

# INFLUENCIA DE CONCENTRACIONES CRECIENTES DE CARBONATO DE SODIO SOBRE LINO OLEAGINOS (*Linum usitatissimum* L.)

Carlos E. Texidor Barilari y Alfonso Struffolino

Centro de Radiobiología de la Facultad de Agronomía de la U.B.A. Av. San Martín 4453 (1417) Capital Federal

## RESUMEN

Se evaluó la influencia del sodio como carbonato sobre lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) en tres experimentos: el primero (A) durante la germinación de la semilla de los cultivares Tape Paraná, Areco y Conesa y los dos posteriores con el cv. Conesa, hasta cosecha, en suelo. Para las diversas concentraciones de sodio estudiadas, se observó en germinación una de efecto vigorizante, correspondiente a  $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$  y  $pH = 9,8$ ; algo similar ocurrió en el tratamiento 2 del experimento B, en suelo, con  $CE = 0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $pH = 8,0$ ,  $PSI = 9,93$  y en el suelo I (exp. C) con el mínimo PSI. De efecto muy depresivo fueron las concentraciones superiores a los tratamientos No. 4 del ensayo de germinación (A) y el experimento B: en este último caso comienzan a aparecer semillas vanas. En los suelos II y III, debido a su elevada cantidad de sodio presente ( $PSI = 23,4$  y  $21,7$  respectivamente) existe un efecto depresor muy intenso. Por autorradiografía y técnicas de conteo se determinó la distribución y acumulación del sodio en planta, evaluando la parte lábil del mismo por la técnica del valor L (Larsen) utilizando sodio  $^{22}$ , en la forma de  $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$  y lino oleaginoso como planta indicadora.

Palabras claves: suelos sódicos; lino oleaginoso; umbral tóxico; valor L; métodos radioisotópicos.

## EFFECT OF SODIUM CARBONATE CONCENTRATIONS ON OIL FLAX (*Linum usitatissimum* L.)

### ABSTRACT

Three assays had been carried out to investigate the effect of increasing levels of sodium carbonate on oil flax (*Linum usitatissimum* L.). Investigation A: during the seed germination for the cultivars Tape Paraná, Areco and Conesa. B) A similar study was developed with the cv. Conesa until time, in Depressend Pampa soil. A series of critical sodium concentrations, were observed an invigorating minimum concentration in germination investigation (A), with  $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$  and  $pH = 9,8$ ; (B) investigation:  $CE = 0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $pH = 8,0$  and  $PSI = 9,93$  and C investigation in the soil I with the minimum PSI. For higher sodium levels there were toxic anomalies. In the soils II and III (exp. C) due to higher sodium concentration ( $PSI = 23,4$  and  $21,7$  respectively), they have a depressive effect. It was determined the sodium distribution and accumulation in plant for autorradiography and it was evaluated the labil sodium for the L value (Larsen) with radioisotopic methods, using sodium carbonate as radioactive compound ( $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). The sodium differential distribution principally in roots and lower stems was related with the plant resistance to salinity.

Key words: sodic soils; oil flax; toxic threshold, L value, radioisotopics methods.

## INSTRUCCION

La selección de un cultivo para un suelo salino, debe valorar la tolerancia del mismo durante una de las etapas más sensibles del ciclo biológico: germinación, ya que frecuentemente se obtienen cultivos deficientes debido a

fallas considerables en la densidad. Maas y Nieman, 1978, describieron varios mecanismos de tolerancia a las sales que pueden ser inducidos por salinidad durante una generación, notando que las plantas crean varios ajustes morfológicos.

La relación entre sales solubles en la zona radicular y los efectos sobre el metabolismo que hacen más lento el crecimiento y causan la muerte, es aún fundamentalmente desconocido (Maas y Nieman, 1978; Nieman y Shanon, 1977). Los fisiólogos han demostrado que el crecimiento celular se encuentra básicamente sin daño por la salinidad, y que el desarrollo, aunque lento, sigue su patrón normal. (Nieman, 1965; Nieman y Poulsen, 1967; Weinberg, 1975).

Por el exceso de sodio en el complejo de intercambio hay remoción del calcio de los tejidos radiculares, afectando raíces y plantas, que pueden morir posteriormente por carencia de este elemento, generándose alteraciones del metabolismo de la respiración, fotosíntesis e inhibiéndose la síntesis proteica (Kahane y Poljakoff-Mayber, 1968). Se advierte también que el sodio pareciera cumplir con alguna de las funciones del potasio, por lo que existiría una relación K/Na crítica (Shanon, 1979). Drew, and Dikumwin, (1985), determinaron que el aumento de la concentración de cloruro de sodio en el suelo, origina anoxia en raíces, lo que inhibe la absorción de potasio por las mismas, y su transporte hacia los retoños, cuando la relación Na/K toma valores superiores a 10.

Bernstein y Pearson (1956), observaron que algunas especies vegetales acumulan sodio en sus raíces, proveniente de suelos con alto contenido en este elemento, trasladando pequeñas cantidades hacia los ápices, mientras que otras trasladan a este elemento fácilmente hacia los ápices y no acumulan tanto en raíces, observándose que la tendencia a acumular en raíces está asociada a la sensibilidad al exceso de sodio.

Debido a las variaciones de los suelos sódicos en su textura, la tolerancia de cultivos hacia el sodio intercambiable está basada frecuentemente sobre respuestas nutricionales en presencia de condiciones físicas adversas; el agua con elevada proporción de sodio que es aplicada al suelo, en el cual el calcio está adsorbido, el sodio reemplaza al calcio adsorbido y causa un reacondamamiento de las partículas del suelo, formando poros más chicos, a través de los que el agua se mueve más lentamente. (Pearson, 1960).

En base a todos los antecedentes expuestos, el objetivo del presente trabajo, fue determinar la influencia de concentraciones crecientes de sodio sobre lino oleaginoso, lo que se desarrolló en tres experimentos de invernáculo.

## MATERIALES Y METODOS

**Experimento A:** Se desarrolló durante la germinación de la semilla, con tres cultivares distintos de lino oleaginoso: Areco, Conesa y Tape Paraná. La concentración de las soluciones de

carbonato de sodio se calcularon según datos presentados por el Bulletin No. 283 del U.S. Department of Agriculture, donde se indica la relación existente entre la reducción de rendimiento en lino vs. conductividad eléctrica del suelo (Tabla 1).

