

DINÁMICA DE LA SALINIDAD DEL SUELO EN EL OASIS DEL RÍO TUNUYÁN INFERIOR COMPARACIÓN 1985-2002

Mirábile C., J. Morábito, M. Manzanera y D. Tozzi

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino (INA-CRA).

Belgrano Oeste 210, CP: 5500, Mendoza - Argentina. Teléfono: 0261 – 4286993. carlosmirabile@hotmail.com

RESUMEN

La producción de un cultivo es función de muchos factores, uno de los más importantes está referido a la cantidad y calidad de las sales presentes en el suelo. Estas últimas son el resultado del balance hídrico – salino del área, el conocimiento de su naturaleza química y el estudio de su evolución en el tiempo contribuyen a mejorar la gestión hídrica. El presente estudio tiene por objeto conocer y analizar la dinámica salina temporal (1985 y 2002), espacial y en profundidad para dos estratos (0-0,5 y 0,5-1 m) de los suelos cultivados del oasis del Río Tunuyán inferior. Se pretende además localizar y cuantificar las áreas con incrementos de salinidad en el tiempo y analizar sus causas. Disponer de información y conocimientos que permitan elaborar estrategias de recuperación de suelos para cada situación y permitan planificar el manejo del agua a nivel de oasis o de parcela considerando los requerimientos de lixiviación o de lavado (recuperación).

Se partió de datos de muestreo de suelos realizado en 168 puntos en el año 1985 y se lo comparó con los 142 puntos de muestreo realizados en el año 2002, todos en el área del río Tunuyán inferior. Las muestras fueron tomadas a dos profundidades (0-50 y 50-100 cm) en zonas cultivadas. Se determinó la salinidad del suelo corregida a 25°C (CEes). Se confeccionaron isolíneas con distintos intervalos de salinidad las que fueron incorporadas a un GIS. Se realizó una comparación de medias de salinidad entre las distintas profundidades de análisis. También se determinó la precisión y confiabilidad para la variable analizada. Sobre una imagen satelital, se realizó una clasificación supervisada de usos del suelo. Se filtraron los valores de “píxeles” de las categorías: cultivado y no cultivado. Las imágenes se cruzaron con los mapas de salinidad y se computaron las áreas. Al tamaño de muestra utilizado le correspondió una precisión con valores extremos de 20 al 28 % a la variable CEes como porcentaje de la media. Se demuestra que no hay diferencias significativas en la salinidad de suelo cultivado entre estratos de un mismo año de estudio. Sin embargo si se observan diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) de la salinidad cuando se comparan los datos extraídos en el año 1985 con respecto a las muestras del año 2002. Se observa también que aproximadamente el 58 % de la superficie analizada está cultivada (76339 ha) y que en el año 2002 si se analiza el primer estrato, el 54 % del área cultivada presenta una disminución y el 45 % un incremento de la salinidad mientras que en el segundo estrato dichos porcentajes son del 64 y 36% respectivamente.

Palabras claves: salinidad – dinámica – suelo – R. Tunuyán inferior

INTRODUCCIÓN

Entre los factores que favorecen la salinización de los suelos, se destaca el mal manejo del recurso hídrico. Los suelos regados reciben cantidades importantes de sales disueltas, ya sea aportadas por el agua de riego o por el agua subsuperficial. Cada riego hace un aporte de sales al perfil del suelo, esto puede ser neutralizado en la medida en que se tengan en cuenta los requerimientos de lixiviación.

Es frecuente en las zonas áridas bajo riego que se presente otra fuente importante de aporte de sales como es el nivel freático elevado, ya que el agua freática - generalmente salina - por medio del ascenso capilar puede llegar a la zona radical o superficie, donde se evapora depositando las sales que lleva disueltas.

La zona regadía del río Tunuyán inferior comprende los departamentos de San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y La Paz. Mirábile (1985) indica que la zona de Barreales en Palmira departamento de San Martín históricamente ha tenido problemas de niveles freáticos cercanos a la superficie.

