

## Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas

Angela Urbina de Alcayaga<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

Los suelos derivados de cenizas volcánicas ocupan en Chile superficies importantes y se extienden desde el límite norte hasta la Antártida. El presente trabajo trata de relacionar algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas provenientes del Llano Central, entre las provincias de Linares y Chiloé.

En la zona antes mencionada, los agricultores y los especialistas en suelos distinguen, corrientemente, dos grupos de suelos derivados de cenizas volcánicas que son predominantes: trumaos (entre Linares y Chiloé insular) y ñadis (entre Cautín y Chiloé insular); además se incluye otro grupo de suelos mucho más antiguos que representan propiedades muy distintas y que se conocen con el nombre de suelos rojos arcillosos.

Se conocen con el nombre genérico de trumaos los suelos derivados de cenizas volcánicas, evolucionados en condiciones de drenaje que fluctúan entre excelentes y moderadamente buenas, y ocupan corrientemente una topografía de lomajes o planos ligeramente ondulados; cuando el drenaje es imperfecto o pobre, las cenizas evolucionan en condiciones de humedad excesiva y los suelos resultantes se conocen con el nombre de ñadis, existiendo entre ellos una gama completa de intergrados. Las diferentes condiciones de drenaje han impreso en los suelos tipos de vegetación completamente distinta, que también han contribuido, a lo menos en parte, a la diferenciación química de los suelos.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS

a) CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS: La información obtenida de los trabajos de suelos realizados en Chile entre los años 1946 y 1958,

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Proyecto de Suelos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Se agradece muy sinceramente el consejo técnico y la colaboración de los Ingenieros Agrónomos: Elías Letelier A., Sergio Alcayaga C., Inés Sotomayor R. y Maximiliano Martínez V.; de los Químicos José Infante N. y Guillermo Cocio S., y del dibujante y cartógrafo, José Joaquín Pérez.

permite definir los trumaos como suelos genéticos evolucionados bajo vegetación de bosque, generalmente de hoja caduca, y cuyos perfiles muestran una ordenación de horizontes claramente diferenciados, aunque con un elevado contenido de materia orgánica, especialmente en los primeros 15 cms. Los materiales que constituyen el suelo son sueltos y permeables hasta el horizonte C, el que es de textura arcillosa y muy poco permeable (4).

De acuerdo a estas mismas informaciones, los ñadis evolucionados bajo una vegetación de bosque bajo, muestran una ordenación de horizontes similar, con la diferencia que no presentan los horizontes A<sub>00</sub> y A<sub>0</sub>, comenzando con un horizonte A<sub>1</sub>; otra diferencia notable es la existencia de un horizonte cementado, que los agricultores conocen con el nombre de "fierrillo", que dificulta la penetración del agua e impide la penetración de las raíces (6, 8).

Los suelos más antiguos derivados de cenizas volcánicas se conocen con el nombre genérico de suelos rojos arcillosos y originalmente se supuso que ellos derivaban de materiales glaciales (4, 5), siendo Wright (7) el primero en otorgarles un origen volcánico. Estos suelos, que ocupan topografías planas y aun cerros, se extienden desde la precordillera de los Andes, en la provincia de Linares, pero en las provincias de más al sur se extienden por el Llano Central, estando confinados al sector más próximo a la Cordillera de la Costa en las provincias de Osorno y Llanquihue; los perfiles de suelos se caracterizan por ser de colores rojos, texturas arcillosas, densos y plásticos, pero permeables y que descansan sobre un substratum, que se creyó era de origen glacial, de arcillas y piedras (4, 6).

b) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS. Estas características permiten definir los suelos de cenizas volcánicas en forma muy clara en relación a:

1. *Contenido de materia orgánica.* El contenido de materia orgánica de los suelos aumenta de norte a sur, debido a las interrelaciones de temperatura decreciente y precipitación creciente. En general, los suelos de

trumao se caracterizan por poseer un alto contenido de materia orgánica en todo el perfil, presentando una distribución propia de suelos evolucionados bajo vegetación de pradera y no de bosque. Lo mismo es evidente en el caso de los ñadis, aunque ello ocurre a niveles de materia orgánica más altos (1).

Otra característica de estos suelos es la acumulación de materia orgánica, debido a que los compuestos orgánicos se descomponen con dificultad, no sólo por las condiciones ambientales sino por las combinaciones de humus y alofán y por la gran retención de agua de estos suelos (2).

2. *Peso del volumen.* Los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por tener un peso del volumen bastante bajo y ello se debe a lo poroso de los materiales y al alto contenido de materia orgánica (8).

Esta característica es general a todos los suelos de cenizas volcánicas del mundo, pero los estratos más arcillosos de los suelos chilenos, con cifras de 0.3 y 0.4, acusan un peso de volumen inferior a estratos comparables en suelos de Nueva Zelandia y de Japón (9).

La capacidad máxima de retención de agua de los suelos de trumao y ñadis es muy alta y corrientemente son capaces de retener agua entre el 100 y 150% de su peso seco; sin embargo, existen estratos, como es el caso del suelo Puerto Fonck, que no corresponden ni a las más altas en contenido de materia orgánica ni a las más altas en contenido de arcilla, donde la retención de agua llega a más de 250% de su peso seco (3); cifras como éstas no son frecuentes en la literatura sobre cenizas volcánicas.

3. *Fijación de fósforo.* Los agricultores alemanes de la zona de Valdivia y Llanquihue fueron los primeros en apreciar los efectos de la fijación de fósforo y supusieron que era una deficiencia de calcio.

Estudios efectuados en Chile no permiten establecer la naturaleza de este fenómeno, pero sí se puede decir que esta fijación es muy alta.