Se transformó conductividad a concentración de carbonato de sodio, según la relación concentración (en porcentaje de una sola sal) vs. conductividad eléctrica, expuesta en Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos del U.S. Department of Agriculture (Manual No. 60 (Tabla 2).

TABLA 1. Reducción de rendimientos en lino vs conductividad eléctrica del suelo a 25°C. (A)

0,0 - 3,0 dS.m <sup>-1</sup>	hasta 10%
3,0 - 4,5 dS.m <sup>-1</sup>	hasta 25%
4,5 - 6,5 dS.m <sup>-1</sup>	hasta 50%
+ 6,5 dS.m <sup>-1</sup>	caída total de rendimientos y muerte

TABLA 2. Conductividad eléctrica, CO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub> agregado, pH obtenido y curva de ajuste en los ocho tratamientos (Exp.A)

tratamiento	C.E. medida (x) dS.m <sup>-1</sup>	CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> agregado (y) mmol.l <sup>-1</sup>	pH
1	0,20	0,000	5,5
2	0,30	5,849	9,8
3	0,70	11,887	9,8
4	1,00	23,773	10,0
5	4,45	47,547	10,0
6	6,34	72,452	10,0
7	9,30	107,169	10,1
8	11,00	142,830	10,2

$$y = -0,54424 + 12,1989 x \quad ; \quad r = 0,9945468$$

Se aplicó un diseño estadístico completamente aleatorizado con ocho tratamientos, desarrollado cada uno en dos bandejas pequeñas (11 cm x 15 cm), con una base de algodón cubierta por papel absorbente, humedeciendo a cada una con las soluciones de carbonato de sodio en las ocho concentraciones de la escala; cada bandeja fue uniformada a la cantidad de cien semillas, introduciendo de inmediato a cada una dentro de una bolsita plástica para evitar desecación.

Cada cultivar con sus distintos tratamientos se mantuvo durante siete días en las bandejas, luego de los cuales se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de germinación; tamaño de plántula; porcentaje de semillas muertas y porcentaje de anomalías (por sustrato tóxico, germinación y muerte, lazos, geotropismo negativo).



**Experimento B:** Se llevó a cabo durante el ciclo biológico del vegetal, hasta cosecha, en un suelo ácido en superficie, al que se le agregó previamente, ocho concentraciones crecientes de carbonato de sodio, similares a las aplicadas en germinación.

Se utilizaron muestras superficiales de un suelo de la Pampa Deprimida, de textura franco limoso, ácido en superficie (suelo I), ubicado en la zona de San Miguel del Monte (provincia de Buenos Aires), proveniente de la unidad cartográfica tendidos altos. Este experimento se llevó a cabo solamente con el cv. Conesa. Los datos analíticos del suelo mencionado, muestreado en una profundidad de 0-25 cm pueden observarse en la **Tabla 3**.

La escala de concentraciones de  $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$  en suelo se elaboró por conductimetría, en forma similar al experimento A, con once concentraciones, de las que se seleccionaron ocho. Posteriormente se evaluó el grado de ajuste presente en las relaciones  $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$  agregado vs. CE del suelo y PSI de cada tratamiento vs. C.E., observándose alta correlación (**Tabla 4**).

El experimento B tuvo ocho tratamientos y tres repeticiones, completamente al azar, teniendo el mismo la duración de noventa y tres días, tiempo en que desarrolló su ciclo biológico.

#### Análisis efectuados en los suelos:

Conductividad eléctrica en extracto de saturación (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1985); cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónico (Bower et al., 1952); pH en agua 1:2,5; PSI; Humedad Equivalente (Mizuno et al., 1978); textura (Bouyoucos).

TABLA 3. Datos analíticos de los suelos utilizados (Exp. B y C).

	suelo I	suelo II	suelo III
profundidad (cm)	0-25	0-25	0-25
C.E. (dS.m-1)	0,19	0,59	1,15
cationes intercamb.			
Ca <sup>2+</sup> (cmol.kg-1)	7,00	4,25	9,00
Mg <sup>2+</sup> (cmol.kg-1)	0,37	0,92	2,27
Na <sup>+</sup> (cmol.kg-1)	0,13	2,28	3,80
K <sup>+</sup> (cmol.kg-1)	1,64	1,74	2,12
Σ bases (cmol.kg-1)	9,14	9,19	17,29
C.I.C. (cmol.kg-1)	10,27	9,75	17,49
saturación de bases			
P.S.I. (%)	1,30	23,40	21,70
P.K.I. (%)	16,00	17,80	12,10
Ca + Mg (%)	71,76	53,10	65,00
saturación (%)	89,00	94,30	98,00
pH	6,6	8,8	8,8
H.E. (%)	23,41	23,90	30,45
textura	fr-lim	franco	franco

TABLA 4. Escala de concentraciones crecientes de sodio como carbonato agregado al suelo I (y); C.E.(x); pH; Na<sup>+</sup> interc.; PSI (y). (Exp. B).

tratamiento	C.E. dS.m-1	CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> agregado g.kg-1	cmol.kg-1	pH	Na <sup>+</sup> int. cmol.kg-1	PSI %
1	0,19	proven. del suelo		6,0	0,1300	1,30
2	0,60	3,33	6,283	8,0	1,6090	9,93
3	1,40	6,66	12,566	8,3	1,6818	10,30
4	2,00	8,33	15,717	8,5	2,5566	15,78
5	2,90	11,66	22,000	8,7	3,1686	19,56
6	3,50	13,33	25,151	8,9	3,7747	23,30
7	4,50	16,66	31,434	8,9	4,1590	25,67
8	5,00	18,33	34,585	8,9	4,5586	28,14

$$y (\text{CO}_3\text{Na}_2 \text{ agreg.}) = 1,42986 + 6,78433x \text{ C.E.}; r = 0,993652$$

$$y (\text{PSI}) = 4,0801 + 5,04824x \text{ C.E.}; r = 0,973335$$

**Experimento C:** Se llevó a cabo con tres suelos de la Pampa Deprimida (suelos I, II y III), con concentraciones naturales de sodio crecientes, ubicados en un relieve plano de llanura con bajos cóncavos, pertenecientes a tres unidades cartográficas: tendidos altos (I); tendidos bajos (II) y tendidos halomórficos (III) estas últimas ubicadas en las partes más bajas del relieve y ocupadas frecuentemente por lagunas permanentes o semipermanentes (**Tabla 3**).

