

Nota corta: Micronutrientes en hojas de manzano y su relación con las propiedades del suelo

M.^a C. Aruani ¹ *, C. Arjona ², E. Sanchez ³

¹ * Dpto. de Recursos Naturales. Edafología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue. CC 85 Cinco Saltos. (8303) Río Negro. Argentina

² Departamento de Producción Agropecuaria. Fruticultura. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500. 5505. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina

³ Estación Experimental Agropecuaria INTA Alto Valle. CC 782 General Roca. (8303) Río Negro. Argentina

mcaruani@infovia.com.ar

RESUMEN

En 24 parcelas experimentales de manzano cv. Red Delicious ubicadas en el Alto Valle de Río Negro (Argentina), se extrajo suelo a 0-25 cm de profundidad, donde se determinó granulometría, pH, carbonato de calcio, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, fósforo y la concentración foliar de cinc, cobre, hierro y manganeso. En todos los casos, los contenidos de micronutrientes en el suelo fueron suficientes para suplir las necesidades de las plantas. Sin embargo, la concentración de Zn foliar fue inferior al nivel crítico y se correlacionó inversamente con los carbonatos del suelo ($R^2 = 0,64$). En cambio, los contenidos foliares de Fe y Cu resultaron ser superiores a los considerados críticos por la bibliografía. Asimismo, el 35 % de las parcelas estudiadas en la temporada 1998/1999 presentaron concentraciones de Mn inferiores al nivel crítico, mostrando una asociación inversa con el pH de la solución del suelo ($R^2 = 0,64$), mientras que en la temporada 1999/2000 no se manifestó dicha situación. No se obtuvo correlación entre la concentración de los micronutrientes disponibles de la capa superficial del suelo con sus respectivas concentraciones foliares.

PALABRAS CLAVE: Análisis foliar
Frutales pepita
Red Delicious
Argentina

* Autor para correspondencia

Recibido: 4-9-00

Aceptado para su publicación: 9-3-01

La zona del Alto Valle de Río Negro de Argentina tiene un grado de participación importante en la producción de manzanos tanto a nivel regional como nacional; produce el 80 % del total nacional de manzanas y peras y el 91 % del volumen exportado por el país (Giacinti *et al.* 1998). El manejo adecuado de la fertilización de una granja frutal implica un conocimiento del estado nutricional de la planta, ya que juega un papel clave por su directa influencia en el rendimiento y en la calidad de la producción (Faust, 1989). Los frutales de pepita y de hueso son muy demandantes de micronutrientes, fundamentalmente en los primeros estadios fenológicos (Faust, 1989). De todos, el cinc es tal vez el más crítico (Silva y Rodríguez, 1995).

En la región del Alto Valle de Río Negro, la deficiencia de cinc está tan ampliamente generalizada que las aplicaciones de fertilizantes foliares con este nutriente forman parte del programa de fertilizaciones del productor. Sánchez (1996) informó que en plantaciones sin fertilizar de perales y manzanos la concentración foliar de Zn se encuentra por debajo del rango de suficiencia de 20 mg/Kg. De la misma manera en Mendoza, luego de un seguimiento consecutivo de cuatro años, el 40 y 42 % de las plantaciones presentaron niveles bajos y deficientes, respectivamente (González, 1996), mientras que en Chile sólo el 15 % de las granjas de manzano y peral presentan deficiencias (Silva y Rodríguez, 1995). Los valores bajos de Zn en las hojas pueden deberse a la carencia en el suelo o a una baja disponibilidad provocada por propiedades del suelo tales como pH, carbonatos y textura entre otros.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración foliar de micronutrientes (Zn, Cu, Fe y Mn) en granjas implantadas con manzanos y su relación con aquellas propiedades del suelo que afectaran a su disponibilidad.

La zona de estudio fue un sector del Alto Valle de Río Negro comprendido entre las localidades de Maique, a 38° 55' de Latitud Sur y 67° 20' Longitud Oeste, y Cinco Saltos a 38° 56' Latitud Sur y 67° 59' Longitud Oeste (Fig. 1).

