

# NOTA CIENTÍFICA

## EFEECTO DE MÉTODOS DE RIEGO LOCALIZADO EN LA SALINIDAD DEL PERFIL DE SUELO EN VID DE MESA. I. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SODIO, CLORO Y BORO EN DISTINTOS PUNTOS DEL PERFIL<sup>1</sup>

**Effect of micro-irrigation methods on the salinity of the soil profile in a grape vineyard. I. Electrical conductivity of sodium, chloride and boron at several points of the profile**

Alfonso Osorio U.<sup>2</sup> y Ricardo Céspedes R.<sup>2</sup>

### ABSTRACT

In a table grape vineyard, cultivar Thompson Seedless, located in the saline alluvial soils (Aridisoles Paleorthids) of the valley of Copiapó, Northern Chile, soil salinity and the content of sodium, chloride and boron were measured, using the saturation extract. The samples were obtained at different depths, using different spatial sections in relation to the drip line and plantation row, considering three irrigation treatments: a single lateral drip line, with emitters of 4 L h<sup>-1</sup> spaced at 1 meter (control); a double lateral drip line, with emitters of 2 L h<sup>-1</sup>, spaced at 1 meter; and a single lateral sprinkler line using microjets of 14 L h<sup>-1</sup> per plant. The results indicate that soil salinity decreases close to the emitter or microjet and increases farther away from it. The maximum salinity is encountered at the mid-point between two drip lines (condition between lines) and in first 40 cm of the soil profile. In general the large majority of salinity values found in the soil are superior to 5 dS m<sup>-1</sup>, for the three treatments, surpassing the tolerance threshold for the cultivation of table grapes. The content of sodium, chloride and boron in the soil also are high in relation to the tolerance range for table grapes. Under the tested conditions, the single line and microjet sprinkler treatments present a better control of the salinity in the root zone.

**Key words:** irrigation, soil salinity, grapes.

### INTRODUCCIÓN

En el valle de Copiapó, norte de Chile, existen aproximadamente 5.600 hectáreas dedicadas al cultivo de uva de mesa de exportación, principalmente de las variedades Thompson Seedless,

Red Globe, Ribier, Flame Seedless, regadas casi exclusivamente por sistemas de riego por goteo.

El uso de este método de riego, asociado a la alta carga de sales solubles que contienen las aguas de riego y el suelo, van originando gradualmente una acumulación de sales en la entrehilera de plantación, producto del movimiento característico del frente húmedo del bulbo de mojado.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 22 de diciembre de 1998 (reenviado).

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, Casilla 36-B, La Serena, Chile. E-mail: aosorio@intihuasi.inia.cl

Según Vermeiren y Jobling (1986), en el riego localizado el agua se difunde tanto en profundidad como lateralmente, transportando las sales al límite de las zonas humedecidas. De ello se puede esperar acumulaciones de sales en la superficie del suelo, a poca profundidad y en la periferia del bulbo húmedo; pero al interior de éste, justo debajo del emisor o gotero, la humedad del suelo es siempre elevada y la concentración de sales es reducida.

En experiencias realizadas por Yaron *et al.*, en 1972, citados por Vermeiren y Jobling (1986), se ratificaron dos supuestos: 1.- que cuando la carga de agua aplicada es alta, se produce un lavado bajo los puntos de aporte, mientras que las sales se acumulan en los límites de los bulbos; y 2.- que las sales se acumulan en la superficie entre dos puntos de aporte y pueden llegar a una concentración varias veces más elevada que la inicial en el suelo, según la salinidad del agua. Esta situación se puede explicar por el hecho de que el frente húmedo se desplaza en la interfase suelo-aire, y que esta zona, dependiendo de la evaporación que se produzca, tiene una elevada pérdida de agua. Por otro lado, existe una zona de lavado bajo el punto de aporte de agua y una pequeña acumulación de sales en el área de traslape de los bulbos, la cual puede presentar niveles peligrosos para la germinación de semillas e incluso para el desarrollo de plantas adultas, sobre todo si el lavado no es suficiente.

En los suelos del valle de Copiapó predominan las texturas gruesas, las cuales debido a su alta permeabilidad, originan un bulbo húmedo en profundidad, que se desplaza muy poco horizontalmente, lo que limita el crecimiento lateral de las raíces. La excepción se presenta en el caso de suelos que poseen una estrata de textura más fina a la profundidad donde se encuentra el sistema radicular de las plantas, ya que en este caso esta capa permanece saturada, permitiendo el desarrollo lateral de las raíces (Pizarro, 1987).

Dadas las características del valle, la concentración de sales en los suelos va aumentando de cordillera a mar, produciéndose los mayores problemas en la zona baja, aguas abajo de la ciudad de Copiapó, donde es fácil apreciar la acumulación de sales en la superficie del suelo.

Según lo señala Maas (1992), la vid es una especie sensible a la salinidad, por lo que debe cultivarse manteniendo los niveles salinos bajos. Sin embargo, debido aparentemente a las condiciones locales de clima de la zona baja del valle, que presenta alta humedad relativa y baja radiación solar, esta especie logra un buen desarrollo y producción, pero con una maduración tardía en relación a fechas consideradas óptimas respecto a zonas más altas del valle.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de la salinidad en el suelo, a través de la utilización de tres metodologías de aplicación de agua: riego por goteo con lateral simple, riego por goteo con lateral doble y riego con microjet, planteándose como hipótesis la posibilidad de manejar la salinidad del suelo, en la zona de crecimiento de raíces de la planta, en niveles adecuados para su crecimiento y desarrollo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció durante 1993 en un cuartel de uva de mesa de la variedad Thompson Seedless, en un predio de la empresa UNIAGRI, localizado en el sector de Bodega, a 9 km al oeste de la ciudad de Copiapó (Latitud 27° 22' Sur y Longitud 70° 24' Oeste). El sector se caracteriza por su alta salinidad, tanto del agua de riego como de los suelos.

El cultivo de la vid en el predio seleccionado se maneja bajo el sistema de conducción denominado parrón español, con distancias de plantación de 3,5 x 3,5 m (816 plantas ha<sup>-1</sup>), establecidas en 1986. El sistema de riego implementado corresponde al de goteo, con una línea lateral por hilera de plantas, con goteros espaciados a

1 m y con caudal de 4 L h<sup>-1</sup>, lo cual determina un número de 3,5 goteros por planta. Utilizando el mismo sistema de riego se aplican los fertilizantes disueltos en el agua de riego. El manejo de las plantas en cuanto a poda, amarra de cargadores, aplicación de cianamida hidrogenada, aplicación de pesticidas, desbrotes, aplicación de ácido giberélico, raleo de bayas y cosecha, se efectúa de acuerdo a las características de la variedad.

### Tratamientos

Los tratamientos ensayados fueron los siguientes:

**T1: Tratamiento testigo.** Lateral simple con goteros de 4 L h<sup>-1</sup>, autocompensados, espaciados a 1 m sobre la lateral.

**T2: Lateral doble,** con goteros de 2 L h<sup>-1</sup>, autocompensados, espaciados a 1 m sobre la lateral y separación de 0,3 m entre laterales de la misma hilera de plantas.

**T3: Lateral simple,** con microjet de 14 L h<sup>-1</sup> por planta, con ángulo de mojamiento igual a 300°, 10 orificios de salida radiales y diámetro de mojamiento de 70 a 80 cm.

El diseño experimental utilizado fue de cuadrado latino 3 x 3, disponiendo cada repetición de 24 plantas, distribuidas en 4 hileras.

### Suelos

El suelo donde se realizó la investigación pertenece a la serie Toledo (Aridisols Paleorthids), de textura franca arenosa fina, según clasificación efectuada por Valdés, 1987. Su origen es sedimentario, coluvial, profundo, estratificado. En el Cuadro 1 se entregan algunas características físico-químicas, pudiéndose apreciar que es un suelo con alta salinidad, con un pH cercano a neutro y condiciones medias de retención de humedad. Respecto a materia orgánica, las muestras fueron obtenidas de la hilera de plantas, lugar donde se reciben e incorporan anualmente

los residuos de la poda, que posteriormente sufren el proceso de descomposición, motivo por el cual dicho índice aparece elevado, sin embargo, normalmente es menor a 1%.

### Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo

Table 1. Chemical and physical characteristics of the soil

Características	Valores
Textura	Franco arenosa fina
Capacidad de campo, %	18,08
Marchitez permanente, %	11,72
Humedad aprovechable, %	6,36
Densidad aparente, g cm <sup>-3</sup>	1,23
Porosidad total, %	53,58
pH	7,90
Materia orgánica, %	3,80
Conductividad eléctrica, mS m <sup>-1</sup>	6,20
Capacidad de intercambio catiónico, meq 100g <sup>-1</sup>	15,99
Carbonato de calcio	presente

### Agua de riego

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los análisis químicos del agua de riego, de muestras obtenidas al inicio y fines del ensayo.

De acuerdo a los antecedentes del cuadro, y según Ayers y Westcot (1985), en función de los valores de conductividad eléctrica, de boro y de cloruro que se presentan, el agua utilizada puede ser clasificada de restricción moderada. En relación al peligro de aumento del sodio y disminución de la permeabilidad del suelo, no presentaría problemas, dado que su salinidad es lo suficientemente elevada para contrarrestar tal efecto. El boro aumentó su concentración hacia fines del ensayo, obteniéndose valores excesivos, producto, probablemente, del descenso del nivel estático de los pozos en todo el valle, como consecuencia de la sequía que se presentó durante el desarrollo del ensayo.

### Cuadro 2. Caracterización química del agua de riego

Table 2. Chemical analysis of the irrigation water

Parámetros	1993	1996
pH	7,6	7,8
Conductividad eléctrica (C.E.), microS m <sup>-1</sup>	1.916	2.090
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	18,8	12,97
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	3,24	3,61
Bicarbonatos (HCO <sup>-3</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	3,3	5,4
Calcio (Ca <sup>+2</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	15,5	12,97
Magnesio (Mg <sup>+2</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	5,8	6,15
Sodio (Na <sup>+</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	6,7	4,42
Potasio (K <sup>+</sup> ), meq L <sup>-1</sup>	0,2	1,12
Boro (B <sup>+3</sup> ), mg L <sup>-1</sup>	1,48	3,4
Relación de Adsorción de Sodio (RAS ajus.)	2,7	1,4

### Manejo del agua en el ensayo

El manejo del agua se efectuó a través del control de los tiempos de riego en cada tratamiento, tratando de aplicar volúmenes iguales en cada uno de ellos. Para el cálculo del tiempo de riego se utilizó la siguiente relación:

$$TR (h) = \frac{Eb \times Kp \times Kc \times Pc \times Au}{ne \times qe \times Ea}$$

donde:

- TR = Tiempo de riego (en horas).
- Eb = Evaporación de bandeja Clase A (mm).
- Kp = Coeficiente de la bandeja.
- Kc = Coeficiente del cultivo.
- Pc = Porcentaje de cubrimiento (%).
- Au = Area unitaria asignada a cada planta (m<sup>2</sup>).
- ne = Número de emisores por planta.
- qe = Caudal del emisor (L h<sup>-1</sup>).
- Ea = Eficiencia de aplicación (%).

Considerando la metodología anterior, durante las tres temporadas de duración del ensayo se

aplicaron los volúmenes de agua que se indican en el Cuadro 3. La eficiencia de aplicación del microjet se consideró de 90%, al igual que el resto de los tratamientos, con el objeto de no variar el volumen de aplicación de agua entre tratamientos y conservar sólo la variable métodos de riego.

En términos generales los volúmenes aplicados no superan los 8.500 m<sup>3</sup> por hectárea, lo cual considera un porcentaje de lavado equivalente al 22%.

### Cuadro 3. Volúmenes de agua aplicada mensualmente en cada temporada (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)

Table 3. Water applied monthly in each growing season (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)

Mes	Temporadas		
	1993/94	1994/95	1995/96
Mayo	-	154,22	451,20
Junio	-	656,88	375,10
Julio	-	371,28	169,50
Agosto	57,12	380,53	87,60
Septiembre	565,50	851,04	439,80
Octubre	1.542,24	1.268,40	953,90
Noviembre	1.736,44	1.252,75	1.089,10
Diciembre	1.474,26	896,78	935,80
Enero	811,10	1.011,25	501,70
Febrero	846,51	944,76	573,10
Marzo	679,72	515,70	634,00
Abril	365,49	187,35	137,10
<b>Total</b>	<b>8.078,49</b>	<b>8.490,94</b>	<b>6.347,90</b>

### Evaluaciones y muestreo del suelo

Durante la temporada 1993/94, antes de la implementación de los ensayos de riego, se tomaron muestras de suelo a profundidades de 0-20, 20-40 y 40-80 cm, en cuatro cortes, dispuestos en relación a la posición de la planta (Figura 1). En cada corte los muestreos se efectuaron cada 35 centímetros longitudinalmente. En la última temporada (1995/96) se procedió de igual forma,

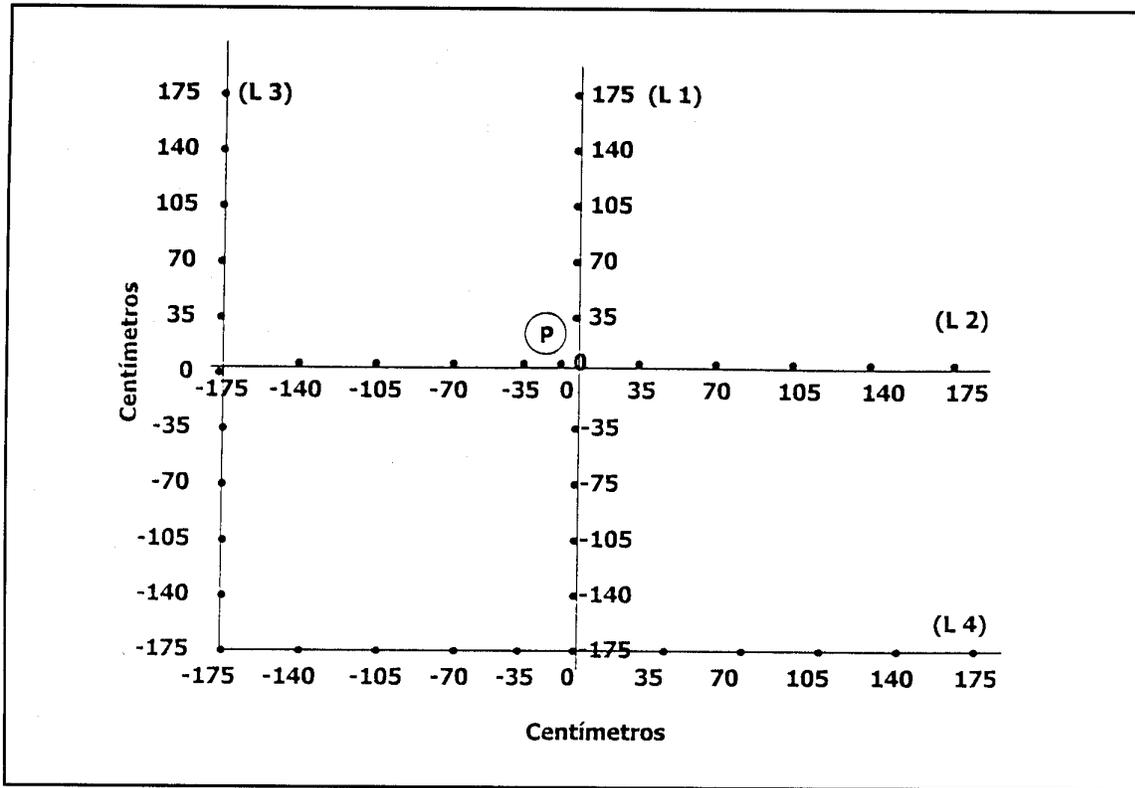


Figura 1. Esquema de ubicación de las líneas de muestreo (L1, L2, L3 y L4) y puntos del muestreo (·), respecto a la posición de la planta (P).