Fue aplicado un diseño estadístico completamente aleatorizado, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, en macetas de cuatro kilogramos de suelo y entre diez y veinte semillas del cv. Conesa sembradas por repetición. El suelo de cada repetición fue marcado con ocho (8) microcuries (μCi) de sodio 22 ( $^{22}\text{Na}$ ), bajo la forma de  $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$ , en donde en función del principio de la dilución isotópica se evaluó el sodio lábil del suelo por el método del valor L (Larsen).

Otra de las técnicas aplicadas fue la obtención de autorradiografías para la determinación de la traslocación y acumulación del sodio en el vegetal.

Método utilizado en la detección radioisotópica en planta:

Actividad del radioisótopo  $^{22}\text{Na}$ : con espectrómetro monocanal NUCLEAR ETS 69302 y detector con cristal de yoduro de sodio activado por talio para emisión gamma (Na(Tl)).

**Sodio lábil, valor L:** Determinado por la metodología enunciada por Larsen; es una técnica originada en el principio de la dilución isotópica, basada en que la actividad específica de un radioisótopo trazador es inversamente proporcional a la masa intercambiable de una sustancia mezclada uniformemente con el isótopo (suelo en este caso).

El aumento del valor L respecto al sodio intercambiable, se debe en parte a la solubilización de formas insolubles y en parte a la existencia de intercambio isotópico con sodio aún insoluble; por ello se obtiene un valor dinámico mayor que proviene del grado de solubilidad del elemento estudiado durante el ciclo biológico del vegetal.

#### Traslocación del sodio en planta:

Se evaluó la misma realizando autorradiografías de cada tratamiento, durante las etapas fenológicas de prefloración y

fructificación. Se utilizaron para ello placas para radiación gamma resultando de mayor resolución y nitidez la SCOPIX CR3 NIF de los laboratorios Agfa.

cuenta el efecto del poder buffer del suelo del experimento B, sobre el  $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$  agregado.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En los experimentos realizados se presentaron una serie de respuestas fisiológicas relacionadas directamente con la concentración de carbonato de sodio presente en ambos ensayos (ver Tablas 5, 6 y 7), debiéndose tener en

**Concentración de sodio vigorizante:** Para el ensayo A se presenta en el tratamiento 2 (Tabla 5), respecto al tratamiento 1 y posteriores el máximo tamaño de plántula para una concentración mínima de carbonato de sodio agregado ( $5,849 \text{ mmol. L}^{-1}$ ;  $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $\text{pH} = 9,8$ ), levemente más destacada en el cultivar Tape Paraná que en Areco o Conesa.

TABLA 5. Respuestas fisiológicas observadas durante la etapa de germinación de lino oleaginoso, en los cultivares Tape Paraná, Areco y Conesa, para concentraciones crecientes de  $\text{CO}_3\text{Na}_2$ . (Exp.A).

trat.	Germin. %	desvío standard s	tamaño de plántula cm	desvío standard s	semillas muertas %	desvío standard s	anomalías totales %	desvío standard s	C.E. dS.m-1
cv. TAPE PARANA									
test.	93,5		7,18±0,115		3,5		3,0		
2	97,5	2,828	8,23±0,110	0,739	2,0	1,060	0,5	1,767	0,30
3	97,5	2,309	6,61±0,158	0,823	1,0	1,258	1,5	1,258	0,70
4	92,0	2,809	5,10±0,129	1,304	3,0	1,108	5,0	1,957	1,80
5	95,7	2,447	1,38±0,043	2,665	4,3	1,289	95,7	41,714	4,45
6	42,5	21,641	0,1	3,303	1,5	1,262	98,5	48,882	6,34
7	8,5	35,473	0,0	3,512	9,0	2,696	91,0	49,546	9,30
8		sin germinación normal			55,0	18,388	45,0	45,882	11,00
cv. ARECO									
test.	92,0		7,36±0,169		4,0		4,0		0,20
2	92,0	0,000	7,46±0,183	0,069	1,5	1,767	6,5	1,767	0,30
3	96,0	2,309	7,00±0,179	0,238	2,5	1,258	1,5	2,500	0,70
4	94,0	1,914	5,11±0,176	1,097	1,5	1,181	4,5	2,056	1,80
5	94,3	1,696	1,70±0,049	2,444	5,7	1,804	94,3	40,366	4,45
6	95,0	1,612	0,24±0,034	3,129	5,0	1,801	95,0	46,774	6,34
7		sin germinación normal			35,5	12,256	64,5	44,198	9,30
8		sin germinación normal			2,0	11,540	98,0	45,992	11,00
cv. CONESA									
test.	82,0		8,20±0,140		3,0		15,0		0,20
2	85,5	2,474	8,35±0,142	0,107	8,0	3,535	6,5	6,010	0,30
3	88,0	3,013	7,96±0,171	0,199	5,0	2,516	7,0	4,769	0,70
4	86,0	2,495	6,17±0,155	1,015	3,0	2,362	11,0	3,966	1,80
5	95,0	4,816	1,85±0,081	2,748	5,0	2,049	95,0	38,223	4,45
6	94,5	5,215	0,71±0,046	3,410	5,5	1,855	94,5	43,937	6,34
7		sin germinación normal			10,5	2,705	89,5	44,555	9,30
8		sin germinación normal			33,0	9,966	67,0	41,945	11,00



Para el caso del experimento B, desarrollado en suelo (Tabla 6) se repite tal reacción con excepción del factor longitud de raíz para una concentración mínima de carbonato de sodio agregado, presente en el tratamiento 2 (6,283 cmol de  $^{22}\text{Na}_2\text{CO}_3$  agregado  $\text{kg}^{-1}$  suelo;  $\text{CE}=0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ; sodio intercambiable =  $1,609 \text{ cmol. kg}^{-1}$  de suelo;  $\text{PSI}=9,93$ ), con acción muy estimulante del vigor en el tratamiento 2, como se podrá apreciar claramente en el factor número de bolillas/planta. Esto hace suponer que bajas concentraciones, ejercieran un efecto estimulante, hipótesis que coincide con lo descrito en la materia por Epstein (1972) y Black (1968).