En 1985 Mirábile realiza un balance hídrico salino del área en donde además de aportar mapas de salinidad de suelo para dos profundidades 0-0,5 y 0,5-1m y salinidad de agua de riego superficial y subterránea, determina que el área presenta en general suelos no salinos no sódicos, provistos de buen tenor de sulfato de calcio, categoría 1 según Riverside, no obstante ello existen zonas con valores de salinidad superior a 4 dSm^{-1} ubicadas en el oeste y sur oeste (Palmira, Barreales y Medrano) y otras en el centro como sectores de La Colonia y Giagnoni. Determina también que el recurso superficial es apto para riego $1,23 \text{ dSm}^{-1}$ con un aporte de sales de $0,9 \text{ gr.l}^{-1}$, poniendo de manifiesto que la calidad del agua no es un factor que influya en la salinización de los suelos y demuestra a través del balance salino que el área recibe al cabo de un año una lámina de lixiviación superior a la necesaria. Concluye que los problemas de salinidad de suelos, fundamentalmente se deben a problemas de revenición causados por la presencia de niveles freáticos próximos a la superficie combinado con suelos de texturas pesadas.

Esto fue corroborado posteriormente por el mismo autor en un estudio de drenaje realizado en el área, el cual confirma la hipótesis arriba mencionada y determina además que las zonas con suelos de elevada salinidad en su mayoría concuerdan con suelos de texturas pesadas franco limosa a franco arcillosa y con problemas de freática elevada

El estudio de drenaje zonal se continuó con un monitoreo bimensual durante 10 años de la variación de los niveles freáticos, lapso en el cual se pasó de un ciclo hidrológico rico (niveles freáticos elevados) 1985 - 1990, a uno pobre (niveles freáticos bajos) 1991 - 1995; quedando a la finalización del ciclo hidrológico rico, numerosas fincas salinizadas reduciéndose la cantidad de montes de durazneros en la zona Junín - Phillips en virtud de que dicha especie presenta alta sensibilidad a las sales.

OBJETIVOS

El presente estudio tiene por objeto conocer y analizar la dinámica salina temporal (1985 y 2002), espacial y en profundidad para dos estratos (0-0,5 y 0,5-1 m) de los suelos cultivados del oasis del Río Tunuyán Medio.

Se pretende además localizar y cuantificar las áreas con incrementos de salinidad en el tiempo y analizar sus causas.

Disponer de información y conocimientos que permitan elaborar estrategias de recuperación de suelos para cada situación y permitan planificar el manejo del agua a nivel de oasis o de parcela considerando los requerimientos de lixiviación o de lavado (recuperación).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El área de estudio es el oasis este de Mendoza, regado por el río Tunuyán Medio, que comprende las áreas bajo riego de los departamentos San Martín, Junín y Rivadavia.

Dicho oasis posee un dique de embalse “El Carrizal” con una capacidad de 360 hm³ y el dique derivador “Gobernador Benegas” con capacidad de regulación de 60 m³.s⁻¹ que abastece a una amplia red de canales de aproximadamente 1.300 km de longitud, de esta red sólo unos 80 km están impermeabilizados. El total de la superficie bajo riego es de aproximadamente 90.000 ha, de las cuales 62.914 son regadas con recurso superficial y el resto con recurso subterráneo extraído de aproximadamente 1700 perforaciones.

El área está cultivada fundamentalmente con vid, siguiendo en importancia, frutales de carozo (durazno, ciruelo y damasco), hortalizas (tomate y ajo) y forrajeras.

Cuenta con una extensa red vial, es importante por su población e infraestructura agroindustrial allí localizada, como también por su ubicación estratégica ya que es atravesada por la ruta nacional n°7 que conduce a Buenos Aires y Chile respectivamente, habiéndose convertido en ruta prioritaria del MERCOSUR.