Figure 1. Scheme for the location of the sampling lines (L1, L2, L3 and L4) and points (·) with respect to the plant's position (P).

pero muestreándose a profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 y 60-80 cm. En todas las temporadas se determinó la conductividad eléctrica (CE) y en la última temporada se determinaron además sodio, cloruros y boro.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Conductividad eléctrica bajo y entre línea

En la Figura 2 se presentan los perfiles de salinidad, medida a través de la CE, obtenidos en las temporadas 1993/94 y 1995/96 en los tres tratamientos, a distintas profundidades, para las condiciones bajo y entre línea.

En superficie, los contenidos de sales en el suelo presentan diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ), al comparar los promedios de

CE de cada estrata, obtenidos en las posiciones bajo y entrelíneas, en ambas temporadas. Este resultado se debe a que bajo el gotero existe aplicación de agua diariamente durante toda la temporada, mientras que en las entrelíneas no existe dicha aplicación, ni aportes importantes por precipitaciones. Por otra parte, las características del flujo del agua en el suelo, con el riego por goteo, favorecen el movimiento de sales hacia la periferia del bulbo, haciendo que se concentren en la entrelínea, sumándose a ello el posible aporte capilar.

En profundidad existen estratas donde no se observan diferencias estadísticas, como es el caso de los tratamientos de línea simple (estratas 40-60 y 60-80 cm de la temporada 1995/96) y línea doble (estrata 40-60 cm en la temporada 1995/96), lo que indicaría que los bulbos de

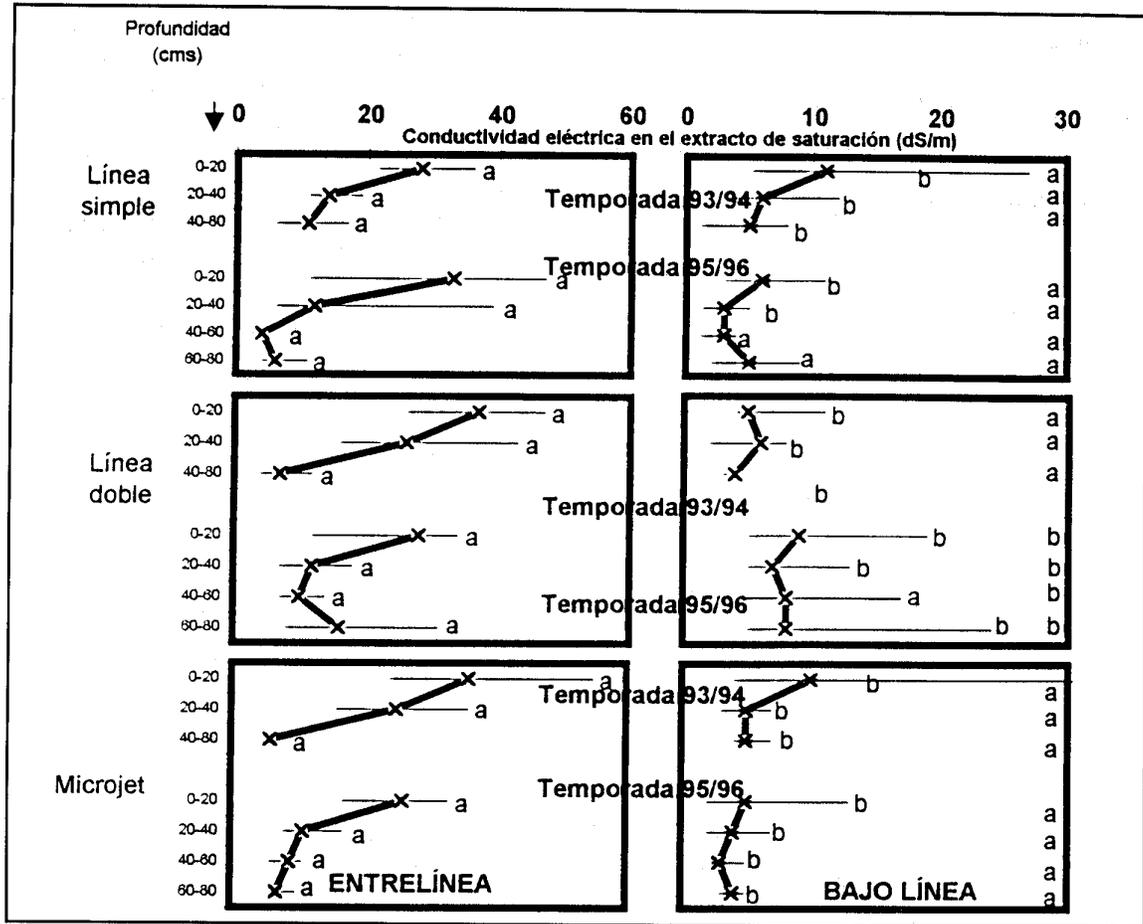


Figura 2. Valores máximos, mínimos y promedios de salinidad de suelo a distintas profundidades, en la entrelínea y bajo la línea de emisores, antes (temporada 1993/94) y después (temporada 1995/96).

Figure 2. Maximum, minimum and average values of soil salinity at different depths between and under emitters, before (season 1993/94) and after (season 1995/96).

mojamiento presentan un mayor diámetro en profundidad llegándose a producir un traslape entre ellos.

Los niveles de salinidad promedio encontrados la primera temporada (1993/94) bajo la línea, no presentaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0,05$ ), lo que estaría indicando una condición de homogeneidad del suelo al inicio del ensayo, respecto a este parámetro. Los valores de salinidad promedio del suelo encontrados en la segunda temporada (1995/96) bajo la línea de emisores, presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ). Los mayores valores prome-

dios se encontraron en todas las estratas del tratamiento con línea doble.

Lo anterior se atribuye a que en dicho tratamiento el volumen de agua aplicado fue dividido en dos líneas de aplicación, utilizándose goteros de  $2 \text{ L h}^{-1}$ , lo que aparentemente no produjo un flujo de agua suficiente para lavar la zona radicular, produciéndose niveles de salinidad superiores a los encontrados en los otros dos tratamientos, a igual profundidad. Tales resultados no descartan la utilización de este método como alternativa de riego y manejo de las sales, siempre y cuando se utilicen mayo-

res volúmenes de agua por volumen de suelo a mojar.

Los promedios de salinidad de los tratamientos de línea simple y microjet, no presentan diferencias estadísticas y son menores a los encontrados en el tratamiento de línea doble.

Para definir más detalladamente las diferencias de salinidad entre las posiciones bajo y entre líneas de los distintos tratamientos, en ambas temporadas, se graficaron los valores promedios, originando las Figuras 3 y 4. En ellas se puede apreciar que las mayores diferencias de salinidad se dan principalmente en superficie, haciéndose menos pronunciadas en profundidad.