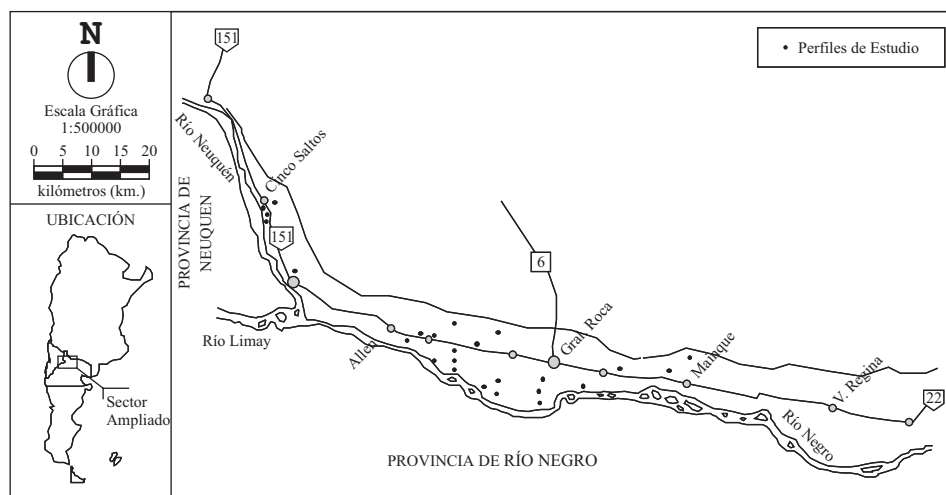


Fig. 1.—Localización de las Parcelas Experimentales

Los suelos corresponden a los órdenes Aridisoles y Entisoles y se muestrearon a una profundidad de 0-25 cm, en 24 parcelas implantadas con manzanos cv Red Delicious sobre pie franco. Fueron secados al aire y pasados por tamiz de 2 mm de malla de acero inoxidable. Sobre la tierra fina seca al aire (TFSA) se efectuaron los siguientes análisis: fósforo disponible (Método de Olsen, 1954), composición granulométrica (Método densimétrico de Bouyoucos, 1927), pH en pasta (agua 1:1), materia orgánica (Walkey y Black, 1934), carbonatos (Sadzawaka, 1990), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Sadzawaka, 1990). Los niveles de disponibilidad de micronutrientes en el suelo (Fe, Cu, Mn y Zn) se obtuvieron mediante la técnica de Lindsay y Norvell (1978) con DTPA (dietilen triamino penta-acético).

Los análisis estadísticos realizados fueron correlación y regresión múltiple lineal en los casos en que las correlaciones resultaron significativas, empleando el Statistical Analysis Systems.

En la Tabla 1 se consignan algunas propiedades de los suelos de las granjas donde se realizó el estudio. El rango de pH estuvo comprendido entre 6,63 y 8,00 siendo la mayoría de las muestras ligeramente alcalinas, variando entre 0 y 7,2 % el contenido en carbo-