MATERIALES Y MÉTODOS

A fin de determinar la salinidad de los suelos del Tunuyán inferior se han analizado los valores de conductividad eléctrica de la pasta de saturación de muestras de suelo obtenidas en el área de estudio.

Para tal fin se sistematizó la información de las muestras de salinidad extraídas en el año 1985 y se les asignó las coordenadas geográficas de cada punto (sistema de proyección Gauss Krüger, Campo Inchauspe 1969) sobre la base del mapa confeccionado por Mirábile en 1985, que abarcaron la totalidad del área. Las muestras fueron extraídas en suelo cultivado a dos profundidades distintas (0-0,5m y 0,5-1,0 m). Se dispuso de 168 puntos de muestreo.

Por otra parte se cuenta con información de la campaña agrícola 2002 (Morábito y otros, 2004), que ofrece posibilidades de comparación con los datos anteriores. En este caso la determinación de la salinidad se realizó mediante un muestreo sistemático generando un reticulado sobre un mapa base del área de estudio en escala 1:50.000 de aproximadamente 2,5 x 3 km (199 puntos en total de los cuales 145 fueron tomados en terrenos cultivados), cada punto fue debidamente georeferenciado mediante GPS. Se tomaron muestras a dos profundidades (0-50, y 50-100 cm).

En ambos casos para conocer la salinidad se realizó en laboratorio la determinación de la conductividad eléctrica (CEEs) de las muestras por el método del extracto de saturación (USDA, 1954), la cual fue corregida a 25°C.

Con los datos se confeccionó una base que fue procesada con el software Surfer (1995) utilizando el método de interpolación Krigging a fin de confeccionar isolíneas que delimitaran distintas categorías de salinidad. Estas isolíneas fueron incorporadas a un GIS a fin de superponer la información disponible (infraestructura de riego y drenaje, red vial, delimitación de zonas de riego, etc.).

De estas tareas surgirán distintos mapas temáticos y de situación que posibilitarían la obtención de diversas conclusiones sobre la dinámica de la zona, el diagnóstico de problemas y la deducción de aquellas medidas correctivas que tiendan a atenuar las posibles situaciones críticas.

Se realizó además un análisis estadístico donde la variable respuesta es “salinidad” y la variable explicativa (tratamientos) es “año - profundidad”. Se aplicó además el análisis de varianza, el modelo estadístico planteado es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde y_{ij} es una variable aleatoria observable; τ_i y ε_{ij} son variables aleatorias no observables con distribución $N(0, \sigma_\tau^2)$ y $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ respectivamente, siendo τ_i y ε_{ij} independientes, con lo que $\text{cov}(\tau_i, \varepsilon_{ij}) = 0$. Cuando los datos no respondieron a una distribución normal se usó la prueba de Kruskal-Wallis que compara las medianas en lugar de las medias.

Las hipótesis propuestas son:

$H_0: \sigma_\tau^2 = 0$ (no hay diferencias en la variabilidad de los tratamientos)

$H_1: \sigma_\tau^2 > 0$ (existen diferencias en la variabilidad de los tratamientos)

También se determinó la precisión y confiabilidad para la variable analizada. Para estimar el error de muestreo a una confiabilidad dada se utilizó la siguiente fórmula:

$$\pm B = z \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

En donde B representa el límite del error de muestreo para la confiabilidad que fija z (percentil de la distribución normal). En este estudio será $z = 1,96$ que es el valor relacionado con el 0,95 de probabilidad (95 % de confiabilidad)

$\hat{\sigma}$: es la estimación de la desviación típica, para la que se utiliza la desviación típica muestral. Esta estimación, para la variable salinidad, se obtendrá con los datos de la muestra.

Por otro lado y sobre una imagen satelital georreferenciada del año 1998, que abarca el área de estudio, se realizó una clasificación supervisada de los usos del suelo, a través de la determinación de índices verdes. Por medio de una máscara se delimitó el área de estudio, por asignación y anulación de valores se filtraron los valores de “píxeles” de ambas categorías (cultivados y no cultivados), cada una de estas dos imágenes resultantes se cruzaron con los respectivos mapas de diferencias de salinidad para ambas profundidades de muestreo, se computaron los histogramas y se volcaron los resultados en los cuadros respectivos calculando las áreas a través del valor asignado al píxel de las imágenes.