Estudios del Ministerio de Agricultura (10) de 1958, establecieron la notoria capacidad de fijación de fósforo de algunos suelos derivados de estas cenizas volcánicas, en relación a otros suelos aluviales que no tenían cenizas volcánicas. Se concluyó en ese mismo trabajo que los suelos de trumao eran capaces de fijar más de 24 toneladas de superfosfato por hectárea. En estudios recientes se llega a cifras tan altas como 20 toneladas de  $P_2O_5$  por hectárea (11), suponiendo que 15 cms. de capa arable pesan 1.000 toneladas, lo que es algo superior a las cifras determinadas posteriormente.

En otros países las determinaciones de los coeficientes de absorción de fósforo en suelos de cenizas volcánicas típicas, es del 2 al 2,5% del peso de la capa arable (2).

4. *Capacidad total de intercambio y saturación de bases.* Los datos que existían antes de 1960 eran aislados y sólo permitieron establecer que los suelos derivados de cenizas volcánicas tenían capacidades totales de intercambio muy altas en la superficie, y que el porcentaje de saturación de bases era generalmente inferior a 50%.

## MATERIAL Y METODO

Los materiales de trabajo provienen de dos fuentes principales: a) 202 muestras superficiales de suelos seleccionados por personal de la IANSA<sup>1</sup> y que corresponden a sitios donde se iban a realizar ensayos de abonos en remolacha; estas muestras provienen de suelos superficiales pertenecientes a series diferentes, de las provincias de Linares, Bío-Bío, Osorno, Llanquihue y Chiloé insular; b) 57 muestras, correspondientes a perfiles completos de seis series de suelos de ñadis y seis series de suelos de trumao, que sirvieron para la caracterización de suelos en la Leyenda Descriptiva de Ñadis de las Provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue, realizada por la CORFO<sup>2</sup> en 1962.

**MÉTODOS ANALÍTICOS.** Los métodos analíticos empleados fueron:

1. Los pH se determinaron potenciométricamente en suspensiones de agua en relación 1: 2 y de cloruro de calcio 0.01 M en relación 1: 2 (12).

2. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black (13).

3. Fijación de fósforo: se determinó por el método de Demolon (14).

4. Capacidad total de intercambio: se trabajó con el método internacional del acetato de amonio normal y neutro, descrito por Peach y Metson (15, 16).

5. Hidrógeno de cambio: determinado por el método del acetato de bario normal y neutro (17).

6. Aluminio: se usaron dos extractantes, la solución de Morgan y el acetato de amonio normal y neutro; la determinación se hizo por el método del aluminon, original de Hammett y Sottery (1925) (16).

7. Capacidad buffer: se empleó el método descrito por Puri (18).

<sup>1</sup>Industria Azucarera Nacional S. A.

<sup>2</sup>Corporación de Fomento de la Producción.

8. Nitrógeno total: determinado por el clásico método de Kjeldhal (12).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. MATERIA ORGÁNICA. Se estudió en relación con los siguientes factores:

a) *En relación al clima.* En el Cuadro 1 y Figura 1 se presentan los datos promedios de precipitaciones y temperaturas por localidad.

Cuadro 1 — Promedios de precipitaciones, temperatura y contenido de materia orgánica, por localidades.

COMUNA	P. MEDIA* ANUAL MM.	TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C	LATITUD	LONGITUD	M. ORGÁNICA PROMEDIO COMUNA %
Linares . . .	1.000	14,0	35°51'	71°36'	3,82
Los Angeles .	1.200	13,8	37°28'	77°21'	9,91
Osorno . . .	1.500	11,8	40°35'	73°09'	14,7
Pto. Varas . .	2.000	11,4	41°20'	72°57'	20,64
Ancud . . .	2.500	11,0**	41°52'	73°49'	22,14

\*Los datos de precipitación media anual corresponden a las isoyetas más cercanas a las ciudades indicadas (19).

\*\*Los datos de temperatura de Ancud corresponden a la isoterma que pasó por esa ciudad.

En ellos puede observarse un incremento de la materia orgánica con el aumento de la precipitación. El contenido de materia orgánica se eleva de 3,8% en Linares (1.000 mm), a 10% en Los Angeles (1.200 mm), a 15% en Osorno (1.500 mm), a 21% en Puerto Varas (2.000 mm) y a 23% en Ancud (2.500 mm), en circunstancias que la temperatura media disminuye sólo 2,8° C entre Los Angeles y Ancud. En la parte inferior de la figura se muestra la relación general que podría existir entre el contenido de materia orgánica de los suelos derivados de cenizas volcánicas y la latitud que refleja las variaciones de las condiciones climáticas dentro del Llano Central.

b) *En relación al pH en agua.* En el Cuadro 2 y Figura 2 se presentan los datos obtenidos de las muestras de suelos superficiales. En la figura<sup>1</sup> se observa que la relación entre materia orgánica y pH es rectilínea si no se consideran los suelos de Linares, cuya naturaleza volcánica no es tan clara como la de los suelos de más al sur; ello se aprecia en la

<sup>1</sup>Las curvas de los gráficos no han sido calculadas y ellas representan tendencias generales.