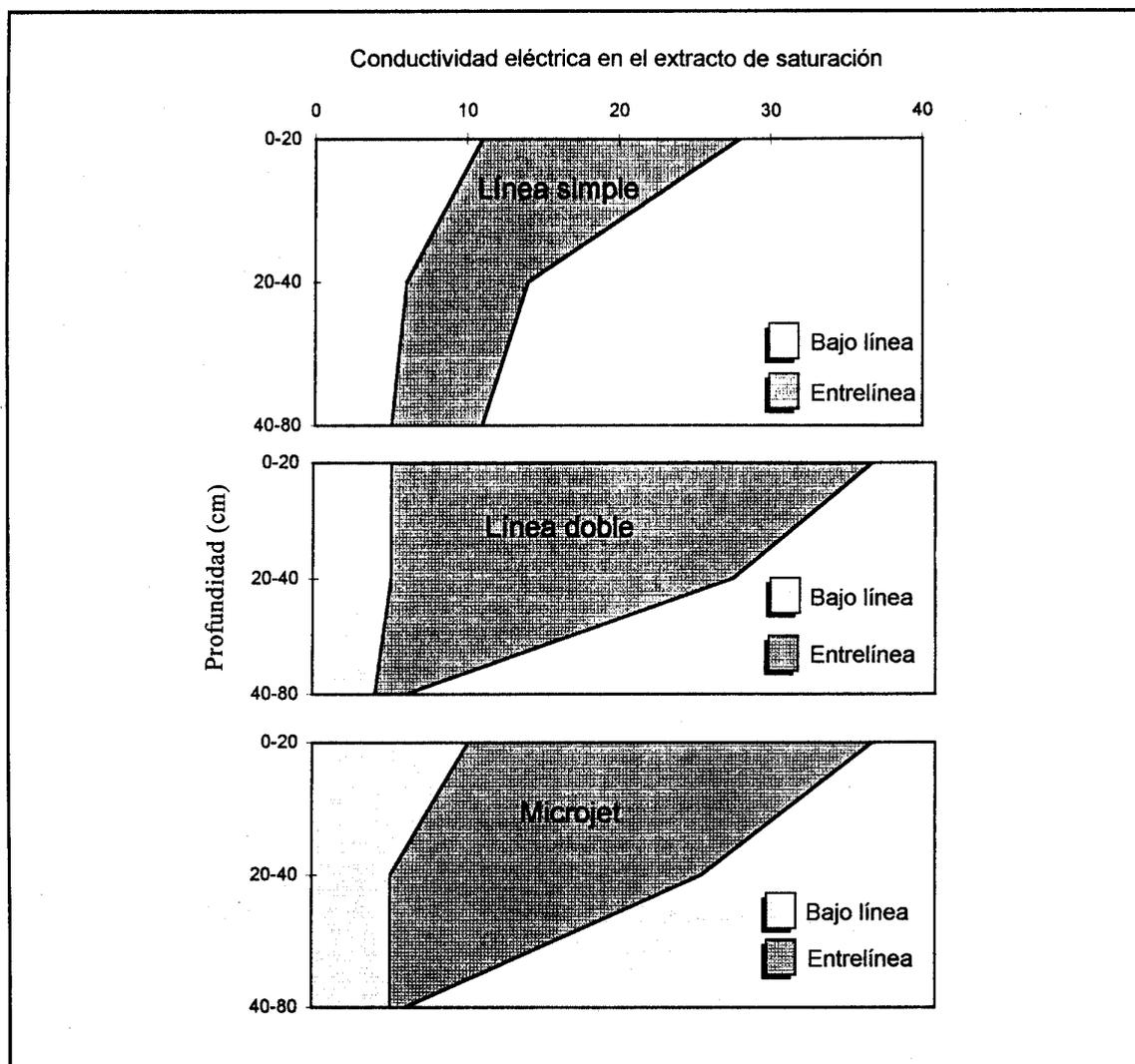


Figura 3. Salinidad en el suelo de la entrelínea de mojamiento y bajo la línea, en los tres tratamientos, en distintas estratas, al inicio de los tratamientos (temporada 1993/94).

Figure 3. Soil salinity between and under rows, for the three treatments at different depths, at the beginning of treatment (season 1993/94).

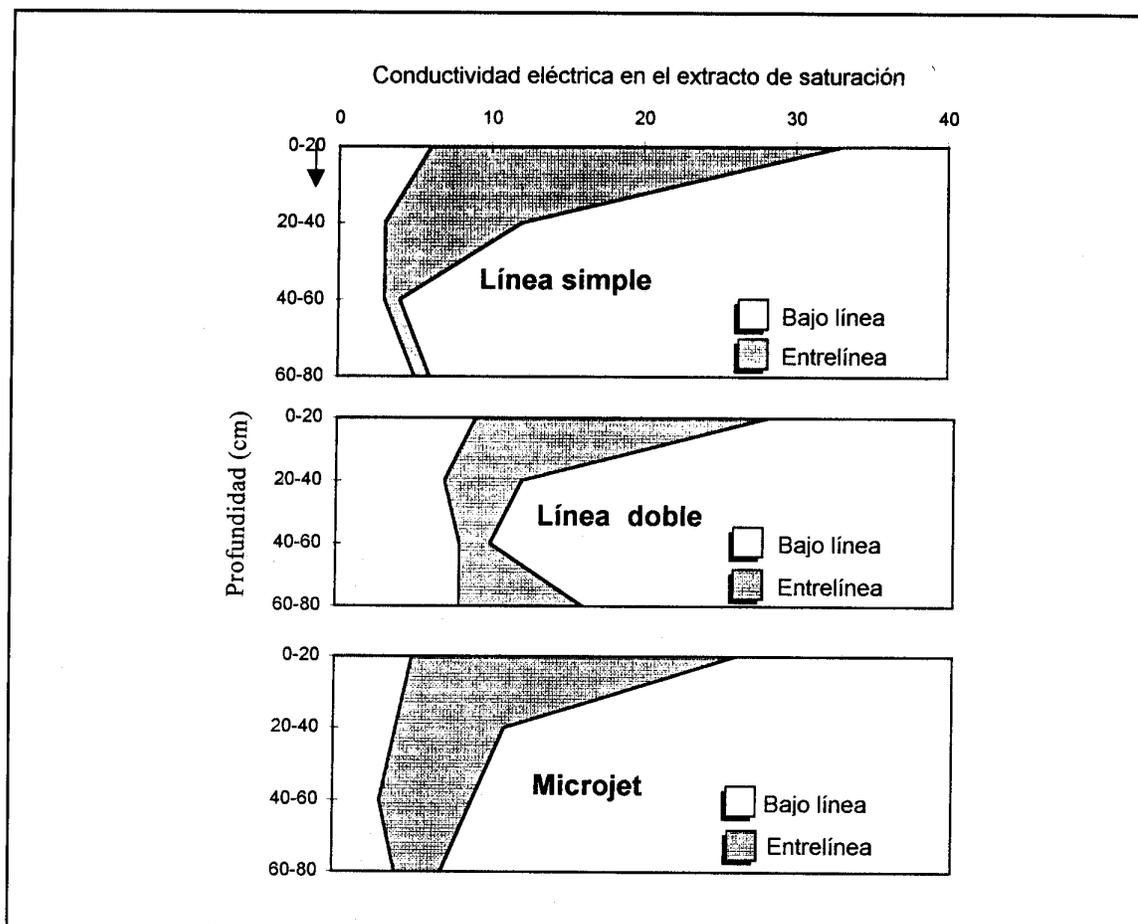


Figura 4. Salinidad en el suelo de la entrelínea de mojamiento y bajo la línea, en los tres tratamientos, en distintas estratas, durante la temporada 1995/96.

Figure 4. Soil salinity between and under rows, for the three treatments at different depths, during the 1995/96 season.

### Salinidad en el perfil transversal

En las Figuras 5 y 6 se han graficado los valores promedios de salinidad, para las temporadas 1993/94 y 1995/96 respectivamente, obtenidos de los perfiles transversales a la línea de emisores, tomándose como punto 0 cm la posición bajo la línea, y como punto 175 cm la posición entre línea, la cual equidista de líneas vecinas de emisores.

En la temporada 1993/94 (Figura 5), en los 3 tratamientos no se aprecia en el suelo la distribución típica de sales, propia de un sistema de

riego por goteo, como lo señala Dasberg y Bresler (1985), lo cual puede explicarse porque no se aplicó agua en invierno, lo que tiene como consecuencia una redistribución de sales en el perfil del suelo tendiéndose a la homogeneización, lo cual presenta un problema potencial para la viticultura de la zona.