RESULTADOS

Se han obtenido mapas de salinidad de suelo de los años 1985 y 2002. Las figuras 1 a 4 muestran las áreas pertenecientes a diferentes intervalos de salinidad, para las dos profundidades de análisis

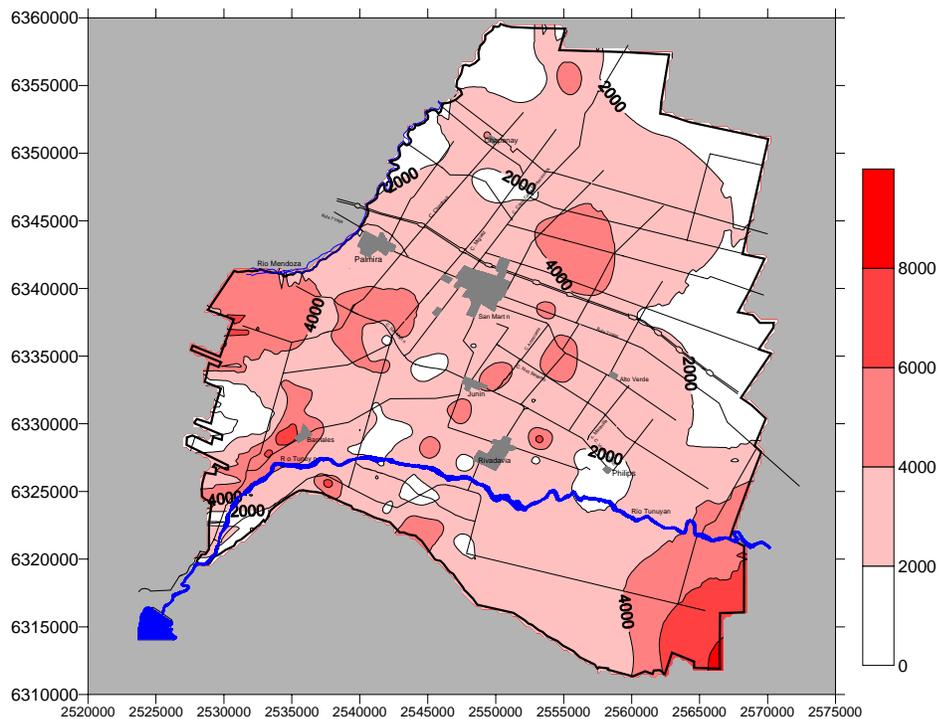


Figura 1: Mapa de isosalinidad de suelo para el estrato comprendido entre 0.0 y 0.50 m en la cuenca del río Tunuyán inferior (muestreo 1985)

