95	46,30
Fijación P (sobre 20 ton P ₂ O ₅)	12,71	29,37	14,12	24,99	14,38	25,61	14,12	28,17	14,03	27,59	13,76	33,09
Al extr. (ppm)	525,00	62,20	681,25	48,66	691,25	48,22	686,25	51,14	740,00	53,61	617,50	49,53
Fe extr. (ppm)	15,50	86,76	17,88	71,73	19,12	79,46	19,75	67,54	21,87	69,90	21,37	79,94
P B y K (ppm)	2,14	89,90	1,55	62,49	1,48	69,11	1,67	64,78	2,14	56,84	2,34	80,41
P Olsen (ppm)	7,81	41,32	5,06	49,93	4,00	55,50	3,56	66,44	3,87	87,98	4,18	82,46
CTIC (meq/100 g)	44,59	18,05	47,78	20,62	49,66	20,61	47,01	26,71	48,69	20,40	44,11	22,90
Na (meq/100 g)	0,58	58,01	0,36	22,81	0,41	35,78	0,48	67,21	0,47	48,85	0,62	74,32
K (meq/100 g)	0,37	57,62	0,28	105,77	0,20	89,92	0,20	117,74	0,11	63,32	0,19	115,48
Ca (meq/100 g)	4,79	48,55	4,62	41,06	4,95	28,94	4,67	31,36	4,08	48,42	4,48	51,19
Mg (meq/100 g)	1,96	53,60	1,97	47,41	2,14	33,76	2,03	29,44	1,94	47,42	1,94	49,65
S. Bases (meq/100 g)	7,17	36,46	7,24	36,34	7,71	26,14	7,34	28,86	6,61	41,96	7,23	44,33
% S. B.	17,30	32,15	15,08	40,18	15,89	28,90	16,82	37,20	13,83	39,80	18,15	58,17
N-NH ₄ (mg/100 g)	4,32	148,97	3,29	144,31	2,62	164,58	4,65	193,91	1,42	108,71	2,18	122,67
N-NO ₃ (mg/100 g)	4,17	47,05	4,05	52,57	2,47	82,35	3,43	46,22	2,07	48,90	3,97	83,58
SO ₄ = extr. (mg/100 g)	1,19	56,92	0,64	34,54	0,48	23,04	0,45	28,80	0,33	28,14	0,35	33,76

*Promedio de 10 muestras compuestas.

Cuadro 2 — Caracterización química* de la Asociación de Suelos Santa Bárbara.