En la temporada 1995/96 (Figura 6), los perfiles de los tratamientos de línea simple y microjet son muy semejantes y evidencian una zona de menor salinidad cercana a la línea de emisores (posición 0 cm), lo cual indica una mejor eficiencia de lavado respecto al tratamiento de

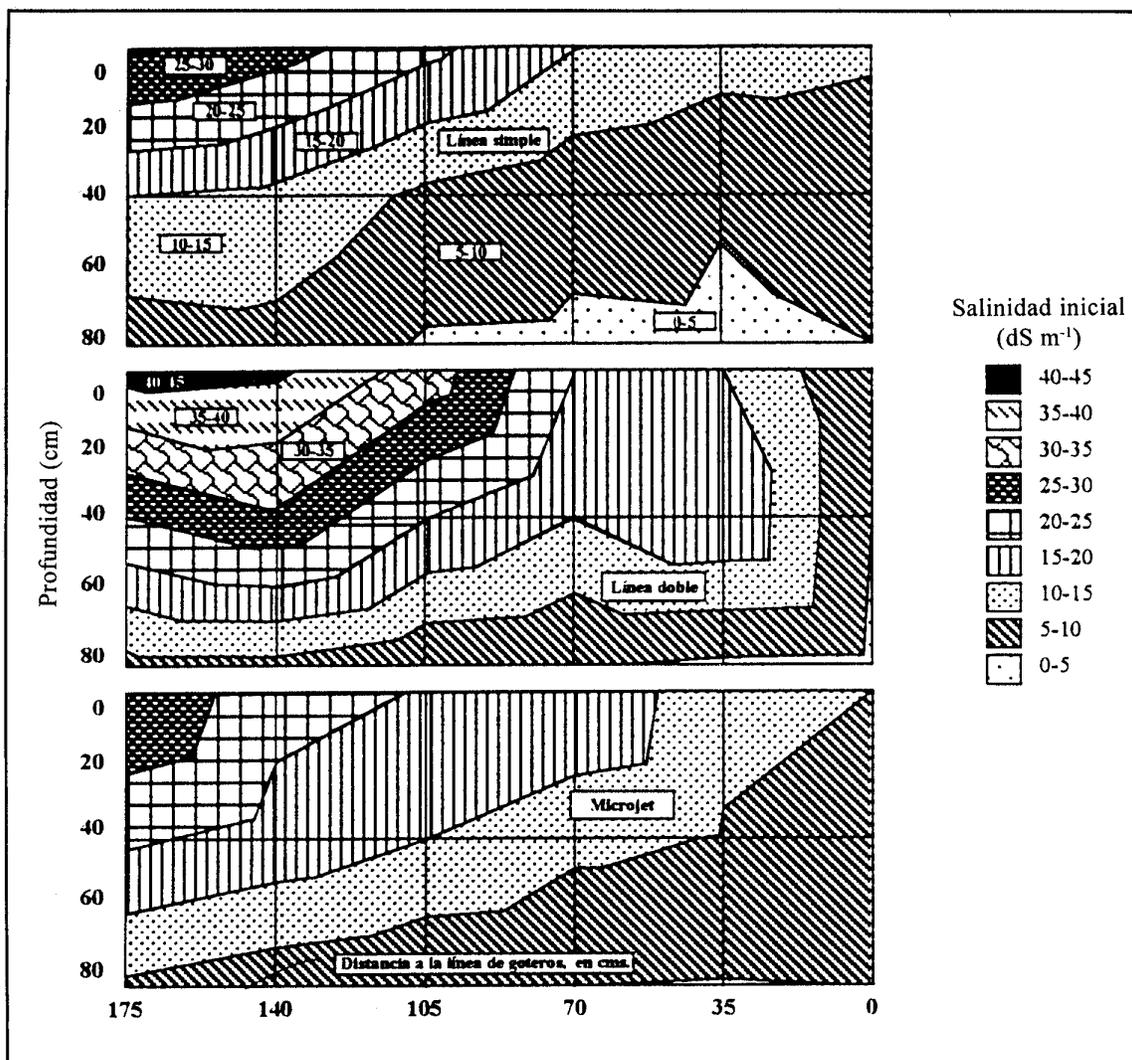


Figura 5. Salinidad inicial en los cortes transversales a las líneas de goteo, desde la línea de goteros (Punto 0) hasta la posición de entrelínea de goteo (Punto 175), en los tres tratamientos. Temporada 1993/94. Conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ).

Figure 5. Initial salinity in the transverse sections to the emitter lines, from under the emitter line to the position between emitter lines for the three treatments. Season 1993/94. Electrical conductivity ( $\text{dS m}^{-1}$ ).

doble línea. En este último caso la salinidad observada bajo las líneas se sitúa en el rango de  $5\text{-}10 \text{ dS m}^{-1}$ , debido a la utilización de menores caudales por punto de emisión, como se señaló anteriormente.

Es interesante destacar que en la temporada 1995/96, el tratamiento de línea simple muestra

un patrón de distribución de sales semejante al descrito por Sinai *et al.*, 1988, donde inmediatamente bajo el gotero se encuentra una zona de salinidad más elevada, si se compara con la salinidad obtenida algunos centímetros bajo el gotero o punto de emisión. Niveles de salinidad mayores también fueron encontrados en el punto medio entre dos líneas de goteros, lo que aquí se

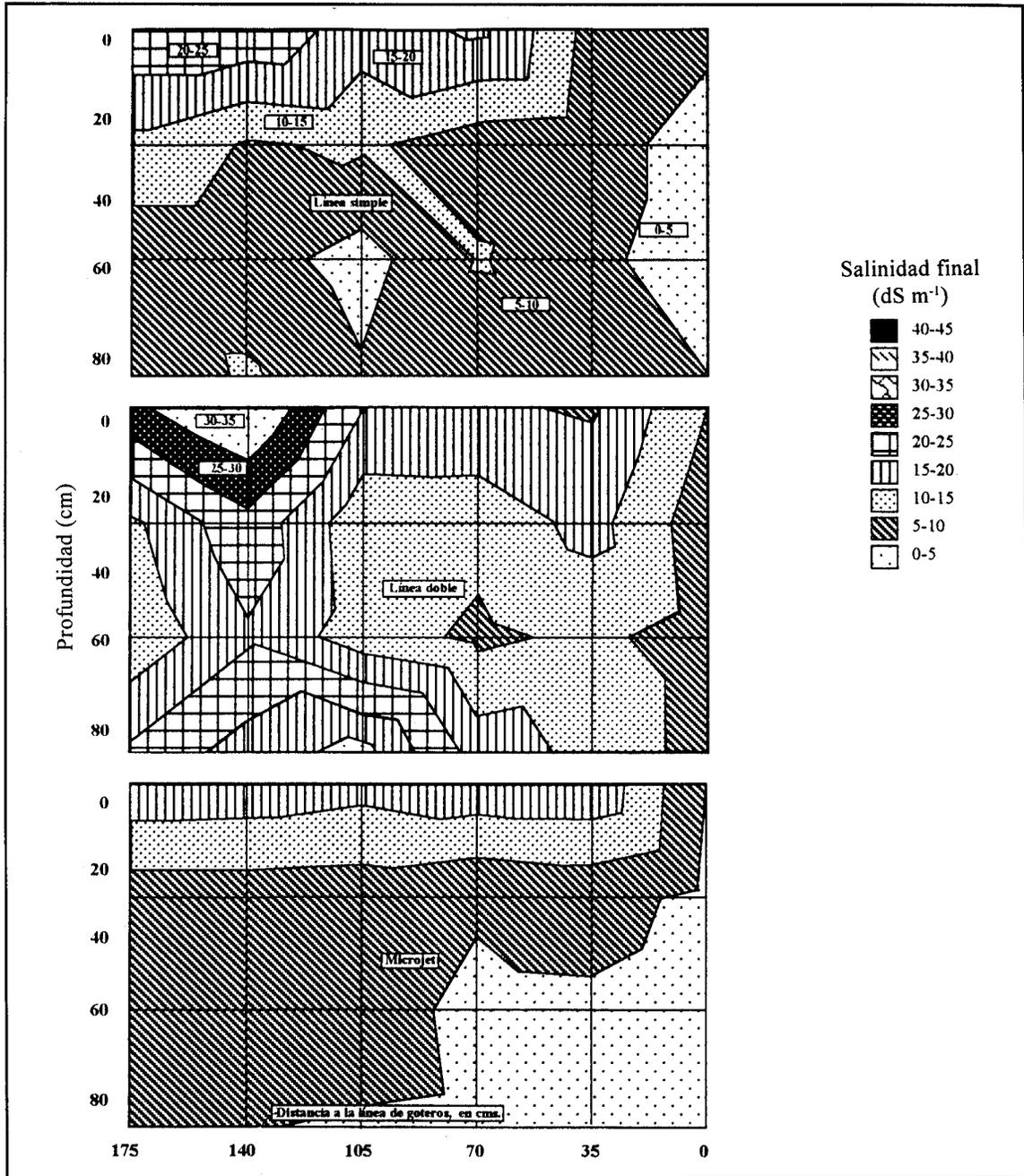


Figura 6. Salinidad final en los cortes transversales a las líneas de goteo, desde la línea de goteros (Punto 0) hasta la posición de entrelínea de goteo (Punto 175), en los tres tratamientos. Temporada 1995/96. Conductividad eléctrica (dS m<sup>-1</sup>).