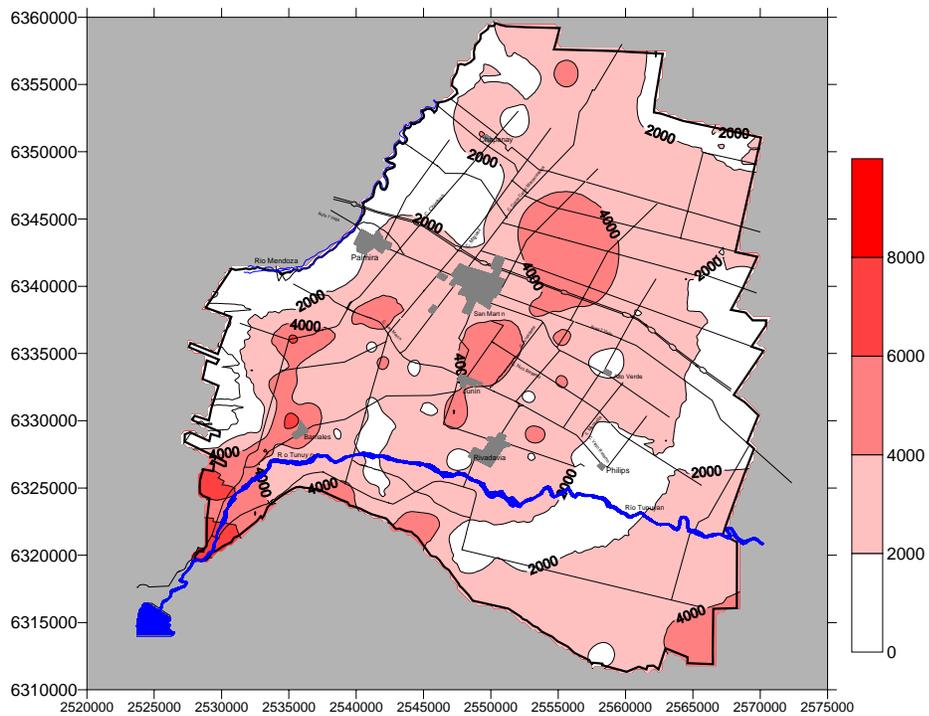


Figura 2: Mapa de isosalinidad de suelo para el estrato comprendido entre 0.50 y 1.0 m en la cuenca del río Tunuyán inferior (muestreo 1985)

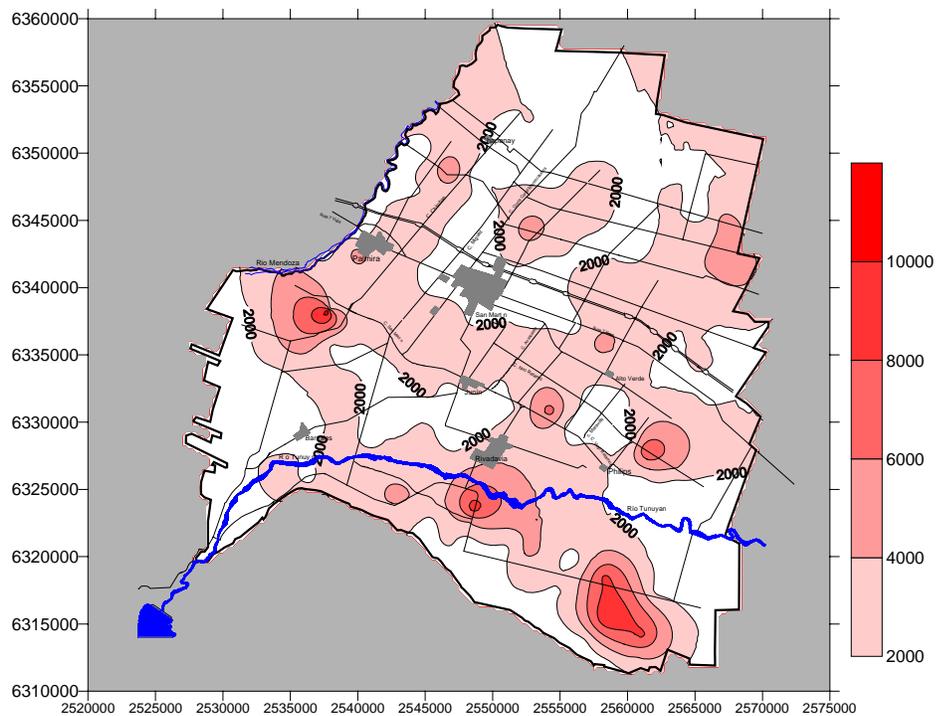


Figura 3: Mapa de isosalinidad de suelo para el estrato comprendido entre 0.0 y 0.50 m en la cuenca del río Tunuyán inferior (muestreo 2002)