Variable	Profundidad 0-15 cm		Profundidad 16-30 cm		Profundidad 31-45 cm		Profundidad 46-60 cm		Profundidad 61-75 cm		Profundidad 76-90 cm	
	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.	\bar{x}	C. V.
pH KCl	5.37	5.71	5.58	4.60	5.70	4.63	5.72	4.70	5.76	4.64	5.74	5.52
pH H ₂ O	5.96	6.38	6.05	3.96	6.25	4.53	6.25	4.15	6.30	3.92	6.31	5.02
% M. O.	10.19	17.10	6.91	23.78	5.31	27.07	4.31	24.67	3.89	36.65	2.76	37.92
% C	5.92	17.08	4.00	25.83	3.03	23.09	2.52	24.71	1.98	36.67	1.61	37.89
% N total	0.59	18.61	0.36	24.77	0.29	30.79	0.24	30.05	0.19	45.12	0.18	40.67
C/N	10.08	13.96	11.09	17.76	10.91	24.87	10.79	25.31	12.88	74.10	9.85	37.16
Fijación P (sobre 20 ton P ₂ O ₅)	13.24	19.32	15.39	13.87	16.16	14.42	16.46	14.92	16.79	14.21	16.79	16.57
Al extr. (ppm)	900.31	48.79	1.087.81	41.47	1.152.18	37.69	1.173.75	37.87	1.232.50	34.02	1.234.68	33.82
Fe extr. (ppm)	18.62	89.17	22.56	61.23	24.18	58.83	25.21	63.51	27.62	60.24	27.68	57.18
P B y K (ppm)	1.57	41.24	0.88	39.07	0.84	50.36	0.86	59.61	0.84	41.02	0.80	46.00
P Olsen (ppm)	10.70	46.47	6.65	50.56	5.57	50.91	4.98	50.28	4.76	50.42	4.54	60.32
CTIC (meq/100 g)	48.16	19.67	50.84	8.43	49.95	9.40	50.12	11.19	48.63	16.44	49.48	12.44
Na (meq/100 g)	0.26	33.69	0.23	26.81	0.25	33.81	0.25	38.30	0.30	44.96	0.30	41.10
K (meq/100 g)	0.32	72.86	0.26	103.86	0.25	109.72	0.22	128.47	0.15	120.55	0.14	133.05
Ca (meq/100 g)	5.97	91.16	3.95	51.60	3.76	49.04	3.59	51.44	3.10	69.76	3.02	76.30
Mg (meq/100 g)	1.17	38.00	1.24	31.39	1.26	26.09	1.30	34.33	1.46	51.27	1.50	55.07
S. Bases (meq/100 g)	7.68	73.98	5.68	41.56	5.54	38.19	5.36	40.31	4.99	46.54	4.98	51.24
% S. B.	16.04	66.34	11.31	42.56	11.40	42.16	11.10	48.61	10.95	60.96	10.40	53.14
N-NH ₄ (mg/100 g)	3.49	182.36	2.47	112.44	1.66	115.48	1.56	99.40	2.89	280.33	2.17	197.93
N-NO ₃ (mg/100 g)	4.00	3.58	3.06	107.35	3.59	115.06	2.56	60.26	3.34	125.88	2.97	145.99
SO ₄ = (mg/100 g)	1.00	30.58	1.17	72.05	1.56	83.75	1.85	102.31	1.81	95.24	2.03	97.13

*Promedio de 35 muestras compuestas.

capacidad de intercambio catiónico y bajo contenido de nitratos del suelo. Esta última situación contribuye a indicar que existe una falla en los mecanismos naturales de mineralización del N orgánico del suelo. Las siguientes teorías permitirían explicar este último fenómeno (Espinoza, 1974):

- Condiciones ecológicas (inviernos con alta humedad y baja temperatura y veranos con baja humedad y alta temperatura);
- Toxicidad debida a los elevados contenidos de Al;
- Bajos niveles de fósforo asimilable, y
- Déficit de carbono orgánico, que actúa como fuente de energía para los microorganismos (Schaeffer *et al.*, 1972) (Espinoza, 1973).

El análisis de correlación muestra que la fijación de fósforo aumenta a medida que crecen los contenidos de Al extractable.

La materia orgánica se acumula en ambos suelos en las primeras profundidades (Figuras 1 y 2). La relación C/N se mantiene dentro de rangos óptimos, lo cual no se manifiesta en los procesos de mineralización, ya que los niveles de NH_4^+ superaron a los de NO_3^- .

Con respecto a la acidez, se encontró que ella aumentó a medida que incrementaron los niveles de materia orgánica.

Los elevados valores de CTC que presentan ambos suelos, no se encuentran relacionados a ninguna variable en particular. Los porcentajes de saturación de bases en ambos suelos aparecen como muy bajos, alrededor de 16% y los cationes que formarían el complejo de cambio de los suelos serían los siguientes, en orden de magnitud, para la profundidad arable del suelo (0-20 cm):

Suelos Arrayán

_____ : Ca = 4,71 Mg = 1,96
(meq/100 g) Na = 0,47 K = 0,33

Suelos Sta. Bárbara

_____ : Ca = 4,96 Mg = 1,20
(meq/100 g) K = 0,29 Na = 0,24

Variación de los parámetros en función de la profundidad del suelo.

La variación de los distintos parámetros en función de la profundidad aparecen en las Figuras 1 y 2.

Se encontró una coincidencia en ambos suelos, con respecto al comportamiento de las siguientes variables, cuya magnitud aumenta conjuntamente con la profundidad del suelo: pH-KCl, pH-H₂O, Fe extractable, Al extractable y fijación de fósforo (Cuadro 4).