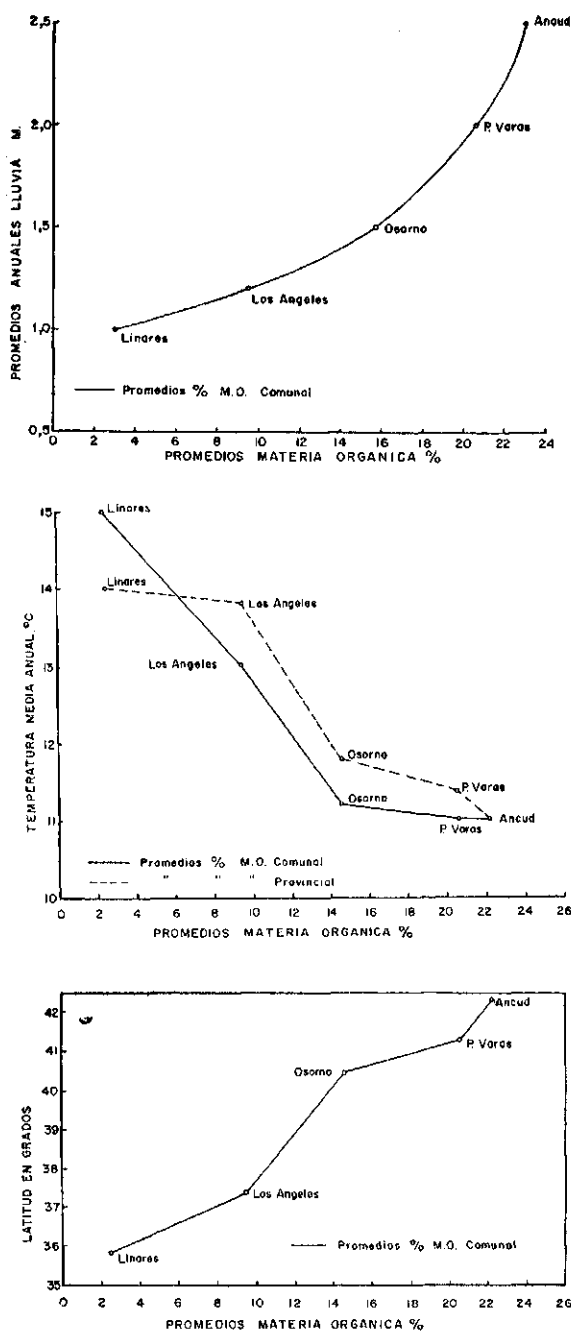


Figura 1 — Variaciones del contenido de materia orgánica en función de las condiciones climáticas.

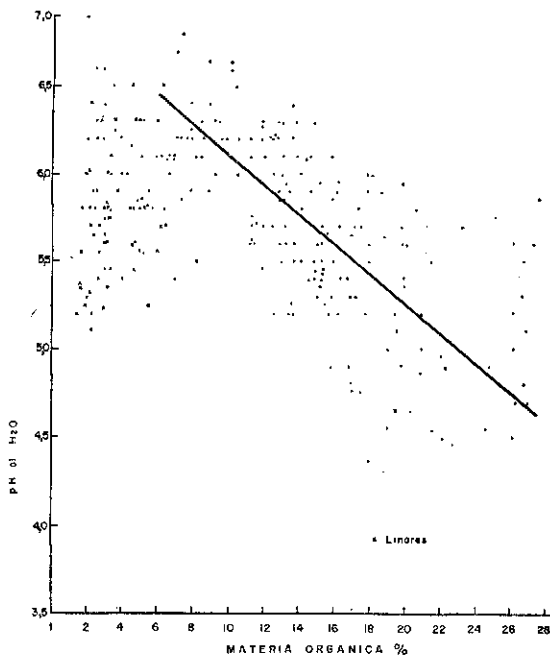
textura, que es más arcillosa, y en el poder de fijación de fósforo que es bastante menor.

El hidrógeno de cambio aumenta, con el incremento de la materia orgánica (Figura 3).

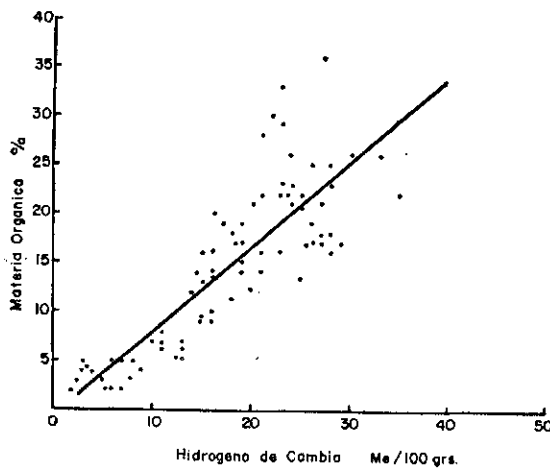
c) *En relación al contenido de aluminio.* Los datos se encuentran en el Cuadro 2 y Fi-

**Cuadro 2 — Promedios por provincias de las determinaciones del pH, materia orgánica, aluminio extractable al Morgan y fijación de fósforo en suelos superficiales.**

PROVINCIA	AGUA		CLORURO DE CALCIO		MATERIA ORGANICA		ALUMINIO EXTRACTABLE AL MORGAN		FIJACION P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	Nº Muestras Promediadas	pH	Nº Muestras Promediadas	pH	Nº Muestras Promediadas	%	Nº Muestras Promediadas	p.p.m.	Nº Muestras Promediadas	Kg./ha.
Talca	4	6,2	4	5,2	4	2,6	4	20,3	4	13.320
Linares	59	5,7	29	5,2	59	3,8	35	66,6	59	14.209
Bío-Bío	86	6,1	41	5,7	87	10,0	58	208,0	87	16.867
Osorno	6	5,7	6	5,1	6	14,7	6	353,0	6	18.800
Llanquihue	77	5,5	71	4,9	75	17,1	56	502,0	81	19.359
Chiloé	23	4,7	—	—	24	20,6	23	497	25	19.250



**Figura 2 — Relación materia orgánica y pH al H<sub>2</sub>O.**



**Figura 3 — Relación materia orgánica, hidrógeno de cambio.**

gura 4. En ellos se puede establecer que el aumento de la materia orgánica está acompañado por un fuerte aumento del aluminio extractable al Morgan.

d) *En relación a la fijación de fósforo.* El aumento del contenido de materia orgánica se traduce, aparentemente, en un incremento del poder fijador de fósforo del suelo. Este incremento es marcado hasta un 10% de materia orgánica, que representa una fijación aproximadamente de 18.000 Kgs. por hectárea. La fijación máxima está un poco bajo los 20.000 Kgs./ha. con 26 a 28% de materia orgánica (Figura 5).