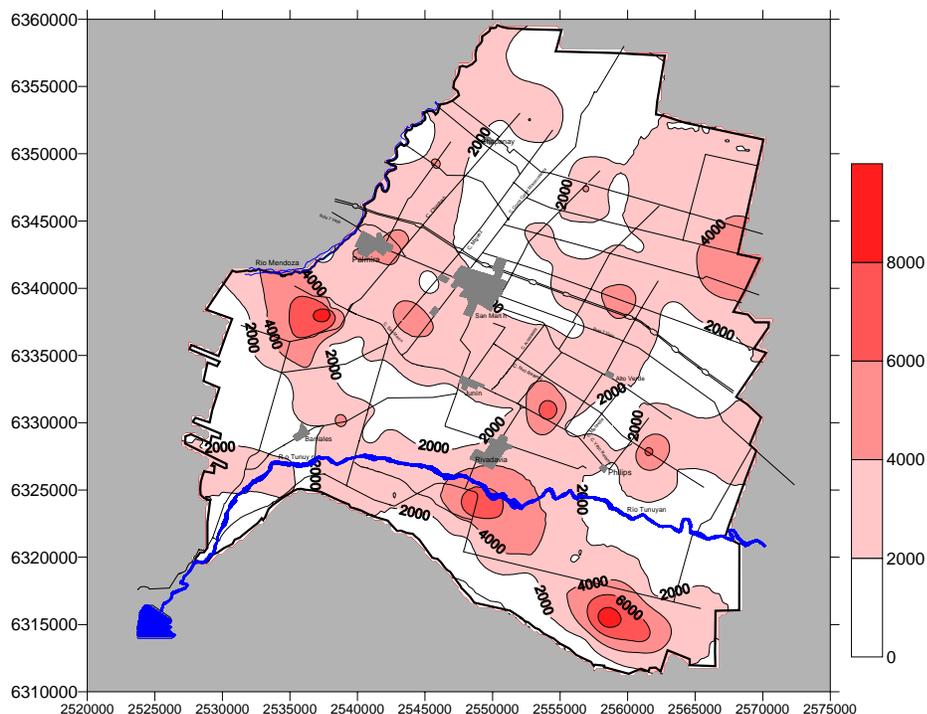


Figura 4: Mapa de isosalinidad de suelo para el estrato comprendido entre 0.50 y 1.0 m en la cuenca del río Tunuyán inferior (muestreo 2002)

La superficie perteneciente a cada nivel o rango de salinidad (en has y en %), para dos capas de suelo correspondientes a los años 1985 y 2002 se observan en el cuadro 1

Cuadro 1 Superficie por rangos de salinidad del área del río Tunuyán inferior (ha y %)

Rangos de Salinidad	Superficie (has)				Superficie (%)			
	Año 1985		Año 2002		Año 1985		Año 2002	
	Profundidad (m)		Profundidad (m)		Profundidad (m)		Profundidad (m)	
DS/m	0-0.50	0.50 -1.0	0-0.50	0.50 -1.0	0-0.50	0.50 -1.0	0-0.50	0.50 -1.0
0-2	23578	34099	54553	49231	17,80	25,75	41,19	37,17
2-4	83798	79904	62429	66769	63,27	60,33	47,14	50,42
4-6	19442	14931	9432	11290	14,68	11,27	7,12	8,53
6-8	2964	977	2578	2297	2,24	0,74	1,95	1,73
8-10	127	10	920	323	0,10	0,01	0,70	0,24
10-12	0	0	10	0	0,00	0,00	0,01	0,00
Urbanos	2540	2523	2523	2523	1,92	1,90	1,90	1,90
TOTAL	132449	132444	132444	132433	100,00	100,00	100,00	100,00

Se obtuvieron también planos con las variaciones de salinidad de suelo operados entre el año 1985 y 2002. Las figuras 5 y 6 ilustran esa situación para las 2 profundidades de análisis.