Ambos suelos muestran coincidencia (Cuadro 5) en cuanto a aquellas variables cuya magnitud disminuye con la profundidad del suelo: conductividad eléctrica, % de materia orgánica, % N total, P asimilable (Olsen y Bray N° 2) y K intercambiable.

El Cuadro 5 indica que la materia orgánica se acumula en la superficie de los Andosoles. Por ello, resulta previsible que la saturación de bases disminuya a medida que aumenta la profundidad del suelo. También concuerda con ello la disminución de los nitratos y el N total en función de la profundidad del suelo. En este sentido tampoco se observa discrepancia entre ambos grupos de suelos. Como era presumible, el P asimilable se acumula en las primeras profundidades del suelo, debido a su escasa movilidad y al efecto de fijación.

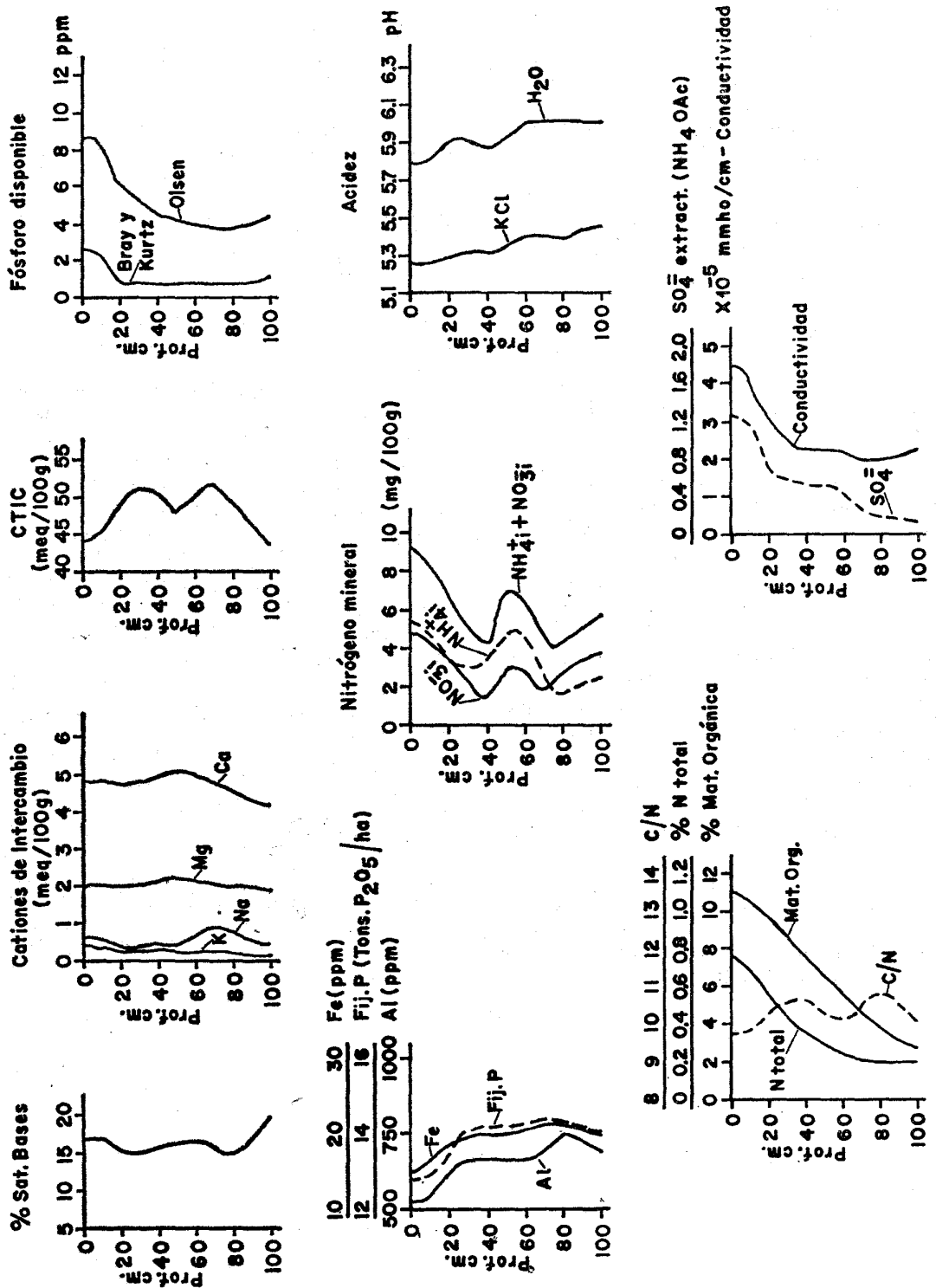


Figura 1 — Características químicas de la Asociación de Suelos Arrayán (Typic Dystrandept). Promedio de 10 muestras compuestas.

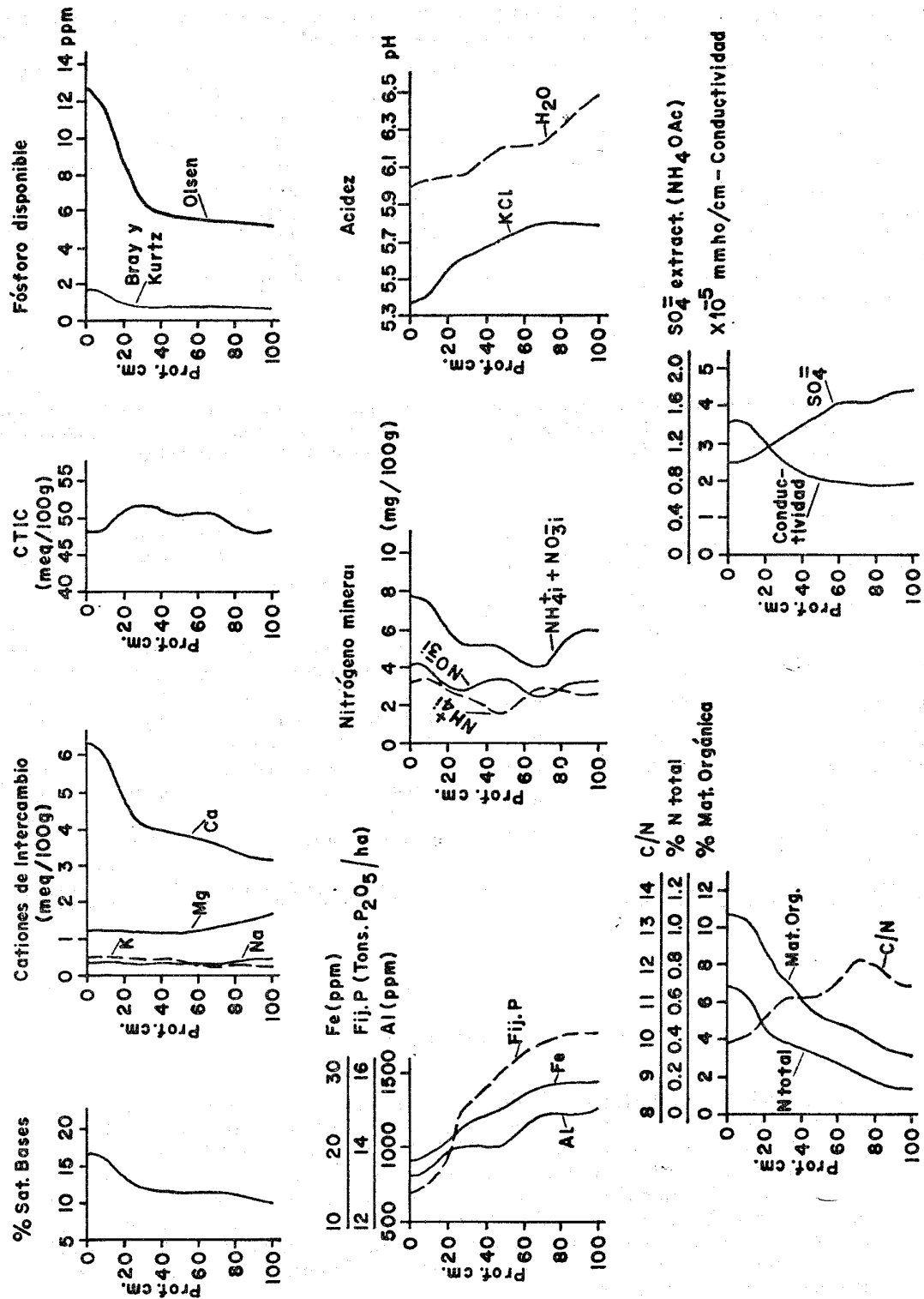


Figura 2 — Características químicas de la Asociación de Suelos Santa Bárbara (Typic Dystrandept). Promedio de 35 muestras compuestas.