Tabla 1
Propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados

P. Experimentales	pH	CO ₃ ⁻ (%)	MO (%)	a (%)	I (%)	A (%)	CL T	CIC *	P	Fe	Cu	Mn	Zn (mg/Kg)
1	7,3	6,2	4,5	17,8	53,5	28,7	fl	34,4	56,0	7,7	1,8	4,5	5,6
2	7,6	3,8	3,4	9,7	60,9	29,4	fl	29,1	14,5	8,2	1,6	7,1	1,2
3	7,5	0,3	4,1	10,7	58,8	30,5	fl	36,5	58,9	11,7	3,3	6,4	2,5
4	7,2	—	3,7	15,8	31,9	52,3	f	25,9	24,9	12,5	2,7	6,5	2,0
5	7,1	6,5	3,7	25,5	47,4	27,1	f	31,2	8,3	18,3	1,4	6,2	1,7
6	6,9	n.c.	3,1	24,3	43,7	32,0	f	32,2	12,9	15,4	3,8	2,8	5,2
7	6,2	n.c.	3,5	34,0	41,3	24,7	fa	31,4	80,9	35,2	2,0	10,9	3,8
8	7,7	n.c.	3,3	17,7	63,3	19,0	fl	34,4	6,2	0,8	1,3	2,9	0,6
9	7,6	4,3	5,1	46,2	31,5	22,3	a	56,6	36,9	6,1	1,2	5,5	2,3
10	7,3	5,3	2,3	17,6	50,3	32,1	fl	29,8	6,0	4,6	0,8	2,8	0,5
11	7,8	5,3	2,4	18,1	53,2	28,7	fl	27,8	5,9	7,3	0,8	3,0	0,8
12	7,4	n.c.	3,2	19,8	44,7	35,5	f	29,2	16,3	6,4	1,7	7,2	2,6
13	6,6	n.c.	3,1	15,2	43,0	41,8	f	27,0	43,6	16,1	2,0	7,2	2,1
14	7,2	n.c.	2,5	13,4	49,8	36,8	f	29,9	26,3	9,6	1,3	6,2	2,0
15	7,4	7,2	2,1	14,9	52,4	32,7	fl	33,2	9,4	3,9	1,0	2,5	1,3
16	7,6	—	3,1	27,3	59,5	13,2	fal	35,4	7,8	5,0	0,8	3,0	2,0
17	7,7	2,4	3,0	12,5	59,8	27,7	fl	30,8	5,8	3,3	1,0	2,4	1,0
18	6,7	n.c.	2,8	19,8	47,1	33,1	f	30,1	5,2	15,2	1,3	6,4	1,5
19	7,5	5,3	2,6	15,1	70,4	14,5	fl	42,1	13,0	2,5	1,6	4,9	2,6
20	7,8	n.c.	1,4	7,4	34,3	58,3	fA	23,6	12,2	2,9	0,9	3,8	2,3
21	8,0	n.c.	1,7	3,6	23,1	73,3	Af	18,4	8,9	2,5	0,5	2,9	2,4
22	7,5	4,8	3,9	14,9	44,7	40,4	f	47,6	10,2	9,3	1,7	4,5	3,7
23	7,8	4,3	3,4	13,5	56,9	29,6	fl	32,9	5,1	3,8	2,0	3,0	1,2
24	7,2	2,4	4,5	17,0	41,5	41,5	f	36,3	29,0	5,8	1,7	8,4	1,8

CLT = clase textural, CIC = cmol (+) Kg⁻¹, l = limo, a = arcilla, A = arena, fl = franco limosa, f = franco, fA = franco arenosa, Af = areno franca, n.c. = no contiene.

atos. El contenido medio de materia orgánica fue de 2,89 %, oscilando entre un valor mínimo de 1,4 % y un máximo de 4,07 %. Los contenidos medios de fósforo disponibles en estas muestras fueron de 30 mg/Kg, pero se observó una gran dispersión de los mismos, variando desde 5 hasta más de 100 mg/Kg.

En cuanto a los micronutrientes disponibles en el suelo, se observó que el Fe es el elemento que presentó una mayor concentración en los suelos y también el de mayor variación, oscilando entre 2,5 y 35 mg/Kg con un valor medio de 8,95 mg/Kg. El Mn osciló entre 2,4 y 11,0 mg/Kg, siendo el contenido medio de 5,1 mg/Kg. La concentración de Zn se encontró entre 0,55 y 5,56 mg/Kg con una media de 2,15 mg/Kg, sobrepasando dicha media solamente 2 muestras que duplicaron su valor y 5 suelos estuvieron muy por debajo de ella (< 1 mg/Kg). El Cu es el elemento que se encontró en menor concentración y osciló entre 0,39 mg/Kg de mínimo y 3,85 mg/Kg de máximo, con una media de 1,55 mg/Kg. Al igual que el Zn, 5 suelos se alejaron de la media con un valor inferior a 1 mg/Kg y solamente 2 muestras duplicaron su valor.

Las muestras foliares se tomaron en la segunda quincena del mes de febrero, en dos temporadas de cultivo, 1999 y 2000. Se muestrearon las hojas medias del brote del año de aproximadamente 20 plantas (Jones *et al.*, 1991) y por espectrofotometría de absorción de plasma se determinó la concentración de Cu, Fe, Zn y Mn.