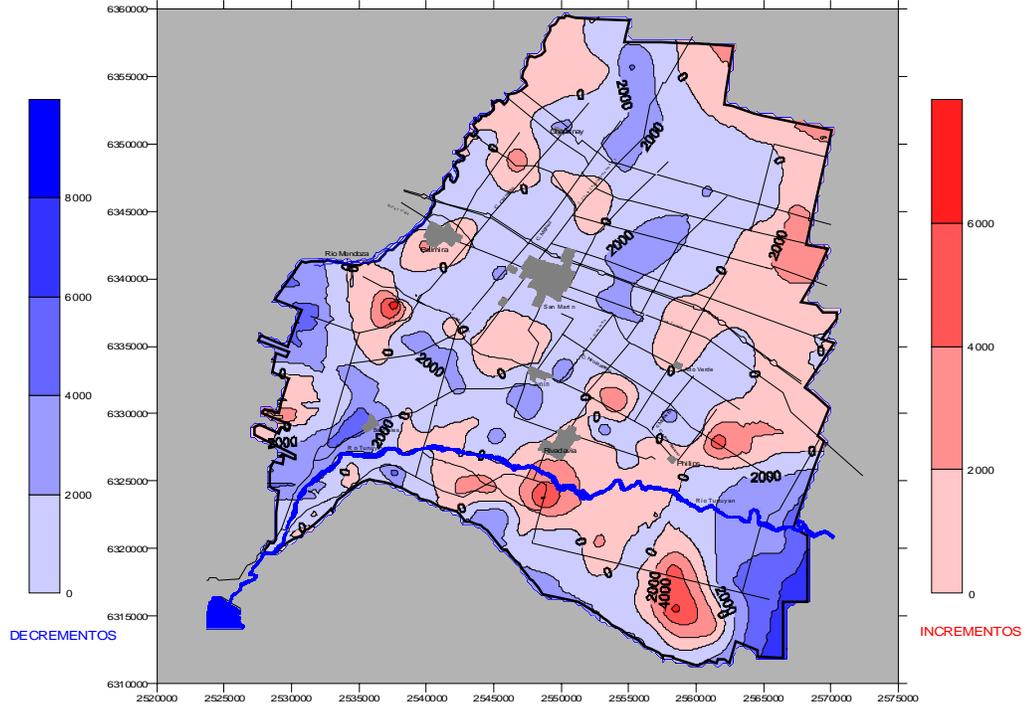


Figura 5: Mapa de isovariaciones de salinidad de suelo para el estrato comprendido entre 0.0 y 0.50 m en la cuenca del río Tunuyán inferior (2002-1985)