**Tratamientos 3 y 4:** Para el ensayo A, en estos tratamientos, si bien existen porcentajes de germinación muy elevados, y mínimos para lo que se refiere a anomalías, comienza a insinuarse una progresiva disminución del tamaño de plántula, que se hace brusca al pasar al tratamiento 5 (Tabla 5).

En el experimento B, para los diversos factores de rendimiento, con excepción de longitud de raíz por planta puede observarse una influencia muy similar a lo examinado en el experimento A. Para el factor altura/planta (Exp. B), tamaño de plántula (Exp. A) comienza una leve tendencia de disminución de la misma, con mayor intensidad en los tratamientos posteriores con valores de -5,81% y -7,61% inferiores al tratamiento I. Para el factor materia seca por planta no existen casi diferencias respecto al tratamiento 2: trat. 2 = 0,60 g y tratamientos 3 y 4 = 0,60 g, siendo superiores al tratamiento 1 en un 55,26% (ver Tabla 7).

A partir del tratamiento 3, se advierte en hojas y tallo un pasaje cada vez más intenso del color verde hacia el azulado, indicando toxicidad por sodio. (Diagnóstico y rehabilitación de suelos alcalinos y sódicos, 1985).

En lo que se refiere a número de flores-bolillas por planta si bien hay valores por tratamiento de bastante homogeneidad, cuando se les compara con el factor bolillas por planta, se destaca que a mayor concentración de sodio hay menor cantidad de flores formadas y es menor la cantidad de las mismas que fructifican, como se puede observar en las tablas 7 y 8.

**Concentraciones que generan alto porcentaje de anomalías: Tratamientos 5 y 6.** En el experimento A, a partir de  $\text{C.E.} = 4,45 \text{ dS. m}^{-1}$  y  $\text{pH} = 10$  (trat. 5 y 6) se presentó en los tres cultivares disminución acentuada del tamaño de plántula y alto porcentaje (94% y 98%) de anomalías (geotropismo negativo, lazos, etc.). Estas concentraciones podrían ser consideradas como un umbral fitotóxico para las variedades estudiadas. En el experimento B, a los 30 días post siembra comienzan a visualizarse las primeras patologías externas de

Tabla 6. Comparación de los parámetros evaluados en planta, cv. Conesa, entre tratamientos, (exp. B).

Altura cm	Materia seca g/pl	nº Flores- Bolillas	nº Bolillas por planta	Longitud de raíz cm
T2: 56,65	T2: 0,60	T2: 6,78	T2: 5,27	T1: 8,12
T1: 54,25	T4: 0,59	T5: 6,65	T4: 4,20	T2: 5,82
T3: 51,10	T3: 0,59	T4: 6,37	T3: 4,20	T4: 5,91
T4: 50,12	T5: 0,52	T3: 5,60	T5: 3,00	T3: 5,86
T5: 44,40	T6: 0,47	T6: 5,50	T6: 3,00	T5: 5,75
T6: 44,12	T1: 0,38	T1: 3,50	T1: 2,23	T6: 5,65
T7: 37,50	T7: 0,25	T7: 2,50	T7: 1,00	T7: 4,67
T8: 0 (+)	T8: 0 (+)	T8: 0 (+)	T8: 0 (+)	T8: 0 (+)

Las medias unidas por el mismo trazo no discrepan entre si en forma significativa (Duncan,  $\alpha = 0,05$ ; + = muerte de plantas)

Tabla 7. Aumento (+) o disminución (-) de los factores de rendimiento en valores porcentuales respecto al Tratamiento I. (+ = muerte de plantas). (Exp. B).

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8
C.E. (dS $\cdot$ m $^{-1}$ )	0,19	0,6	1,4	2,0	2,9	3,5	4,5	5,0
PSI	1,10	9,93	10,38	15,78	19,56	23,38	25,67	28,14
pH	6,0	8,0	8,3	8,5	8,7	8,9	8,9	8,9
altura/pl (cm)	-	+4,42	-5,81	-7,61	-10,16	-18,67	-30,88	↓
mat. seca/pl (gr)	-	+57,89	+55,26	+55,26	+56,84	+23,88	-34,21	↓
nº flores+bolilla/pl	-	+95,71	+80,00	+82,00	+90,00	+57,14	-28,57	↓
nº bolillas/pl	-	+136,32	+88,34	+88,34	+34,53	+34,53	-55,16	↓
long. raíz/pl (cm)	-	-28,22	-27,79	-27,17	-29,14	-30,38	-42,39	↓

Tabla 8. Porcentajes de fructificación por tratamiento. (Exp. B).

tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8
% fructificación	63,71	77,73	75,00	65,93	45,11	54,55	100,00	0,00
% aparición de bolillas vanas					33%	50%	100%	sin bol.

alteración metabólica generadas por el carbonato de sodio; en forma similar al experimento A, se advierte el umbral fototóxico para concentraciones superiores a las del tratamiento 4 ( $\text{CE} = 2,0 \text{ dS. m}^{-1}$ ; sodio int. =  $2,5566 \text{ cmol. k}^{-1}$ ;  $\text{PSI} = 15,78\%$ ;  $\text{pH} = 8,5$ ); existe una neta división de influencia negativa para el vigor de la planta: en tratamientos de concentraciones superiores aparece la presencia de anomalías tales como alteración del metabolismo de la fotosíntesis, ausencia de ramificaciones, comenzando a aparecer en el tratamiento 5 la presencia de semillas vanas (33%), acentuándose tal anomalía con el aumento de carbonato de sodio en suelo: trat. 6 = 50%; trat. 7 = 100% y trat. 8 sin formación de semillas, con el comienzo de muerte de plantas (Tabla 8).

Para el factor altura por planta, en los tratamientos 5

y 6, hay disminución del vigor con valores muy parecidos en ambos tratamientos (44,4 cm y 44,125 cm de altura respectivamente, e inferiores al tratamiento 1) y con disminuciones porcentuales respecto a este último tratamiento de 18,16 y 18,67% respectivamente; tal disminución se refleja claramente en el factor número de bolillas/planta, corroborando lo dicho para fructificación, debido a la presencia del umbral tóxico generado por el aumento de las condiciones de sodicidad del suelo, presente entre los tratamientos 4 y 5 (Tablas 6, 7 y 8).