Las concentraciones foliares de los micronutrientes se consignan en la Tabla 2. De los micronutrientes, el Zn fue el más deficiente en las dos temporadas. En el ciclo 1999/2000, 16 de las 24 parcelas presentaron una concentración inferior a 20 mg/Kg, considerada como óptima en frutales de pepita y de hueso (Sánchez, 1999). De las 9 parcelas con contenidos normales, 4 presentaron valores superiores a 40 mg/Kg. Semejante situación se manifestó en la temporada anterior (1998/1999), donde 9 parcelas presentaron contenidos inferiores al considerado nivel crítico, 5 estaban en el límite de dicho nivel y las restantes superaban los 30 mg/Kg. Las granjas que manifestaron deficiencias, correspondieron a propiedades sin fertilizar con Zn. Estos resultados de Zn concuerdan con los datos obtenidos en la temporada 1997/1998, donde el valor promedio de Zn en hojas de manzano provenientes de granjas no fertilizadas fue de 15 mg/Kg (Sánchez, 1998). Cabe destacar que las fertilizaciones foliares con este nutriente forman parte del programa de fertilización del productor. Los altos contenidos de Zn que se observaron en algunas parcelas correspondieron a aquellas fertilizadas por vía foliar en la primavera.

Lindsay (1972) considera 0,8 mg/Kg como óptimo de disponibilidad de Zn en el suelo. Los contenidos obtenidos en las muestras de suelo analizados superaron ampliamente ese valor (promedio 2,23 mg/Kg), por lo que se podría esperar que las plantas presentaran un buen estado nutricional en cuanto a Zn. Sin embargo, la concentración foliar de micronutrientes y en particular el Zn fue más bien deficiente. Debe tenerse en claro que las deficiencias de los micronutrientes no siempre reflejan un bajo suministro del suelo. La eficiencia de absorción de la planta está determinada por la capacidad de exploración del suelo del sistema radicular, y toda práctica de manejo que afecte al sistema radicular disminuye la eficiencia de absorción.

El manejo de los suelos en el Alto Valle consiste en el empleo desmesurado de la grada de discos en la lucha pasiva contra las heladas tardías, donde es importante contar con el suelo libre de vegetación y húmedo. Posteriormente se realiza un segundo laboreo en la primavera para controlar las malezas. A través de los años el uso continuo de la grada elimina las raíces superficiales de los frutales en los primeros 20 cm de suelo (Silva y Rodríguez, 1995), que es la zona más rica en la disponibilidad de nutrientes (Aruani y Sánchez, 1998). Esta práctica favorece el desarrollo de raíces a mayor profundidad donde se en-

Tabla 2
Concentración de micronutrientes en hojas de manzanos cv. Red Delicious,
temporadas 1998/1999 - 1999/2000

Parcelas Experimentales	Zn		Fe		Mn		Cu	
	(mg/Kg)							
	98/99	99/00	98/99	99/00	98/99	99/00	98/99	99/00
1	33	21	79	122	42	36	5	5,9
2	18	12	55	104	31	38	5	5,5
3	29	17	59	114	59	68	5	7,6
4	20	15	107	95	65	67	6	6,4
5	150	49	85	112	32	32	6	5,6
6	20	21	73	120	37	53	5	6,1
7	53	14	74	136	24	43	5	5,5
8	21	16	47	110	25	46	5	6,3
9	51	20	59	107	61	78	6	5,8
10	30	19	50	103	55	45	5	5,3
11	29	41	91	142	56	53	6	8,1
12	18	18	96	184	27	35	5	5,3
13	16	14	57	114	42	53	5	5,5
14	20	20	69	112	46	72	5	6,2
15	9	16	87	112	34	56	4	5,3
16	21	16	48	105	22	27	6	5,5
17	24	14	63	157	27	38	4	6,7
18	19	16	58	116	27	33	4	4,2
19	18	17	60	149	30	30	5	3,9
20	20	220	54	118	13	42	5	4,1
21	16	133	74	116	22	45	4	4,6
22	11	17	88	156	35	36	5	6,4
23	17	14	60	157	35	38	5	7,4
24	48	17	54	171	34	36	6	5,1

cuenta la menor concentración de micronutrientes y en particular el Zn disminuye sensiblemente (Aruani *et al.*, 2000).