**Cuadro 3a — Promedios por provincias de los contenidos de materia orgánica y capacidad de cambio de cationes en suelos superficiales.**

PROVINCIA	P R O M E D I O S	
	MATERIA ORGANICA %	CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO ME/100 GR.
Linares . . . . .	2,73	14,93
Bío-Bío . . . . .	11,47	22,64
Llanquihue . . . . .	21,33	31,23
Chiloé . . . . .	18,22	29,76

**Cuadro 3b — Promedios de materia orgánica y capacidad total de intercambio de los suelos trumaos y ñadis a diferentes profundidades.**

SUELOS	P R O M E D I O S		
	PROFUNDIDAD CMS.	MATERIA ORGANICA %	CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO ME/100 GR.
Trumaos . . . . .	0—17	28,41	30,92
	17—40	16,23	21,15
	+ 40	6,72	15,87
Ñadis . . . . .	0—15	37,03	37,80
	16—30	21,08	27,11
	+ 30	15,12	21,10

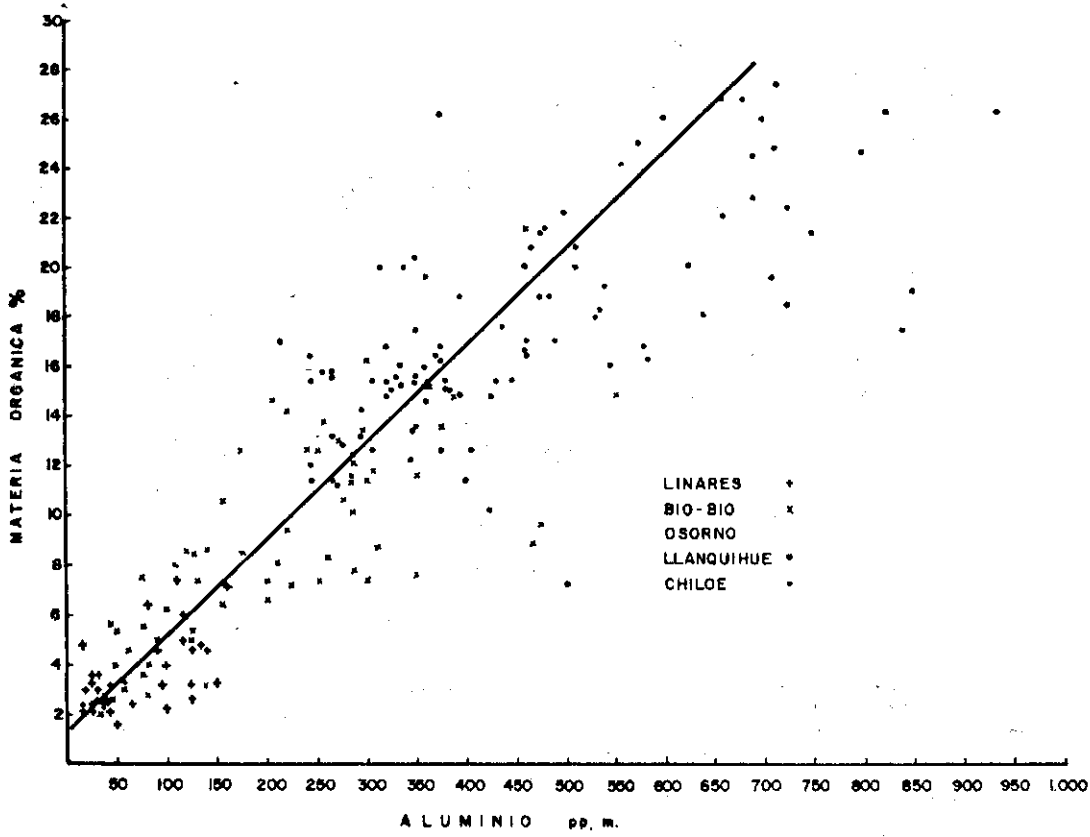


Figura 4 — Relación materia orgánica y aluminio.

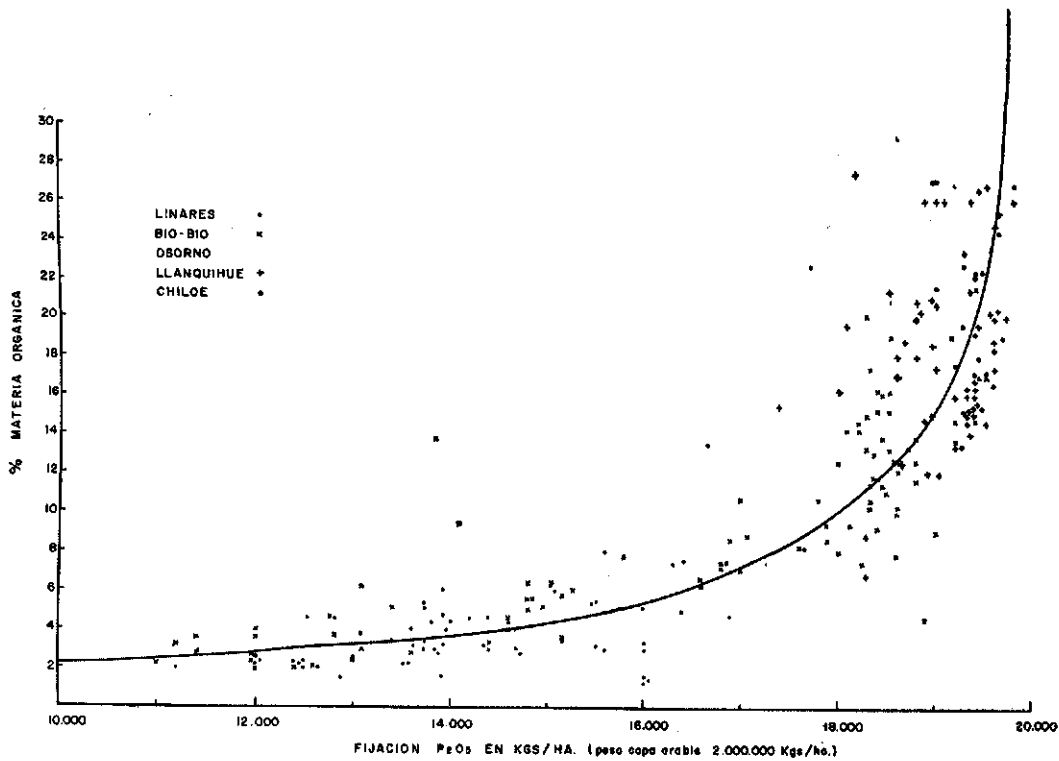


Figura 5 — Relación materia orgánica y fijación de  $P_2O_5$ .