Figure 6. Final salinity in the transverse sections to the emitter lines, from under the emitter line to the position between emitter lines for the three treatments. Season 1995/96. Electrical conductivity g(dS m<sup>-1</sup>).

ha denominado posición entre línea. De lo anterior se desprende, que para las condiciones del ensayo, la utilización de emisores tipo microjet sería lo más aconsejable, por cuanto presenta un mayor volumen de suelo con rango de salinidad  $0-5 \text{ dS m}^{-1}$ , que el que presentan los otros 2 tratamientos. Para mejorar la eficiencia de estos tratamientos se hace necesario aumentar los volúmenes de agua aplicada, a través del aumento en los tiempos de riego.

### **Sodio en el perfil transversal del suelo**

En la Figura 7 se han graficado los valores promedio de las concentraciones de sodio en  $\text{meq L}^{-1}$ , obtenidos en los perfiles transversales a la línea de emisores, de igual forma que la conductividad eléctrica. Se puede apreciar que las isolíneas de las concentraciones de sodio presentan un patrón gráfico similar al obtenido con las isolíneas de conductividad eléctrica. Esto indica que la salinidad del suelo está altamente correlacionada con el contenido total de sodio soluble.

Al comparar las concentraciones de sodio en las distintas estratas, entre tratamientos, se encuentra que sólo la estrata de 40-60 cm presenta diferencias estadísticas muy significativas; obteniéndose el mayor valor en el tratamiento de línea doble (Cuadro 4). Los valores de concentración encontrados reflejan una situación de peligro, en términos de pérdida de estructura de suelo, disminución de la permeabilidad y posible aumento de niveles tóxicos para la planta (Ayers and Westcot, 1985).

### **Cloruro en el perfil transversal del suelo**

En la Figura 8 se presentan los valores promedios de concentración de cloruros en  $\text{meq L}^{-1}$ , obtenidos de igual forma que la conductividad eléctrica.

Dado que este elemento es muy soluble y prácticamente no presenta reacciones de precipitación y/o solubilización, su patrón de distribución en el suelo está altamente correlacionado con el

movimiento del agua de riego en el suelo. De esta forma, se puede apreciar que existe un movimiento de agua mayor en los tratamientos de línea simple y microjet, e inferior en el tratamiento de línea doble.

Al analizar las concentraciones de cloruro en la posición bajo la línea de los emisores (Cuadro 4), se obtiene que el tratamiento de línea doble presenta promedios mayores, estadísticamente diferentes que los otros 2 tratamientos, en las estratas 20-40 y 40-60 cm. Al comparar las áreas transversales que representan los rangos de concentración, tanto de sodio como de cloruros, se observa que existiría un exceso de sodio en el suelo, en relación al cloruro, lo que evitaría la formación de pares iónicos en forma de cloruro de sodio, sal fácilmente lavable. Por el contrario, se favorecería la formación de sulfato de sodio, o bien aumentaría el sodio intercambiable, lo que se traduce en pérdida de estructura del suelo y la disminución de la permeabilidad de éste.

### **Boro en el perfil transversal del suelo**

Al analizar los resultados presentados en el Cuadro 4 y Figura 9, se observa, al igual que en sodio y cloruro, una acumulación de este elemento en la posición de entre línea, lo cual se acentúa en los primeros 40 cm de profundidad. Los valores registrados exceden los umbrales de tolerancia para la mayoría de los cultivos, incluyendo la vid (Keren and Bingham 1984).

En la posición bajo línea se observan valores significativamente menores a los anteriores, pero manteniéndose niveles más altos en la estrata superficial. En profundidad los valores disminuyen prácticamente a la mitad. Al comparar los contenidos de boro de los diferentes tratamientos, bajo la línea de emisores, se puede apreciar que para las tres estratas más profundas, el tratamiento de línea doble presenta valores estadísticamente superiores a los otros dos. Según Keren and Bingham (1984), para la posición bajo línea, los valores encontrados también

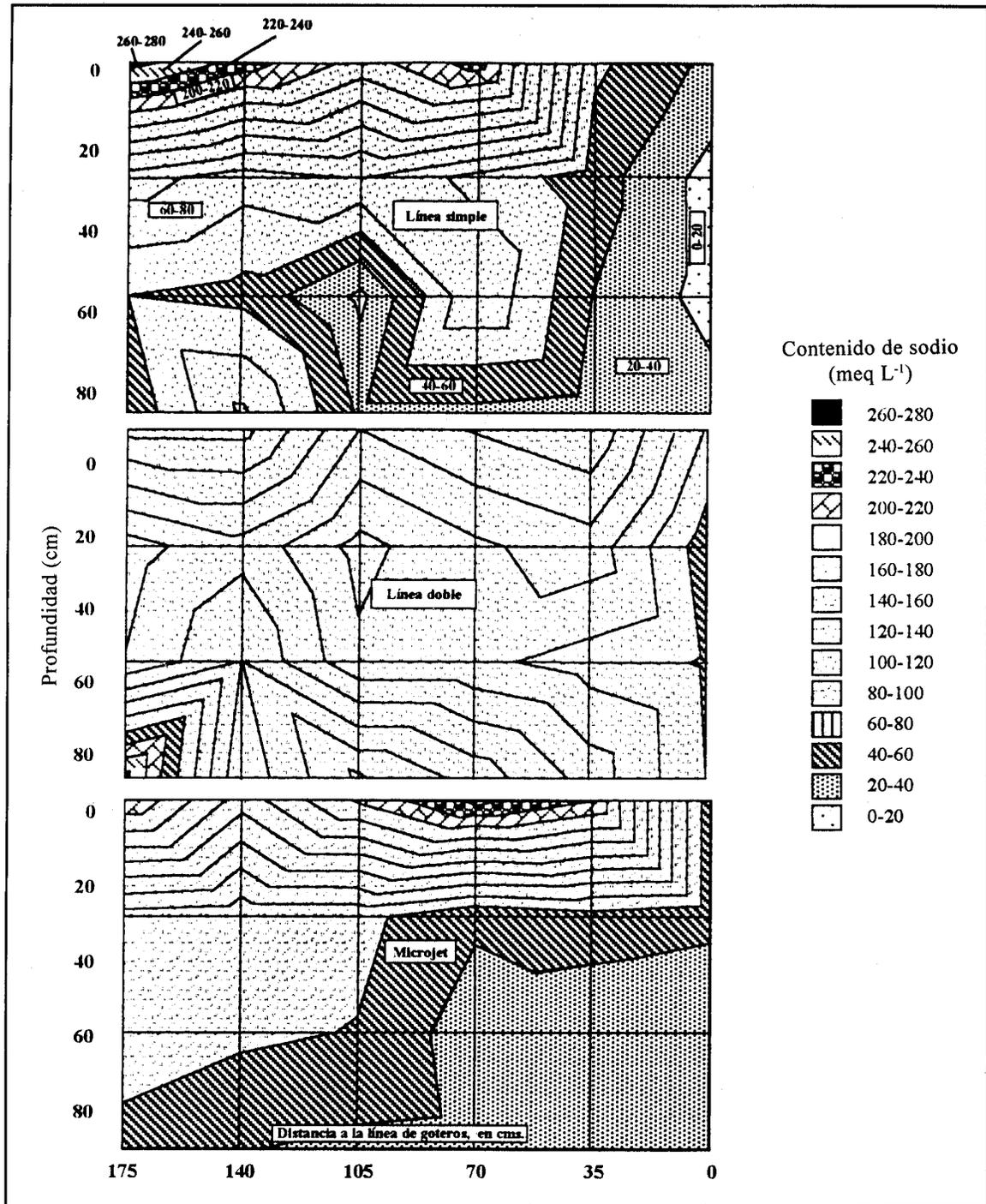


Figura 7. Concentración de sodio en los cortes transversales a las líneas de goteo, desde la línea de goteros (Punto 0) hasta la posición de entrelínea de goteo (Punto 175), en los tres tratamientos. Temporada 1995/96. Contenido de sodio (meq L<sup>-1</sup>).