Existen varios factores que limitan la disponibilidad de Zn para los cultivos tales como el pH, siendo óptimo entre 5 y 6 (Marschner, 1986), la materia orgánica (Alloway, 1995), la textura (Shuman, 1975), la interacción con macro y micro nutrientes (Marschner, 1986) y los carbonatos (Harter, 1983).

Cuando se correlacionaron las variables materia orgánica, arcilla, capacidad de intercambio catiónico, carbonatos y fósforo con Zn foliar, en aquellas muestras que presentaban deficiencias se comprobó que la única variable que ajustó al modelo fue carbonatos con un $R^2 = 0,64$ ($P < 0,0010$), obteniendo una relación inversa donde a medida que aumentan los carbonatos disminuye el contenido de Zn en la planta ($y = 19,12 - 1,15 \text{ CO}_3^-$). Si bien los datos no son suficientes para elaborar conclusiones definitivas, se presentan claras tendencias que no se pueden ignorar.

Con referencia al Cu, sus valores de concentración presentaron menor variabilidad que los otros micronutrientes y estaban por encima de 3 mg/Kg, considerado normal para

un buen desarrollo de las funciones esenciales (Sánchez, 1999). El Cu es uno de los elementos que se distribuye más homogéneamente en el perfil del suelo (Aruani *et al.*, 2000), y se encuentra disponible en cantidad suficiente donde se concentra la mayor proporción de raíces. Además, los tratamientos fitosanitarios a base de Cu son adecuados para mantener los niveles apropiados en la planta.

Existe una semejanza entre el Mn y el Fe en lo que respecta a su comportamiento suelo-planta. En suelos con pH comprendidos entre 7,4 a 8,5 la solubilidad de los mismos es mínima. A pesar de que nuestros suelos son ligeramente alcalinos, los contenidos foliares obtenidos para Fe no fueron deficientes, por el contrario, superaron con amplitud el valor crítico de 50 mg/Kg (Sánchez, 1999). Dentro de los frutales, el manzano es considerado el menos sensible a la clorosis férrica, inducida por la presencia de carbonato de calcio activo (Barney *et al.*, 1984).

En cuanto al Mn, en la temporada 1998/1999 el 35 % de las muestras analizadas estaban por debajo del nivel crítico considerado de 30 mg/Kg (Sánchez, 1999). Según Godo y Reisenauer (1980), la disponibilidad de Mn está controlada por un efecto combinado de las propiedades del suelo, las características de la planta y la interacción de las raíces con el suelo circundante. El pH del suelo es el factor que gobierna la disponibilidad de Mn y su influencia es marcadamente afectada por la actividad de la rizosfera. Al realizar el análisis de regresión para esa temporada, la relación fue negativa con el pH ($y = 54,43 - 6,005 \text{ pH}$), dando un $R^2 = 0,64$ significativo a nivel del 5 %, lo que confirmaría en parte lo expresado por dichos autores. En la temporada siguiente las concentraciones no manifestaron deficiencia alguna.

No existieron diferencias significativas entre la disponibilidad de Zn, Fe, Mn y Cu en la capa superficial del suelo con sus respectivas concentraciones foliares, tanto en el año 1999 como en el 2000.

A pesar que las concentraciones de Zn son suficientes en los primeros 25 cm de suelo, los contenidos foliares están por debajo del nivel de suficiencia de 20 mg/Kg. Una de las variables del suelo de mayor incidencia en la absorción es el porcentaje de carbonato de calcio.