En los dos últimos tratamientos del ensayo A (CE = 9,3 Ds\*m<sup>-1</sup>; pH = 10,1 y CE = 11,0; pH = 10,2), el aumento de semillas muertas alcanza los valores más elevados en el comienzo de germinación y muerte inmediata de la semilla.

En el ensayo B, las concentraciones de sodio que se presentan en los tratamientos siete y ocho provocan en todos los factores gran caída del vigor (Tabla 7); el tratamiento 8, debido al elevado efecto salino generado, provocó la muerte total de las plantas por sequía fisiológica (Bernstein y Hayward, 1958) generada por el aumento de las condiciones salinas del suelo, a los 40 días post siembra, anulándose la producción de flores.

Se detecta a partir del día 33 post siembra, a partir del tratamiento 5 inclusive, la aparición de la fase coloidal del suelo en estado disperso, identificada también en el color de los extractos acuosos realizados.

**Tratamiento 1:** En el experimento A, con pH ácido (5,5) y baja conductividad eléctrica (0,2 dS\*m<sup>-1</sup>), hay una leve disminución del vigor respecto al tratamiento 2, con un valor de anomalías para el cv. Conesa sensiblemente más elevado que en los otros cultivares (Tabla 5). En el experimento B, desarrollado en suelo, para el primer tratamiento con pH = 6,0 se observan valores similares al tratamiento 7 en importantes factores del rendimiento como materia seca, número de flores-bolillas/planta; y bolillas/planta, (Tabla 6), acompañado de escaso vigor en las plantas.

En las condiciones del ensayo, con lino cv. Conesa, el factor de rendimiento que mejor reflejó el vigor del vegetal fue número de bolillas/planta, que estadísticamente (Duncan,  $\alpha = 0,05$ ), presentó seis concentraciones o poblaciones distintas (Tabla 6), debiéndose tener en cuenta la aparición de bolillas vanas en los tratamientos 5, 6 y 7.

Debe tenerse en cuenta que los parámetros de la tabla 6 no decaen en forma simultánea; el vegetal reacciona ante el medio adverso en forma diferencial con los parámetros enunciados. Podría decirse que el número de bolillas por planta es lo que mejor indica el vigor de la planta; en este caso se ve abruptamente frenada luego del tratamiento 4, al pasar de un aumento respecto al trata-

miento 1 de 88,34% a solo 34,53% de bolillas por planta (Tabla 7), si bien la suma del número de flores + bolillas se mantenga en valores elevados éstos no son orientativos debido a que comienzan a aparecer bolillas vanas (Tabla 8). La relación altura/planta: materia seca/planta dará un dato teórico que corresponderá a altura/planta por gramo de materia seca (Tabla 9).

Analizando este dato obtenido, puede observarse que en el caso particular del tratamiento 1, la planta se ha desarrollado básicamente, en forma vegetativa. En el valor teórico obtenido se advierte que es bastante elevado, presentando en forma simultánea en lo que se refiere a bolillas/planta y flores + bolillas/planta, que en el lenguaje del productor agropecuario corresponde al rendimiento.

**Distribución poblacional:** Se observa que la distribución poblacional para las relaciones realizadas (Tablas 6 y 8) tiende a inclinarse levemente hacia el sector alcalino en lo que concierne a variación del vigor de cada factor del rendimiento analizado, corroborando lo dicho para acidez del suelo y afirmando lo enunciado por Pearson para el lino, al clasificarlo como medianamente tolerante a suelos con sodio.

Tabla 9. Relación teórica altura/planta / g materia seca. (Exo. B).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Altura/pl	54,25	56,65	51,10	50,12	44,40	44,12	37,50	↓
Mat.seca/pl	0,38	0,60	0,59	0,59	0,52	0,47	0,25	↓
Altura/g MS	142,76	94,42	86,61	84,95	85,38	93,87	150,00	↓

**Experimento C:** La influencia de los tres afectados en forma creciente por sodio, sobre la planta de lino produjo la siguiente variación de resultados en planta y en suelo (Tabla 10).

Se debe advertir que el mayor valor que presenta la concentración de sodio del valor L respecto al sodio intercambiable es debido a compuestos poco solubles y que de alguna manera se solubilizan durante el ciclo biológico de la planta, debido a la mayor absorción que de este elemento hicieron las mismas, confirmando así que el valor L provee un resultado dinámico y biológico imposible de obtener por un extractante químico, que solo aporta datos estáticos.

A continuación se presenta la correlación existente entre las variables utilizadas.

**Traslocación del sodio en planta:** Como se observa en las autorradiografías, existe una mayor impresión en la



placa por parte del isótopo radioactivo ( $^{22}\text{Na}$ ) en los lugares donde hay mayor intensidad de color negro; esto se interpreta de la siguiente manera: suelos con concentraciones de sodio casi nulas, el vegetal absorbe con facilidad el sodio 22 por sus raíces, dado que no hay (o está en concentraciones mínimas) sodio 23 estable realizando una acción de dilución; en situaciones opuestas, de alta concentración de sodio en suelo, existe entre el isótopo radioactivo ( $^{22}\text{Na}$ ) y el estable una acción de dilución del primero por parte del segundo y una competencia por parte de la raíz en la absorción del mismo en forma inversamente proporcional, como se explicara inicialmente en "Sodio lábil, valor L".

Debe hacerse notar que los organismos vivientes pareciera que no discriminan entre isótopos distintos de un mismo elemento, lo que significa una mayor absorción de sodio radioactivo en suelos con bajas concentraciones de sodio total, y menor absorción del marcador en suelos con alto contenido, explicando el ingreso diferencial del sodio 22 en planta, y la intensidad distinta impresa en la placa para cada tratamiento; por ello se observa para la secuencia de suelos I, II y III, una máxima intensidad del color negro en el suelo I, (con mínima concentración de sodio total); mínima intensidad en el suelo III (con máxima concentración de sodio total en suelo) e intermedia en el suelo II (niveles de sodio total intermedios, cosa que coincide en forma absoluta con los análisis químicos para sodio total y valor L correspondientes a dichos suelos, (ver **Tablas 10 y 11**,  $^{22}\text{Na}$  en planta).