Figure 7. Sodium concentration in the transverse sections to the drip lines, from the emitter lines to the position between the rows (Point 175) for the three treatments. 1995/96 growing season. Sodium content (meq L<sup>-1</sup>).

**Cuadro 4. Concentraciones de sodio, cloruro y boro, en las posiciones entre línea y bajo línea, para los distintos tratamientos. Temporada 1995/96**

**Table 4. Sodium, chloride and boron concentrations, between and under the rows, for the distinct treatments. 1995/96 growing season**

Estratas (cm)	Entre línea			Bajo línea		
	Línea simple	Línea doble	Microjet	Línea simple	Línea doble	Microjet
<b>Concentración de sodio (meq L<sup>-1</sup>)</b>						
0 - 20	368	352	308	35a	77a	46a
20 - 40	110	141	111	12a	49a	46a
40 - 60	19	118	86	13a	58b	20a
60 - 80	37	179	61	28a	60a	22a
<b>Concentración de cloruro en (meq L<sup>-1</sup>)</b>						
0 - 20	483	173	136	22a	39a	25a
20 - 40	141	64	39	7a	23b	7a
40 - 60	13	47	29	7a	26b	7a
60 - 80	35	98	25	16a	33a	9a
<b>Concentración de boro en mg/L</b>						
0 - 20	26	44	41	4a	8a	7a
20 - 40	8	19	14	2a	5b	4ab
40 - 60	2	19	9	2a	6b	4a
60 - 80	4	28	8	3a	6b	3a

Valores con diferente letra presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

superan los umbrales de concentración tolerables por cultivos sensibles como la vid, no así para los cultivos tolerantes.

El efecto detrimental de este elemento no se aprecia fuertemente en la productividad de la vid, bajo las condiciones del ensayo, lo que podría estar asociado a las altas cantidades de calcio presentes en el suelo y en la planta, elemento que contrarresta la acción nociva del boro cuando está presente en niveles altos (Olsen, 1983).

### CONCLUSIONES

Todas las estratas estudiadas presentan promedios de salinidad mayores al umbral de tolerancia de este cultivo, por lo cual las vides en la zona baja del valle de Copiapó se desarrollan bajo condiciones desfavorables.

- El contenido de los elementos sodio, cloruro y boro en el suelo, son elevados, en relación al rango de tolerancia de la vid.
- Considerando la forma de las líneas de flujo, se aprecia claramente que existe un movimiento de sales hacia la periferia del bulbo, encontrándose la mayor concentración en los 40 cm superficiales de la entrelínea. Tal hecho se produce por la ausencia de lixiviación natural (agua de lluvia) y por ascenso capilar.
- De acuerdo a información de campo se constata que los bulbos de mojamiento presentan un mayor diámetro en profundidad, llegándose a producir un traslape entre ellos, a nivel de la entrelínea.

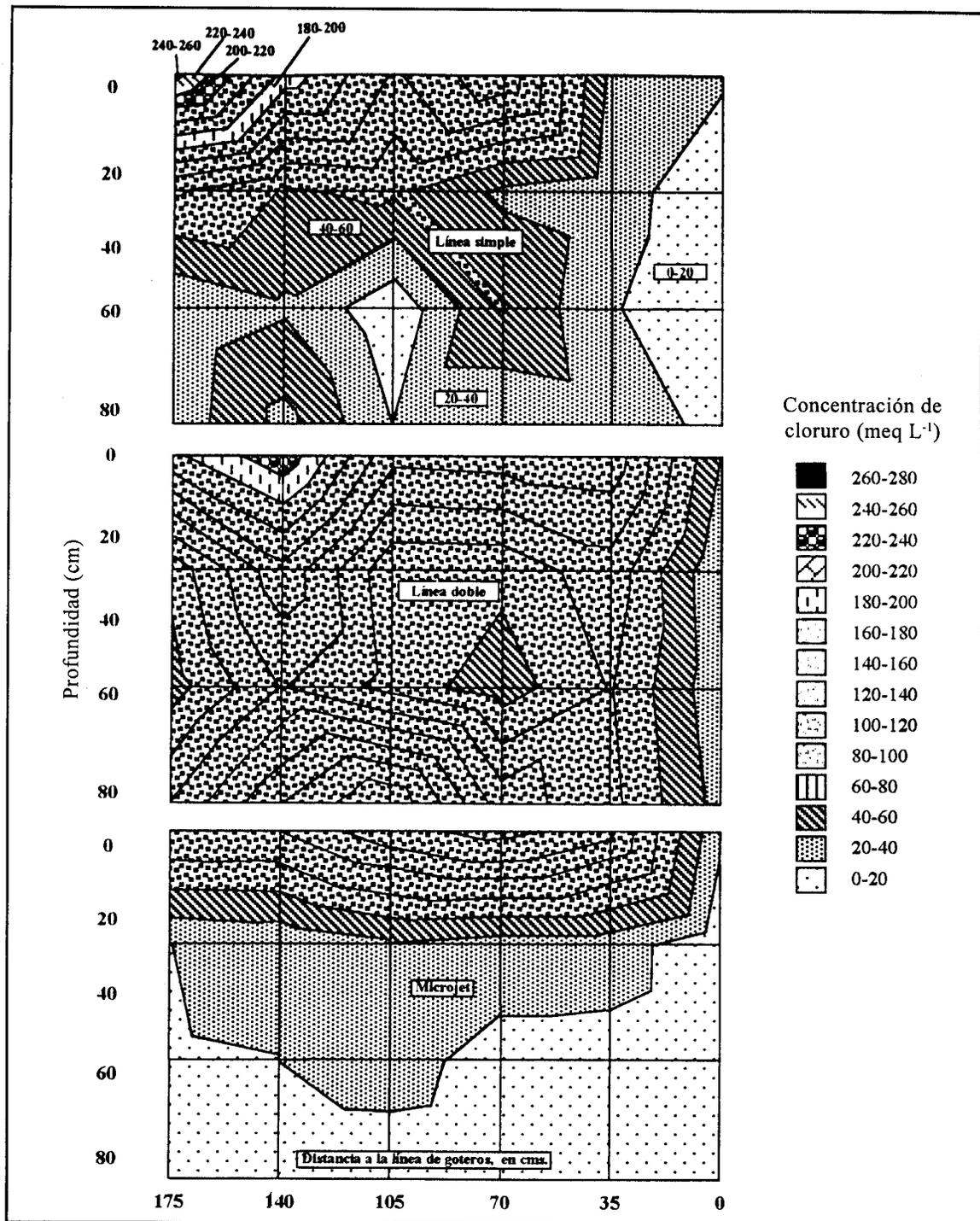


Figura 8. Concentración de cloruro en los cortes transversales a las líneas de emisores, desde la línea de emisores (Punto 0) hasta la posición de entrelínea (Punto 175), en los tres tratamientos. Temporada 1995/96.

Figure 8. Chloride concentration in the transverse section to the emitter lines, from the emitter line (Point 0) to the position between lines (Point 175) for the three treatments. 1995/96 growing season. Chloride content (meq L<sup>-1</sup>).