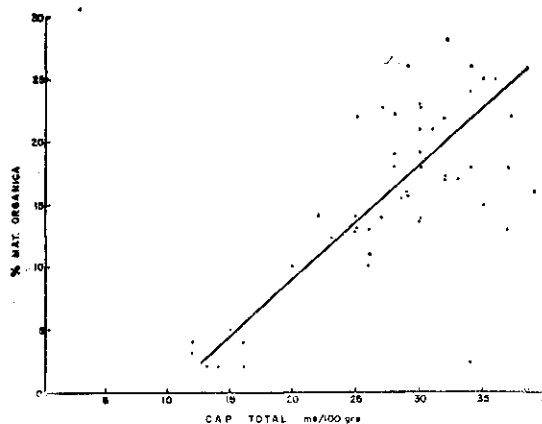


Figura 6 — Relación materia orgánica capacidad total de cambio.

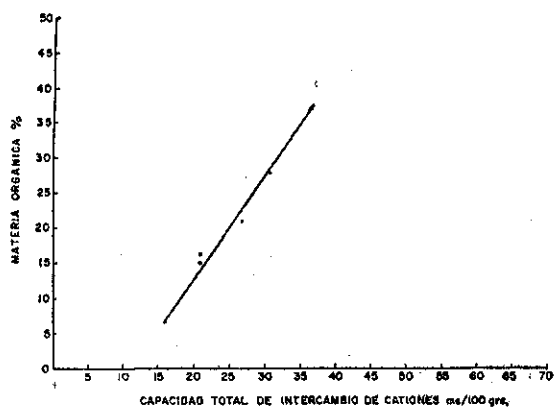


Figura 7 — Relación entre los promedios de materia orgánica y capacidad total de intercambio de los suelos trumaos y ñadis, a diferentes profundidades.

e) En relación a la capacidad total de intercambio. Los datos se incluyen en los Cuadros 3a y 3b y en las Figuras 6 y 7.

En el Cuadro 3a y Figura 6 se encuentran los datos correspondientes a los suelos superficiales, y en el Cuadro 3b y Figura 7 están los resultados promedios de capacidad total de intercambio y materia orgánica de los suelos trumaos y ñadis a diferentes profundidades.

La estrecha correlación que se observa a través del perfil del suelo, entre nivel de materia orgánica y capacidad total de intercambio de cationes, refuerza la probabilidad de que gran parte de la capacidad total de intercambio de los suelos volcánicos reside en los coloides orgánicos.

2. PESO DEL VOLUMEN. Los datos aparecen en el Cuadro 4. Las cifras muestran valores muy bajos que, generalmente, no alcanzan a 0.7 y las cifras más altas se encuentran, frecuentemente, en la superficie.

Cuadro 4 — Peso del volumen.

SUELOS	PROFUNDIDAD	PESO VOLUMEN
General López	0 - 12	0.659
General López	12 - 32	0.543
General López	32 - 67	0.493
General López	0 - 16	0.568
General López	16 - 30	0.559
General López	30 - 43	0.566
General López	43 - 65	0.484
General López	0 - 11	0.464
General López	11 - 38	0.448
General López	38 - 62	0.493
General López	0 - 10	0.602
General López	10 - 28	0.538
General López	28 - 63	0.450
General López	63 - 80	0.403
General López	80 - 100	0.342
General López	0 - 10	0.388
General López	10 - 60	0.463
Lomas Rupanquito	0 - 15	0.654
Lomas Rupanquito	15 - 30	0.589
Rupanco	0 - 12	0.506
Rupanco	15 - 21	0.504
Los Lagos	0 - 21	0.618
Los Lagos	21 - 46	0.438
Los Lagos	46 - 56	0.547
Los Lagos	56 - 97	0.597
Los Lagos	97 - 120	0.539
Lomas Sepúlveda	0 - 24	0.524
Lomas Sepúlveda	24 - 43	0.682
Lomas Sepúlveda	43 - 71	0.502
Los Lagos	0 - 14	0.348
Los Lagos	14 - 47	0.428
Los Lagos	47 - 90	0.465
Lo Blaña	0 - 12	0.573
Lo Blaña	12 - 30	0.462
Santa Ana	0 - 10	0.680
Santa Ana	10 - 20	0.593
Santa Ana	20 - 50	0.384
Purranque	0 - 17	0.454
Purranque	17 - 30	0.558
Ñuble Rupanco	0 - 20	0.196
Ñuble Rupanco	20 - 26	0.384
Ñuble Rupanco	26 - 35	0.292
Nochaco-Cancura	0 - 25	0.362
Nochaco-Cancura	25 - 42	0.354
Huiño-Huiño	0 - 22	0.592
Los Fosos	Super	0.393
Fundo Huite	13 - 20	0.481

3. FIJACIÓN DE FÓSFORO. En la Figura 5 se relaciona el contenido de materia orgánica de los horizontes superficiales y su fijación de fósforo. La curva sigue una línea horizontal entre los límites de 2% y 5% que corresponden a una fijación aproximada de 16.000 Kgs. de  $P_2O_5$  por hectárea.