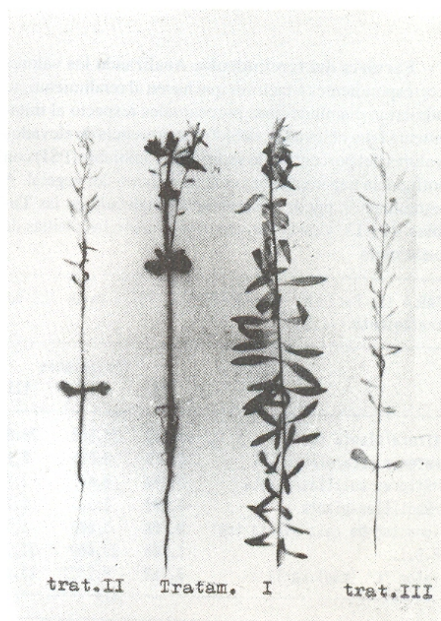
Se deben hacer notar la correlación elevada que se

TABLA 10. Sodio y potasio, en planta y en suelo. (Exp. C).

	EN PLANTA		
	suelo I	suelo II	suelo III
mat. seca (g/planta)	0,6750	0,0848	0,1890
Na total (mg.g MS-1)	2,6575	21,1500	14,5575
K total (mg.g MS-1)	17,2825	6,5050	10,6550
$^{22}\text{Na}$ (cpm.g MS-1)	4921	3665	1349
	EN SUELO		
	suelo I	suelo II	suelo III
valor "L" (cmol.kg-1)	0,7891	8,2575	15,0300
Na int. (cmol.kg-1)	0,1300	2,2800	3,8000
K int. (cmol.kg-1)	1,6400	1,7400	2,1200
PSI (%)	1,3	23,4	21,7

presenta entre la disminución del vigor en planta cuando hay aumento de los valores relativos, ej.: del porcentaje de sodio intercambiable, no siendo así cuando se lo quiere correlacionar con valores absolutos, ej.: sodio intercambiable o el valor L, como se puede observar en los suelos II y III con  $2,28 \text{ cmol kg}^{-1}$  y  $3,80 \text{ cmol kg}^{-1}$  de sodio intercambiable, y con 23,4% y 21,7% de PSI, respectivamente.

En la autorradiografía correspondiente a la **Figura 1**, y en las **Tablas 10 y 11** se puede analizar lo anteriormente explicado.



**Figura 1:** Autorradiografía de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) cv. Conesa; traslocación y absorción del sodio en los tratamientos I, II y III, correspondiente a los suelos I, II y III afectados en forma creciente por este elemento. A la planta del tratamiento I se la ha dividido en dos partes (centro). Obsérvese la diferencia de vigor entre tratamientos, relacionada en forma directa con el porcentaje de sodio intercambiable (PSI); el grado de adsorción del radioisótopo  $^{22}\text{Na}$ , según el contenido de sodio nativo del suelo respecto al grado de impresión de la placa radiográfica.

TABLA 11. Coeficientes de correlación entre las variables utilizadas (Exp. C).

	mat.seca	Na tot.	K tot.	22Na(planta)	valor "L"	Na int.	K int.	PSI
EN PLANTA								
mat.seca	1							
Na total	-0,9814	1						
K total	0,9747	-0,9995	1					
22Na	0,6528	-0,4953	0,4669	1				
EN SUELO								
valor "L"	-0,7890	0,6564	-0,6317	-0,9805	1			
Na int.	-0,8304	0,7079	-0,6848	-0,9642	0,9975	1		
K int.	-0,5279	0,3550	-0,3247	-0,9800	0,9383	0,9116	1	
PSI	-0,9953	0,9502	-0,9485	-0,7231	0,8448	0,8804	0,6077	1

**Factores del rendimiento:** Analizando los valores correspondientes a factores que hacen al rendimiento, se advierten disminuciones porcentuales respecto al tratamiento I muy elevadas, debido a la presencia de elevados valores del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) con influencia negativa sobre el metabolismo del vegetal. A continuación puede observarse lo analizado en las Tablas 12 y 13, y en la autorradiografía con las plantas de cada suelo.

TABLA 12. Factores de rendimiento, PSI y valor "L" por tratamiento. (Exp. C).

	Tratamiento		
	I	II	III
altura/planta (cm)	60,600	25,800	28,830
materia seca/planta (g)	0,675	0,085	0,189
nº flores-bolillas/planta	6,100	0,8425	2,900
nº bolillas/planta	4,000	0,185	1,210
longitud de raíz/planta (cm)	0,500	5,000	6,500
P.S.I.	1,300	23,400	21,700
valor "L" (cmol.kg <sup>-1</sup> )	0,789	8,2575	15,030

TABLA 13. Disminuciones porcentuales de los factores de rendimiento respecto al tratamiento I. (Exp. C).

	Tratamientos		
	I	II	III
altura/planta	0%	53,43%	52,43%
materia seca/planta	0%	87,40%	72,00%
nº flores-bolillas/planta	0%	86,19%	52,46%
nº bolillas/planta	0%	95,38%	69,75%
longitud raíz/planta	0%	41,18%	23,53%

**Anomalías en planta:** A lo largo del ciclo biológico se vuelve a confirmar la presencia de una serie de influencias negativas, con mayor intensidad en el suelo II (de menor sodio intercambiable que el suelo III, pero mayor PSI; 2,28 cmol Na\*kg<sup>-1</sup> de suelo y PSI = 23,4%, respecto a 3,80 cmol Na\*kg<sup>-1</sup> de suelo y PSI = 21,7%, respectivamente), que en el suelo III, con alteración total de la absorción mineral, fotosíntesis y respiración (Boyer, 1965 y Nieman, 1962), pudiéndose causar deficiencias como se comentó para el par potasio-sodio (Tabla 14). A diferencia del suelo tratamiento I, que es un suelo no sódico y no salino; todas estas sintomatologías adversas, con muerte parcial de plantas en el tratamiento II y disminución del vigor en el tratamiento III, confirman la presencia de concentraciones tóxicas de sodio, como se puede advertir en forma similar en los Experimentos A y B de este trabajo.

**Relación factores de rendimiento vs sodio en planta y vs potasio en planta:** Se relacionaron los factores de rendimiento vs sodio en planta y vs potasio en planta, observándose que aumentos en la concentración de sodio generan efectos depresores del vigor y cuando se considera al potasio ocurre lo inverso, revelado por la fuerte

TABLA 14. Coeficientes de correlación de los factores de rendimiento vs PSI, vs sodio en planta y vs potasio en planta (Exp. C).