SUMMARY

Relationship between micronutrients in apple leaves and soil properties

In twenty four apple blocks cv. Red Delicious located in the Río Negro Valley (Argentina, soil samples were taken from the upper 25 cm of depth to analyze clay, silt and sand fractions, pH, calcium carbonate, organic matter, cation exchange capacity and available phosphorus. Tissue samples were also taken to determine zinc, copper, manganese and iron concentrations. In all cases the content of soil micronutrients were enough to sustain plant growth. However the concentration of zinc in the leaves was low in most blocks and samples were inversely correlated with soil carbonates ($R^2 = 0,64$). Instead, Fe and Cu content in the leaves were higher than critical threshold concentrations. Thirty five percent of the blocks studied in 1998/1999 showed Mn concentrations lower than the critical level for apples and were negatively correlated with soil pH ($R^2 = 0,64$) but in the 1999/2000 season this trend was not apparent. There were no correlations among soil micronutrients availability in the upper soil layer with their foliar concentrations, respectively.

KEY WORDS: Tissue analysis
Pome fruits
Red Delicious
Argentina

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY B.J., 1995. Heavy metal in soils. 2nd Edition. Blackie Academic & Professional. Chapman and Hall. Glasgow, UK. 368 p.
- ARUANI M. C., SÁNCHEZ E. E., 1998. Influencia de algunas variables edáficas sobre la disponibilidad de micronutrientes en suelos del Alto Valle de Río Negro-Argentina-Actas XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón-Chile. Resumen p. 65.
- ARUANI M. C., SÁNCHEZ E.E., DUSSI C., 2000. Caracterización de microelementos en dos rangos de profundidad de suelo y su disponibilidad en montes de manzanos. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata. Resumen N.º 136 y trabajo completo en CD, 4 pp.
- BARNEY D., WATSTER R.H., NELSON S.D., WILLIAMS C.F., JOLLEY U.D., 1984. Control of iron chlorosis in apple trees with injections of ferrous sulfate and ferric citrate and with soil-applied Iron-Soil. *J. Plant Nutr.* 7, 313-317.
- BOUYOUCUS, G.W. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soil. *Soil Sci.* 23, 343-353.
- FAUST M., 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons. New York. 338 pp.
- GIACINTI M.A., OSTERTAG G., DUSSI C., QUITOZ M.I., ALCAINO J.M., PAMPIGLIONE A., JORGE J. M., 1998. Fruticultura en perspectiva. Producción mundial de manzanas. Consejo Federal de Inversiones. Anexo II, 180 pp
- GODO G. H., REISENAUER H. M., 1980. Plant effects on soil manganese availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 993-995.
- GONZÁLEZ M., 1996. Por la salud del monte. *Campo y tecnología* 24, 52-53.
- HARTER R. D., 1983. Effect of soil pH on adsorption of lead, copper, zinc, and nickel. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 47-51.
- JONES J., WOLF B., MILLS, A. H. 1991. Plant Analysis Handbook. 1. Methods of Plant Analysis and Interpretation, Micro - Macro. Publishing Inc. Athens, Georgia, USA.
- LINDSAY W. L., 1972. Zn in soils and plant nutrition. *Adv. Agron.* 24, 147-186.
- LINDSAY W. L., NORVELL W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 421-428.
- MARCHNER H., 1986. Mineral, nutrition of higher plants. Belfast, Northern Ireland, 674 pp.
- OLSEN, S.R.; COLE, C.V.; WATANABE, F.S. y DEAN, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate U.S. Dept. Agr. Circ. 939 pp.
- SADZAWKA A., 1990. Métodos de análisis de suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias serie La Platina N.º 16. Estación Experimental La Platina, Santiago de Chile.
- SÁNCHEZ E. E., 1996. Determinación de parámetros nutricionales en pera, manzana y uva de mesa. Informe final plan de trabajo N.º 1106. INTA Alto Valle, 37 pp.
- SÁNCHEZ E. E., 1998. Informe interno sobre el análisis de la temporada 1997/1998 del Laboratorio de Análisis Foliar del INTA Alto Valle, 5 pp.
- SÁNCHEZ E. E., 1999. Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo INTA Alto Valle de Río Negro, 195 pp.
- SHUMAN L.M., 1975. The effect of soil properties on Zn adsorption by soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39, 454-458.
- SILVA, E. y RODRÍGUEZ, J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Ed. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile, 519 pp.
- WALKLEY, A. y BLACK, I.A. 1934. An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 28-29.