Cuadro 5 — Relación fijación fósforo contenido materia orgánica. Suelo serie Corte Alto.

PROF. CM.	MAT. ORG. %	FIJACION P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
		SUELO NO TRATADO	SUELO CALC. 300°C	SUELO OKIDADO H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
0 - 17	17	18.500	19.974	19.550
17 - 46	14	19.200	19.974	19.750
46 - 77	9	19.698	19.976	19.870
77 - 103	5,4	19.720	19.974	19.880
103 - 142	4,6	19.628	19.958	19.900

A niveles superiores de materia orgánica la inclinación de la curva cambia, tendiendo a ser vertical.

La curva que muestra la relación entre el aluminio extractable al Morgan y la fijación de fósforo (Figura 8) es similar a la mencionada anteriormente, mostrando el camino de inclinación a los 16.000 Kgs./ha, lo que corresponde, aproximadamente, a 120 ppm. de aluminio extractable al Morgan.

En los horizontes superficiales de los suelos se ve que una mayor fijación está en relación con un alto contenido de materia orgánica y de aluminio.

La relación fijación de fósforo-contenido de materia orgánica se estudió con más detalle, para lo cual se tomó un perfil correspondiente a la serie Corte Alto y se destruyó la materia orgánica, siguiendo dos procedimientos: a) calcinando a 300° C, y b) oxidando con agua oxigenada a la temperatura ordinaria y luego en caliente; los resultados se indican en el Cuadro 5, en el que se puede observar que la fijación es menor cuando el suelo no ha

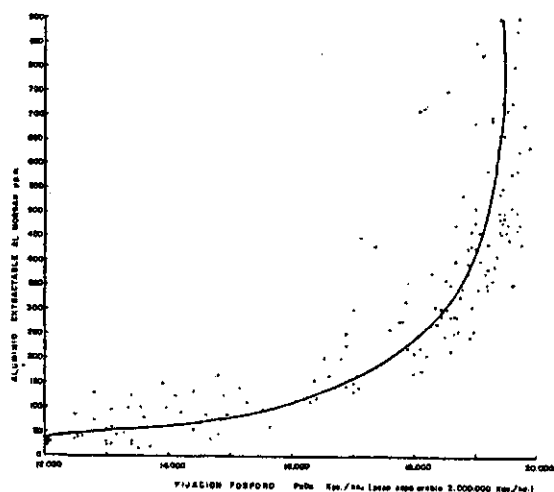


Figura 8 — Relación aluminio extractable y fijación de fósforo.

sido ni calcinado ni oxidado. Con la calcinación los valores de la fijación se hacen, prácticamente, iguales en todo el perfil; en cambio, al oxidar la materia orgánica con agua oxigenada, el valor mínimo se encuentra en el horizonte superficial, pero éste es mayor que en el suelo no tratado y los valores aumentan en profundidad; ello puede deberse a que la materia orgánica no se destruyó completamente.

Aparentemente habría una contradicción en la relación materia orgánica-fijación de fósforo en los suelos superficiales y en el perfil; mientras en los primeros esta relación es directa, en los perfiles analizados la materia orgánica disminuye en profundidad y la fijación de fósforo aumenta.

Para tratar de medir la influencia que pueden tener los cambios de pH sobre la fijación de fósforo, se tomaron horizontes superficiales de cuatro series de suelos, agregándoseles hidróxido de calcio en dosis crecientes. Después de varios días se determinó el pH y la fijación. Los resultados se encuentran en el Cuadro 6, en el que puede observarse que, prácticamente, ninguno de los suelos muestra cambios en el poder de fijación de fósforo con el aumento del pH; cabe hacer notar que en ningún caso ellos se aproximaron a pH neutro.

Estas experiencias parecen indicar que los factores que determinan la fijación de fósforo

Cuadro 6 — Relación pH fijación fósforo en cuatro series de suelo.

CA (OH) <sub>2</sub> ME/100 GR.	CORTE ALTO		LOPEZ		STA. ANA LOS LAGOS		LO BLAÑA	
	pH	FIJACION	pH	FIJACION	pH	FIJACION	pH	FIJACION
0,0	5,4	19.630	5,2	19.700	5,0	19.710	4,5	19.600
2,0	5,5	19.660	5,2	19.690	5,1	19.800	4,6	19.680
4,0	5,6	19.600	5,4	19.700	5,2	19.820	4,7	19.630
6,0	5,7	19.680	5,5	19.800	5,3	19.800	4,8	19.720
8,0	5,8	19.680	5,6	19.700	5,4	19.820	4,9	19.660
12,0	5,9	19.700	5,8	19.750	5,7	19.820	5,1	19.710
16,0	6,1	19.690	6,0	19.750	5,9	19.820	5,3	19.690

están relacionados con la naturaleza y cantidad de los minerales arcillosos y con los óxidos hidratados de aluminio y hierro presentes en el suelo, factores que hasta el momento no se han estudiado en forma sistemática.

4. CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO Y SATURACIÓN DE BASES. La capacidad total de intercambio y el contenido de materia orgánica están relacionados muy íntimamente, de modo que junto a los mayores contenidos de materia orgánica se encuentran las cifras más

altas de capacidad total (Figura 6). Los valores más elevados pasan de 40 me/100 grs. y generalmente corresponden a suelos de ñadis, en tanto que los valores de trumaos son algo más bajos.

El hidrógeno de cambio también aumenta con el aumento de la materia orgánica y sus valores son más elevados hacia el sur.

Los porcentajes de saturación de bases son bajos; rara vez sobrepasan el 50% y los suelos se hacen más insaturados con el aumento de la pluviosidad. Los suelos ñadis son más insaturados que los trumaos y los porcentajes de saturación de bases fluctúan entre 25 y 50%.