Cuadro 3 — Promedios y coeficientes de variabilidad (C. V.) de aquellas características químicas que presentan valores superiores en los suelos Santa Bárbara (0-15 cm).

	SUELOS			
	Arrayán	C. V.	Sa. Bárbara	C. V.
P asim. (Olsen) (ppm)	7,81	41,32	10,70	46,47
Fij. de P (Ton P ₂ O ₅ /ha) *	12,71	29,57	13,24	19,32
Fe extractable (ppm)	15,50	86,76	18,62	89,17
Al extractable (ppm)	525,00	62,20	900,31	48,79

*Cuando se agregan 20 Ton. P₂O₅/ha.

Cuadro 4 — Coeficientes de correlación entre profundidad del suelo y aquellas variables que aumentan con la profundidad.

Parámetros	ASOCIACION DE SUELOS	
	Santa Bárbara	Arrayán
	r ¹	r ¹
Mg intercambiable	0,963	-0,201
pH (H ₂ O)	0,952	0,915
pH (KCl)	0,864	0,956
Al extractable	0,908	0,448
Fe extractable	0,960	0,955
Fijación de fósforo	0,874	0,426

¹Todos los coeficientes de correlación mayores a 0,811 y 0,917 son significativos al 5% y 1%, respectivamente.

Cuadro 5 — Coeficientes de correlación entre profundidad del suelo y aquellas variables que disminuyen con la profundidad.

Parámetros	ASOCIACION DE SUELOS	
	Santa Bárbara	Arrayán
	r ¹	r ¹
% Materia Orgánica	-0,866	-0,990
K intercambiable	-0,976	-0,860
% Sat. de bases	-0,761	-0,606
P Asimilable Olsen	-0,859	-0,744
P Asimilable Bray y Kurtz	-0,711	-0,623
Nitrato extractable inicial	-0,565	-0,588
Cond. eléctrica	-0,742	-0,827
N total	-0,914	-0,974
Sulfato extractable	0,963	-0,856

¹Todos los coeficientes de correlación mayores a 0,811 y 0,917 son significativos al 5% y 1%, respectivamente.

RESUMEN

Se estudió las características químicas que presentan dos Asociaciones de Suelos Andepts ubicados en el centro-sur de Chile (36°36' L.S.): Arrayán y Santa Bárbara. Los suelos Arrayán se encuentran en el Valle Central y los Santa Bárbara en la zona de precordillera de los Andes y más cercanos al área de actividad volcánica.

El estudio indica que ambos grupos de suelos poseen, en general, características químicas similares lo cual hace difícil separarlos si se emplea como criterio de distinción su comportamiento químico. Los suelos son medianamente ácidos cuyo pH aumenta con la profundidad del suelo. A medida que aumenta la materia orgánica también lo hace la acidez del suelo.

Los suelos poseen, a través de todo el perfil, altos contenidos de materia orgánica y

N total. Los valores de N-NO₃ pueden considerarse como medios y altamente variables entre un lugar y otro de muestreo y no se encuentran asociados con la materia orgánica y aumentan a medida que el Al extractable disminuye. Los elevados valores de N-NH₄ revelarían una anomalía en la mineralización del nitrógeno orgánico. La fijación de fósforo es muy elevada en ambos suelos; aumenta con la profundidad y disminuye a medida que crece el contenido de materia orgánica y al disminuir el Al extractable.

Los suelos presentan valores muy bajos de P asimilable. A medida que aumenta la fijación de fósforo disminuyen los valores de P asimilable. Ambos suelos presentan, además, altos valores de intercambio catiónico y valores muy reducidos de saturación de bases en que domina el Ca y Mg de intercambio.