	PSI	sodio en planta	potasio en planta
altura/planta	-0,99995	-0,96086	0,95142
materia seca/planta	-0,99533	-0,98133	0,97462
nº flores-bolillas/planta	-0,94616	-0,99922	0,99997
nº bolillas/planta	-0,98135	-0,99532	0,99168
longitud raíz/planta	-0,93155	-0,99665	0,99877



TABLA 15. Experimento C. Contrastes entre medias de los tratamientos I, II v III para el sodio total en planta y los factores de rendimiento. New Multiple Range Test ( $\alpha = 0,05$ )

sodio total en planta	altura de planta	materia seca/pl	nºbolillas /planta	nº flores bolillas/pl	Fructific.
T2: 21,15	T1: 60,60	T1: 0,68	T1: 4,00	T1: 6,10	T1: 65,57%
T3: 14,56	T3: 28,83	T3: 0,19	T3: 1,21	T3: 2,90	T2: 41,72%
T1: 2,66	T2: 25,80	T2: 0,09	T2: 0,19	T2: 0,84	T3: 21,96%

Las medias unidas por el mismo trazo no discrepan entre sí en forma significativa.

asociación negativa cuando se considera a los factores de rendimiento vs sodio en planta. Cuando se tiene en cuenta al potasio ocurre lo inverso, indicado en ambos casos por coeficientes de correlación muy elevados, como se observará en las **Tablas 10 y 14**. Esto hace sostener la hipótesis de que aumentos de sodio en planta implican disminuciones del potasio en la misma; esto se corrobora al presentarse la sintomatología típica de déficit de potasio en lino, al pasar las hojas más viejas de color amarillo a bronceado; la teoría más específica es que los excesos de sodio pueden inducir deficiencias de otros cationes, particularmente calcio y magnesio (Bower y Turk, 1946). La acción del sodio en la génesis de deficiencias de calcio y magnesio pareciera triplicarse.

**Relación suelo-planta:** Se realizó la prueba del Nuevo Recorrido Múltiple, desarrollada por Duncan, para evaluar contrastes entre medias de tratamientos. Debe observarse la presencia de valores que sobrepasan ampliamente el límite calculado (MRS), al comparar el suelo I (no salino no sódico) con el suelo II (sódico) y el suelo III (también sódico), por medio del lino oleaginoso como planta índice (**Tabla 15**).

Es posible observar a primera vista para los factores de rendimiento altura/planta y materia seca/planta, que los suelos II y III dan origen a la formación de una población diferente que la que corresponde al suelo I. En el caso de los demás factores de rendimiento, las diferencias si bien son significativas en el caso de los suelos II y III, debe tenerse en cuenta que no son tan marcadas como

cuando se los relaciona con el suelo I. Este análisis indica que los suelos II y III, la presencia de concentraciones de sodio de efectos más depresores en el suelo II, debido al mayor porcentaje de sodio intercambiable como puede observarse en las **Tablas 1 y 5**, lo que permite sostener la hipótesis de que ambos suelos se encuentran dentro de una misma amplitud de sodicidad y conductividad eléctrica que provoca una caída de rendimientos similar con alteraciones análogas en el metabolismo de la planta, lo que confirma lo enunciado por el Salts Tolerance of Plants y totalmente revalidado por medio de las autorradiografías, en lo que se refiere a acumulación y distribución del sodio en planta, y por lo observado en los experimentos A y B.

## CONCLUSIONES

**En los experimentos A y B:** Se han presentado las siguientes respuestas fisiológicas ligadas directamente a la salinidad y a la concentración de sodio presente:

### 1) Concentración vigorizante

Se distingue en los experimentos A y B una concentración mínima de carácter vigorizante, que se distingue en los tratamientos No. 2 de los mismos (exp. A: C.I. = 0,3 ds.m<sup>-1</sup> y pH = 9,8; exp. B: 0,6 dS.m<sup>-1</sup>, pH = 8,0 y PSI = 9,93).

### 2) Umbral tóxico

Aparece una concentración de sodio (exp. A: CE 0,3 dS.m<sup>-1</sup> y exp. B: 2,0 dS.m<sup>-1</sup>, PSI= 15,78, pH=8,5) a partir de la cual comienzan a aparecer anomalías por fitotoxicidad en forma cada vez más intensa, para concentraciones superiores a las del tratamiento 4, de ambos ensayos, si bien en el tratamiento 3 del ensayo B, se advierten los síntomas de toxicidad por sodio (viraje del color verde a azulado). La sintomatología de dispersión de la fase coloidal del suelo con influencia negativa para la fisiología de la planta ya se hacen visibles (tabla 7).

### 3) Máxima caída del vigor

Se distingue en el tratamiento 7 de ambos experimentos ausencia de vigor, alteración de la fotosíntesis (Nieman, 1962); casi ausencia de flores, formación de semillas vanas, ápices y hojas secándose, mortandad de plantas.

### 4) Reacción ácida del sustrato

Se ha observado en los ensayos A y B, en su tratamiento 1, de pH ácido (5,5 y 6,0 respectivamente), que existen efectos depresores sobre los factores de rendimiento, similares a las sintomatologías de fitotoxicidad que se presentan en los tratamientos alcalinos; estas influencias y la distribución poblacional hacia el sector alcalino corroboran el diagnóstico sobre la planta de lino al clasificarlo como un vegetal medianamente tolerante hacia los suelos con sodio.

5) De las relaciones suelo-planta y factores de rendimiento vs sodio en planta y vs potasio en planta, se deduce que aumentos del porcentaje de sodio intercambiable generan efectos depresivos sobre los factores nombrados; en suelo estos incrementos originaron dispersión de la fase coloidal del mismo con intensidad creciente, alterando las propiedades físico-químicas del mismo y afectando por completo el metabolismo de la planta.

Esta sintomatología indica la incidencia negativa del sodio sobre el cultivo de lino, que imposibilita al mismo

a partir de porcentajes de sodio intercambiables superiores a 15% (tratamiento 4, ensayo B).