## CONCLUSIONES

A mayor latitud y a medida que aumenta la precipitación y disminuye la temperatura media, se produce:

1. Un aumento del contenido de materia orgánica del suelo.
2. Una disminución del pH.
3. Un aumento de capacidad total de intercambio.
4. Una disminución del porcentaje de saturación de bases.
5. Un aumento del contenido de hidrógeno de cambio.
6. Un aumento del poder fijador del fósforo.
7. Un aumento del contenido de aluminio extractable al Morgan.

## RESUMEN

Los suelos derivados de cenizas volcánicas son los de mayor importancia agrícola en Chile. En este trabajo se trata de relacionar algunas características físicas y químicas de estos suelos, en el Llano Central entre las provincias de Linares a Chiloé. En Chile se han considerado como suelos derivados de cenizas volcánicas los trumaos (cenizas recientes, evolucionadas bajo condiciones de buen drenaje), ñadis (cenizas recientes evolucionadas bajo condiciones de mal drenaje) y suelos rojos arcillosos (cenizas antiguas evolucionadas bajo condiciones de buen drenaje).

El trabajo analítico se efectuó en 262 muestras superficiales de suelos de las provincias de Linares, Bío-Bío, Osorno, Llanquihue y Chiloé, y en 57 muestras de perfiles completos de series de suelos de trumaos y ñadis de las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue.

Los resultados se discutieron desde los siguientes puntos de vista:

a) VARIACIONES DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA. El contenido de materia orgánica aumenta con el aumento de la precipitación y ello se traduce en incrementos del hidrógeno de cambio, del aluminio extractable al Morgan, del poder fijador de fósforo del suelo y de la capacidad total de intercambio de cationes. El pH disminuye con el aumento del contenido de materia orgánica.

b) VARIACIONES DEL PESO DEL VOLUMEN. Los valores de peso del volumen son muy bajos; generalmente no pasan de 0,7 y las cifras más altas corresponden, en la mayor parte de los casos, a las muestras superficiales.

c) FIJACION DE FÓSFORO. Las curvas de fijación de los suelos superficiales muestran que la mayor fijación está en relación con los altos contenidos de materia orgánica y aluminio extractable al Morgan.

Al analizar un perfil de la serie Corte Alto, en que se eliminó la materia orgánica, se observó que la fijación de fósforo aumentó con la destrucción de la materia orgánica y los valores de la fijación se hicieron iguales en todo el perfil.

Al tratar el suelo con hidróxido de calcio a fin de medir el efecto de los cambios de pH en la fijación de fósforo, se observó que ninguno de los suelos mostró cambios en el poder de fijación de fósforo por el aumento del pH, pero con las dosis empleadas no se llegó a neutralizar la acidez.

Por estas experiencias puede suponerse que los factores que determinan la fijación están en relación con la naturaleza y cantidad de minerales arcillosos y con los óxidos hidratados de aluminio y hierro presentes en el suelo.

d) CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO Y SATURACIÓN DE BASES. La capacidad total de intercambio depende del contenido de materia orgánica y por ello aumenta hacia el sur. Los suelos de ñadis presentan cifras más altas que los suelos de trumaos; en los primeros es posible pasar de 40 me/100 grs. de suelo. Los porcentajes de saturación de bases son bajos, generalmente inferiores a 50%, y se hacen más bajos con el aumento de la precipitación. Los suelos de ñadis son más insaturados que los trumaos y los porcentajes de saturación de bases fluctúan entre 25 y 50%.



## SUMMARY

The most important agricultural soils in Chile are those originating from volcanic ash. The relationship between some of the physical and chemical characteristics of the soils of the Central Valley, between the provinces of Linares and Chiloé, has been studied in this trial. In Chile, the following soils are considered to originate from volcanic ash: trumaos (developed from new ashes under good drainage), ñadis (developed from new ashes under poor drainage conditions), and red clay soils (developed from old ashes under good drainage conditions).

262 samples of surface soils from the provinces of Linares, Bío-Bío, Osorno, Llanquihue and Chiloé, and 57 samples of complete soil profiles of trumao and ñadis from the provinces of Valdivia, Osorno and Llanquihue were analyzed.

From the results obtained, the following points were discussed:

a) VARIATIONS IN CONTENT OF ORGANIC MATTER. Content of organic matter increases as rainfall increases, and this in turn, increases exchangeable hydrogen, extractable aluminum by Morgan extraction, fixation capacity of phosphorus in the soil, and total cation exchange capacity; pH decreases as organic matter increases.

b) VARIATIONS IN WEIGHT OF VOLUME. Values of volume weight are very low, generally not higher than 0.7, and the highest figures correspond, in the majority of cases, to surface samples.

c) PHOSPHORUS FIXATION. The fixation curves of surface soils indicate that the highest fixation is related to high contents of organic matter and extractable aluminum by Morgan extraction.

From an analysis of a profile of the Corte Alto series, in which organic matter was eliminated, it was seen that the fixation of phosphorus increased with the destruction of organic matter, and fixation value was the same throughout the profile.

On treating the soil with calcium hydroxide, in order to measure the pH changes in phosphorus fixation, it was seen that no changes took place in the power of fixation of phosphorus as a result of the pH increase; but with the rates used it was not possible to neutralize acidity.

From these trials, it may be inferred that the factors which determine fixation are related to the nature and quantity of the clay minerals and to the hydrated oxides of aluminum and iron present in the soil.

d) TOTAL EXCHANGE CAPACITY AND SATURATION OF BASES. Total exchange capacity depends on the content of organic matter and, therefore, increases towards the south of Chile. Higher figures are obtained from ñadis rather than from trumao soils; in the former the exchange capacity is often greater than 40 m.e./100 grs. of soil. The saturation percentage of bases are low, generally less than 50% and are even lower as rainfall increases. Ñadis soils are more unsaturated than trumao soils, and the percentages of saturation of bases fluctuate between 25 and 50%.