SUMMARY

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF TWO ANDEPTS (TRUMAOS)¹ OF THE ÑUBLE PROVINCE (CHILE): ARRAYAN AND SANTA BARBARA

The chemical characteristics of two Andepts soil associations from south-central Chile (36°36' L.S.) were studied: The Arrayan soils are found in the Central Depression (Central Valley) and the Santa Barbara soils found at the "piedmont" of the Andes Mountains range and closer to the active volcanic zone.

The study shows that the soils, in general, have similar chemical characteristics which makes it difficult to separate them for classification purposes.

Both soils can be considered as moderately acid, with pH values increasing with soil depth. As organic matter increased so did soil acidity.

Organic matter and total-N values are very high. Moderate and highly variable NO₃-N values were not associated with organic matter content but to extractable Al values. NH₄-N high values reveal anomalous N mineralization processes.

Phosphorus fixation values are very high in both soils and increased with extractable Al content and decreased as organic matter values increased.

The soils present low available P values. Also as P fixation increased available P values decreased. Both soils show high cation exchange properties and very low base saturation values dominated by Ca and Mg.

¹Trumaos: a native word meaning soils derived from recently deposited volcanic ash.

LITERATURA CITADA

- BESOAIN, E. 1964. Clay formation in some Chilean soils derived from volcanic materials. *N. Z. J. Sci.* 7: 79-86.
- BREMNER, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In Black, C. A. Ed. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp. 1179-1237.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS. 1968. Mapa geográfico de Chile (Escala 1:1.000.000). Santiago, Chile.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES. 1964. Suelos. Descripciones proyectos aerofotogramétricos, Chile/OEA/BID. Publicación N° 2, noviembre 1964. Santiago, Chile. 391 p.
- ESPINOZA, W. 1969a. Caracterización química de dos suelos volcánicos de la provincia de Ñuble: Arrayán y Santa Bárbara (I): Un método de dispersión de suelos de origen volcánico de la provincia de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)*. 29 (1): 34-39.
- . 1969b. Detección rápida de alofán en suelos de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)*. 29 (2): 75-80.
- . 1969c. Determinación de alofán en suelos de Ñuble mediante el valor delta de la capacidad total de intercambio catiónico. *Agricultura Técnica (Chile)*. 29 (3): 127-132.
- . 1973. Physical, chemical and organic properties of volcanic soils from Chile as related to NO₃-retention. Ph. D. Tesis, University of Minnesota. 293 p.

- . 1974. Problemas de fertilidad que afectan la productividad de los suelos trumaos. Universidad de Concepción, Depto. Suelos. Boletín Técnico 50. 50 p.
- ETCHEVERS, J., ESPINOZA, W. y RIQUELME, E. 1971. Manual de laboratorio. Curso Fertilidad y Fertilizantes 2ª Ed. corregida. Departamento de Suelos, Universidad de Concepción, Chillán, Chile. 62 p.
- JACKSON, M. L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 498 p.
- LETELIER, E. 1969. Respuesta a la fertilización de los suelos volcánicos chilenos (Trumaos), según resultados de ensayos de campo. *En* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969, pp. C3. 1-C3. 14.
- SAMPER, A. 1969. Importancia de los suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. *En* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969, pp. XI-XII.
- SCHALSCHA, E., RIQUELME, R., VERGARA, C., VERGARA, I. 1968. Elementos trazas en suelos derivados de cenizas volcánicas. I. Disponibilidad de cinc, cobre, hierro y manganeso. Estudio comparativo de diversos métodos de extracción. *Agricultura Técnica (Chile)*. 28 (4) : 137-142.
- SCHAEFFER, R., URBINA, A., SAN MARTÍN, E. y KLENNER, N. 1972. Reconocimiento e investigación de los suelos. Chile. Estudios sobre actividad de las poblaciones microbianas en suelos de Chile, FAO, Roma, 1972. Informe Técnico 4. 45 p.
- VALDÉS, A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. *En* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. pp. A1. 1-A1. 14.