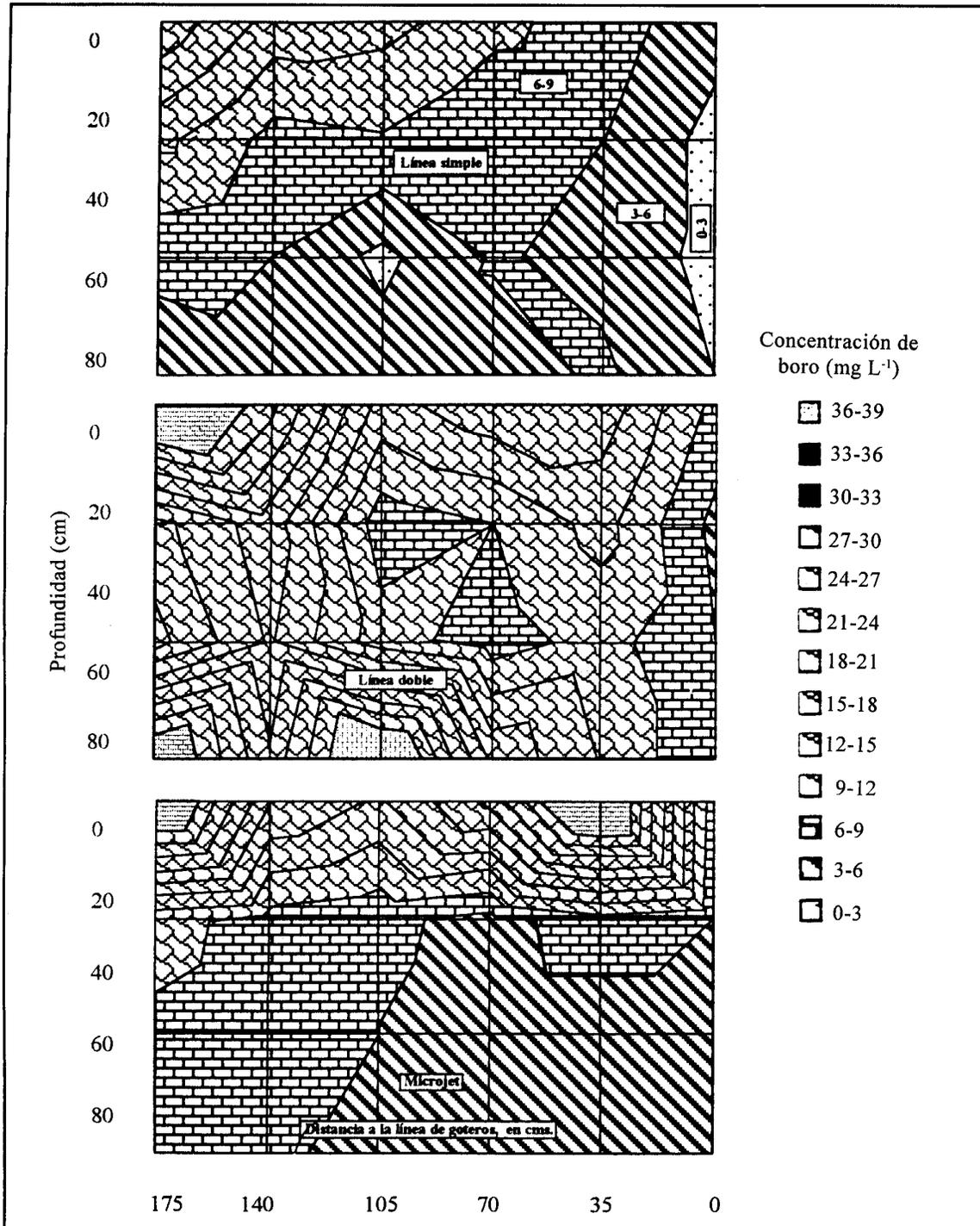


Figura 9. Concentración de boro en los cortes transversales a las líneas de emisores, desde la línea de emisores (Punto 0) hasta la posición de entrelínea (Punto 175), en los tres tratamientos. Temporada 1995/96.

Figure 9. Boron concentration in the transverse sections to the emitter lines, from the emitter lines (Point 0) to the position between the lines (Point 175) for the three treatments. 1995/96 growing season.

- Los tratamientos de línea simple y microjet presentan un mejor control de la salinidad en la zona radicular, bajo las condiciones ensayadas.
- El tratamiento de línea doble provocó aumentos en la conductividad eléctrica y en la concentración de los iones sodio, cloruro y boro en el suelo, en todas las estratas, producto de la disminución de la fracción de lavado y el aumento de la superficie evaporativa del suelo.
- Existe una mayor correlación del sodio soluble con la salinidad total del suelo, más que con los iones cloruro y boro, al analizar los perfiles con las isóneas de concentración.
- Los valores de concentración de sodio encontrados podrían provocar una situación de peligro, en términos de pérdida de estructura de suelo, disminución de la permeabilidad y posible aumento de niveles tóxicos para la vid.
- Finalmente, de acuerdo a los resultados del ensayo, se puede inferir que el manejo de las sales en el suelo puede controlarse con distintos métodos de riego localizado, dependiendo de los volúmenes, caudales, tipo de emisores, tipo de mojamiento y profundidad de suelo que desee controlarse, presentando como factor limitante el contenido salino del agua de riego utilizada.

## RESUMEN

En un parronal de vid de mesa cv. Thompson Seedless, establecido en suelos aluviales salinos (Aridisoles Paleorthids) del valle de Copiapó, en el norte de Chile, se midió la salinidad del suelo, el contenido de sodio, cloruro y boro, todos en el extracto de saturación. Las muestras se obtuvieron a distintas profundidades, en distintos cortes espaciales en relación a la línea de goteo y a la hilera de plantación, considerando tres tratamientos de riego: línea de goteo con lateral simple, con goteros de 4 L h<sup>-1</sup>, espaciados a metro (testigo); línea de goteo con lateral doble, con goteros de 2 L h<sup>-1</sup>, espaciados a metro; y línea lateral simple utilizando un microjet de 14 L h<sup>-1</sup> por planta. Los resultados obtenidos indican que la salinidad del suelo disminuye cerca del punto de emisión del gotero o microjet

y aumenta al alejarse de él. La salinidad máxima se produce en el punto medio entre dos líneas de goteo (condición entrelínea) y en los primeros 40 cm del perfil de suelo. En general los valores de salinidad encontrados en el suelo, en su gran mayoría son superiores a 5 dS m<sup>-1</sup>, en los tres tratamientos, superando el umbral de tolerancia del cultivo de la vid. El contenido de los elementos sodio, cloruro y boro en el suelo, también son elevados, en relación al rango de tolerancia de la vid. Bajo las condiciones ensayadas, los tratamientos de línea simple y microjet presentan un mejor control de la salinidad en la zona radicular.

**Palabras claves:** riego, salinidad del suelo.

## LITERATURA CITADA

AYERS, R. S. AND WESTCOT, D. W. 1985. Water quality for agriculture. FAO. Roma, Italia. Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. 174 p.

DASBERG, S. AND BRESLER, E. 1985. Drip irrigation manual. International Irrigation Center (IIC). Israel. 96 p.

- KEREN, R. AND BINGHAM, F. T. 1984. Boron in water, soils and plants. *Advances in Soil Science*. 1: 229-276.
- MAAS, E. V. 1992. Crop salt tolerance. *In*: Tanji, K. (Ed). *Agricultural salinity assessment and management*. American Society of Civil Engineers (ASCE). New York, USA. *Manuals and Reports on Engineering Practice* Nº 71. p. 262-304.
- OLSEN, S. R. 1983. Interacciones de los micronutrientes. *En*: Mortvedt, J. J., Giordano, P. M. y Lindsoy, W. L. (Eds.). *Micronutrientes en Agricultura*. Soil Science Society of America. Cap. 11: 267-290.
- PIZARRO C., F. 1987. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF); goteo, microaspersión, exudación. Ediciones Mundi-Prensa. España. 461 p.
- SINAI, G.; JURY, W. A. AND STOLZY, L. A. 1988. Methods for automated dilution of saline water sources for irrigation. *Journal Irrigation Drainage*. Div. ASCE. p. 107.
- VALDÉS, A. 1987. Estudio agrológico y de capacidad de uso de un sector del Fundo de la Sociedad Agrícola UNIAGRI Copiapó Ltda. *En*: Donoso, Emilio (Ed.). *Proyecto de riego*. Comisión Nacional de Riego, Santiago, Chile.
- VERMEIREN, L. Y JOBLING, G. A. 1986. Riego localizado. FAO. Roma, Italia. Serie Riego y Drenaje Nº 36, 203 p.