## LITERATURA CITADA

1. ALCAYAGA CASALI, SERGIO. Taxonomic and Cartographic units in the detail soil survey and their application to the Chilean Soil Survey. M. Sc. Thesis, Cornell University. 1958.
2. MINISTRY OF AGRICULTURE and FORESTRY OF JAPAN. Volcanic ash soils in Japan. 1964.
3. CARMONA, B. P. Algunas características hídricas de los trumaos y ñadis. (Inédito).
4. RODRÍGUEZ Z., MANUEL. Reconocimiento de suelos en las Provincias de Osorno y Llanquihue. Siete años de Investigaciones Agrícolas, 1940-1947. Stgo., Dirección General de Agricultura, pp. 271-282. 1950.
5. RODRÍGUEZ Z., MANUEL. Reconocimiento de los suelos de la Provincia de Bío-Bío. Agricultura Técnica IX: 133-161. 1949.
6. ROBERTS R. C. y DÍAZ V. C. Los grandes grupos de suelos en Chile. Agricultura Técnica, Vol. XIX-XX: 7-36 1959-1960.
7. WRIGHT, A. CHARLES S. Observations on the soils of central Chile. Agricultura Técnica. XIX-XX: 96-124, 1959-1960.
8. DÍAZ VIAL, CARLOS et al. Estudio sobre habilitación de los ñadis o suelos húmedos del Departamento de Puerto Varas (1954). Agricultura Técnica. XVIII: 412-486. 1958.
9. ALCAYAGA C. S., NARBONA G. M. y URBINA C. A. Leyenda descriptiva de los suelos ñadis de la Provincia de Cautín a Llanquihue. Informe Técnico CORFO. 1963 (Inédito).
10. POLLE E. y RUSSI E. Fijación de  $P_2O_5$  en tres suelos. Ministerio de Agricultura. 1958 (Inédito).

11. INFANTE, M. J. Adaptación del método de Demolón para la Determinación de la fijación de  $P_2O_5$  en Chile. Ministerio de Agricultura. 1962 (Inédito).
12. JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall. 1958.
13. PEECH M., ALEXANDER, L. T., DEAN L. A., and REED, J. F. Methods of Soil Analysis for Soil-Fertility Investigations, Circular N° 757, 25 pp. U. S. Dep. of Agriculture. April, 1947.
14. DEMOLON A., BOISCHOT P. et LAJON J. Réaction des divers sols a l'apport des engrais Phosphatés solubles, son importance dans l'établissement des fumures. Ann Inst. National de la Recherche Agronomique. Serie A: Annales Agronomiques. 4: 291-330. 1953.
15. PEECH, M. Determination of exchange capacity of soils: rapid micromethods utilising centrifuge and spectrophotometer. Soil Science, 59: 25-38, 1945
16. MERSON, A. J. Methods of Chemical Analysis for Soil Survey samples. Soil Bureau, Bulletin 12. New Zealand, Department of Scientific and Industrial Research. 1956.
17. BLACK, C. A. Soil and Plant Analysis. Ames, Iowa State College. 1945.
18. PURI, A. N. Soils; their Physics and Chemistry. New York: Reinhold, 1949.
19. ALMEYDA A., ELÍAS y SÁEZ S. FERNANDO. Recopilación de datos Climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivos. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura, Dirección General de Producción Agraria y Pesquera, DTICA., 1958.

## Calidad de las primeras generaciones de algunos cruzamientos en trigo

Héctor Wulf M. y Denise Granger Z<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objetivo determinar si es posible efectuar una selección de los trigos, por calidad panadera, en las primeras generaciones de cada cruzamiento. Se entiende como pan de buena calidad aquel de alto valor nutritivo, fácil digestibilidad, buen color, buena textura de miga y agradable a nuestros sentidos.

Se sabe que los distintos trigos poseen aptitudes diferentes para producir un buen pan, las que están, en su mayor parte, determinadas por factores genéticos hereditarios, que pueden ser modificados, en cierta medida, por factores ambientales o por técnicas agronómicas.

Los estudios sobre calidad panadera de los trigos chilenos han tenido un notable avance en los últimos años. Es así como, mediante los trabajos realizados, ha sido posible alcanzar un conocimiento más detallado sobre este tema.

### REVISION DE LITERATURA

Según Gove Hanbridge y E. N. Bressman (20) la calidad en trigo es muy compleja, abarca muchos caracteres y se ha estudiado la herencia de sólo muy pocas de estas características.

Lyon (14) y Roberts (17) estudiaron las variaciones y diferencias del contenido de proteína cruda en plantas individuales y líneas puras.

Clark y sus colaboradores (5, 6, 7, 8) han estudiado la segregación y herencia del contenido de proteína cruda en híbridos de muchos cruzamientos, en Montana, bajo condiciones que favorecen el alto contenido de proteínas, y en California, bajo condiciones favorables para un trigo con bajo tenor proteico. Estos autores determinaron que hay una segregación para el contenido de proteína en híbridos de trigo, semejante a la que se produce con los caracteres cuantitativos.

Las citras indican que la herencia del contenido de proteína es tan compleja como la del rendimiento y que el medio ambiente influye en los resultados, tanto en un caso como en el otro. Los dos caracteres, contenido de proteína y rendimiento, están frecuentemente, pero no siempre, asociados en relación inversa.

Estos estudios de herencia indican que la proteína cruda total por hectárea, puede ser aumentada a través del mejoramiento. Así, en algunos casos, un aumento importante en el contenido de proteína cruda del grano de cualquier variedad deseable, se puede obtener por el cruzamiento con un antecesor de alto contenido proteico, pero solamente sacrificando el rendimiento.

Saunders (18, 19) estudió la fuerza del gluten o la habilidad de éste para estirarse sin romperse, y concluyó que su herencia es muy completa y que, probablemente, depende de un gran número de factores mendelianos.

Otros investigadores como Biffen (3) y Howard y Howard (12) alcanzaron conclusiones si-

<sup>1</sup>Ingenieros Agrónomos, Proyecto Cereales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.