### Experimento C:

6) De acuerdo a las respuestas fisiológicas observadas en los experimentos A (durante la germinación de la semilla) y B en un suelo de la Pampa Deprimida para ocho concentraciones crecientes de sodio como carbonato, durante el ciclo biológico del cv. Conesa hasta cosecha, es posible observar en forma muy parecida, la presencia de una concentración de sodio de efectos depresores en los suelos correspondientes a los tratamientos II y III lo que permite sostener la hipótesis de que ambos se encuentran dentro de la misma amplitud tóxica de sodicidad. El mayor porcentaje de sodio intercambiable del tratamiento II (23,4%) respecto al tratamiento III (21,7%) explica las diferencias observadas en los factores de rendimiento, confirmado por autorradiografía.

En las relaciones suelo-suelo, suelo-planta y planta-planta se puede advertir la elevada correlación que se presenta entre la disminución del vigor de los factores de rendimiento y del potasio en planta cuando existe un aumento del porcentaje de sodio intercambiable, no siendo así al relacionar a los mismos con el sodio intercambiable, cosa que puede observarse con mucha claridad en los tratamientos II y III con 2,28 y 3,80 cmol de sodio intercambiable por kilogramo de suelo, y con 23,4% y 21,7% de porcentaje de sodio intercambiable (PSI), respectivamente.

El valor L y las autorradiografías indicaron el aumento del sodio lábil y la influencia del mismo sobre la traslocación y acumulación del mismo principalmente en raíces y tallo inferior, corroborando lo enunciado por Bernstein y Pearson al asociar esta acumulación al grado de sensibilidad que se produce en un vegetal debido a la presencia de excesos de sodio en suelo.

## REFERENCIAS

- Ayers, A.D. 1950. Salt tolerance of avocado trees grown in cultive solutions. California Avocado Soc. Yearbook. 139-148.
- Ayers, A.D.; D.G. Aldrich; J.J. Coony. 1951. Sodium and chloride injuries of Fuerte Avocado leaves. California Avocado Soc. Yearbook. 174-178.
- Bernstein, L. and G.A. Pearson. 1956. Influence of exchangeable sodium on the yield and chemical composition of plants: I. Green beans, garden beats, clovers and alfalfa. Soil Sciences. 82: 247-258.
- Bernstein, L. and H.E. Hayward. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 25-46.
- Black, C.A. 1968. Soil Plants Relationships. Dept. of Agronomy. Iowa State Univ. Wiley & Sons. Inc. USA.
- Bouyoucos, G.L. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. 54: 464-465.
- Bower, C.A.; R.F. Reitemeier and M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci. 73: 251-261.
- Bower, C.A. y L.M. Turk. 1946. Calcium and magnesium deficiencies in alkali soils. Jour. Amer. Soc. Agr. 38: 723-727.
- Boyer, J.S. 1965. Effects of osmotic water stress on metabolic rates of cotton plants with open stomata. Plant Physiol. 40: 229-234.



- Campbell, R.B.; C.A. Bower y L.A. Richards. 1949. Change of electrical conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts. *Soil Science Amer. Proc.* (1948). 13: 66-69.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1985. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos alcalinos y sódicos, Manual No. 60. Ed. Limusa. 172 pp.
- Department of Agriculture. USA. 1964. Salt Tolerance of Plants. Bulletin No. 283.
- Drew, M.C. y Z. Dikumwin. 1985. Sodium exclusion from shoots by roots of *Zea mays* (cv. LG 11) and its breakdown with oxygen deficiency. *Soil and Fertilizer Journal of Experimental Botany*. 36 (162) 55-62.
- Epstein, E. 1971. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. Univ. California. Davis. USA. ;Wiley & Sons Inc.
- Foster, F.D.; G. Sposito. 1980. The Gapon coefficient and the exchangeable sodium percentage-sodium adsorption relation. *Soil Science of American Journal*. 44 (2) 258-260.
- Jackson, M.L. 1964. *Análisis químico de suelos*. Ed. Omega. Barcelona. 662 pp.
- Khalil, M.; I. Anter; H. Bakati y E. Kamel. 1978. A study of the effect of salinity types of salt tolerance of flax plants. *Agricultural Research Rev.* (56).
- L'Annunziata, M.F. 1979. *Radiotracers in Agricultural Chemistry*. International Atomic Agency. Vienna. Austria. Academic Press.
- Maas, E.V. y R.H. Nieman. 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. In G.A. Jung (Ed.). *Crop tolerance to suboptimal land conditions*, Chapter 1. ASA Spec. Publ. p. 277-279.
- Ministerio de Asuntos Agrarios (MAA). 1978. *Guía para el uso y manejo de los recursos suelo y vegetación del Depresión del Salado*. La Plata. Argentina. 59 pp.
- Mizuno, I.; N. Arrigó y H. Svartz. 1978. Método de determinación rápido de humedad equivalente. VIII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires.
- Nieman, R.H. 1962. Some effects of sodium chloride on growth, photosynthesis, and respiration of twelve crop plants. *Bot. Gaz.* 123: 279-285.
- Nieman, R.H. 1965. Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. *Plant Physiology*. 40: 156-161.
- Nieman, R.H. y M.C. Shanon. 1977. Screening for salinity tolerance. p. 359-367. in M.J. Wright (Ed.). *Plant adaptation to mineral stress*. Proceedings of a workshop. Beltsville, Maryland. November 22-23. 1976.
- Panitkin, V.A.; K.A. Dzikovick; N.I. Costantinova; N.I. Perepravi y N.P. Lazareva. 1980. Effects of rates and form of potassium and sodium fertilizers on yield and quality of fibre flax. *Agrokimiya* No. 11. 38-44.
- Pearson, G. 1960. Tolerance of crops to exchangeable sodium. *Soil and Water Conservation Res. Div., Agric. Research Service*. USA.
- Plishko, A.A.; N.V. Koslov; G.A. Mazur y G.I. Yarmoliuk. 1981. Effectiveness of the liming of acid soils in the Ukraine. *Agrokimiya*.
- Shannon, M.C. 1979. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. U.S. Salinity, SEA-AR. U.S. Department of Agriculture, Riverside, C.A. 92501. *Hortscience*, vol. 14 (5). Oct. 1979: 587-589.
- Wallace, T. 1969. *The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms*. London. Her Majesty's Stationary Office.
- Walkey y Black. 1934. En M.L. Jackson (1976). *Análisis químico de suelos*. Capítulo 9. 300-304.
- Weinberg, R. 1975. Effect of growth in highly salinized media on the enzymes of the photosynthetic apparatus in pea seedlings. *Plant Physiol.* 56: 8-12./