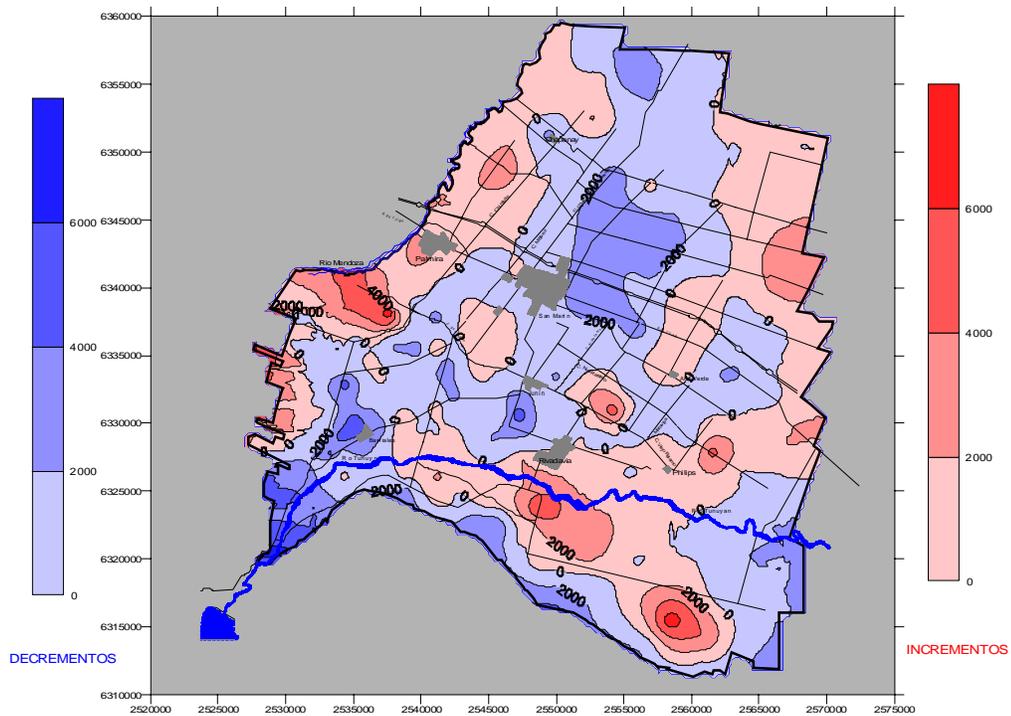


Figura 6: Mapa de isovariaciones de salinidad de suelo para el estrato comprendido entre 0.50 y 1.0 m en la cuenca del río Tunuyán inferior (2002-1985)

Las variaciones de salinidad que se observan en los mapas de isovariaciones se ven reflejadas en forma cuantitativa en el cuadro 2

Cuadro 2: Variación de salinidad edáfica en las áreas total y cultivada (en % y en ha) del río Tunuyán inferior -años 2002 y 1985

Rangos de Variación Salina dS/m	ÁREA TOTAL				ÁREA CULTIVADA			
	%		has.		%		has.	
	Profundidad (m)		Profundidad (m)		Profundidad (m)		Profundidad (m)	
	0-0.50	0.50-1.0	0-0.50	0.50-1.0	0-0.50	0.50-1.0	0-0.50	0.50-1.0
+6_o_>	0,0	0,1	54	122	0,0	0,0	27	48
+4_a_+6	1,0	1,6	1319	2089	0,6	1,0	796	1322
+2_a_+4	4,9	7,6	6463	10121	2,7	4,3	3533	5728
0_a_+2	31,0	36,3	41114	48112	17,6	20,5	23256	27202
0_a_-2	45,4	40,6	60140	53724	27,8	23,9	36821	31721
-2_a_-4	12,6	10,9	16727	14427	7,6	7,2	10022	9568
-4_a_-6	2,4	0,9	3206	1217	1,1	0,5	1449	705
-6_o_<	0,7	0,1	902	116	0,3	0,0	436	45
Urbanos	1,9	1,9	2520	2523	1,9	1,9	2520	2523
Incultos Área Cultivada					40,5	40,5	53587	53590
					57,6	57,6	76339	76339
TOTALES	100,0	100,0	132447	132452	100,0	100,0	132447	132451

El cuadro 3 y las figuras de diagramas de cajas 7, 8, 9 y 10 presentan los resultados del análisis estadístico de salinidad de suelo cultivado para las dos profundidades analizadas y para los años de referencia. Se demuestra que no hay diferencias significativas en la salinidad de suelo cultivado entre estratos de un mismo año de estudio. Sin embargo si se observan diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) de la salinidad cuando se comparan los datos extraídos en el año 1985 con respecto a las muestras del año 2002.

Cuadro 3: Salinidad de extracto de saturación del suelo cultivado en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ para el área del río Tunuyán inferior. Tamaño de la muestra, media, desviación estándar y error de estimación

Profundidad (m)	Estado del suelo	Tamaño de la muestra (n)	Mediana	Media	Desviación estándar	Error de estimación $\pm B$
0 a 0,50	1985	168	2,984 (A)	3,132	1,371	0,207
	2001-02	142	2,025 (B)	2,582	1,669	0,275
0,50 a 1,00	1985	163	2,980 (A)	2,999	1,310	0,201
	2001-02	141	2,580 (B)	2,669	1,617	0,267

Nota: letras distintas indican una diferencia significativa entre las medianas ($\alpha:0,05$) según de Kruskal-Wallis

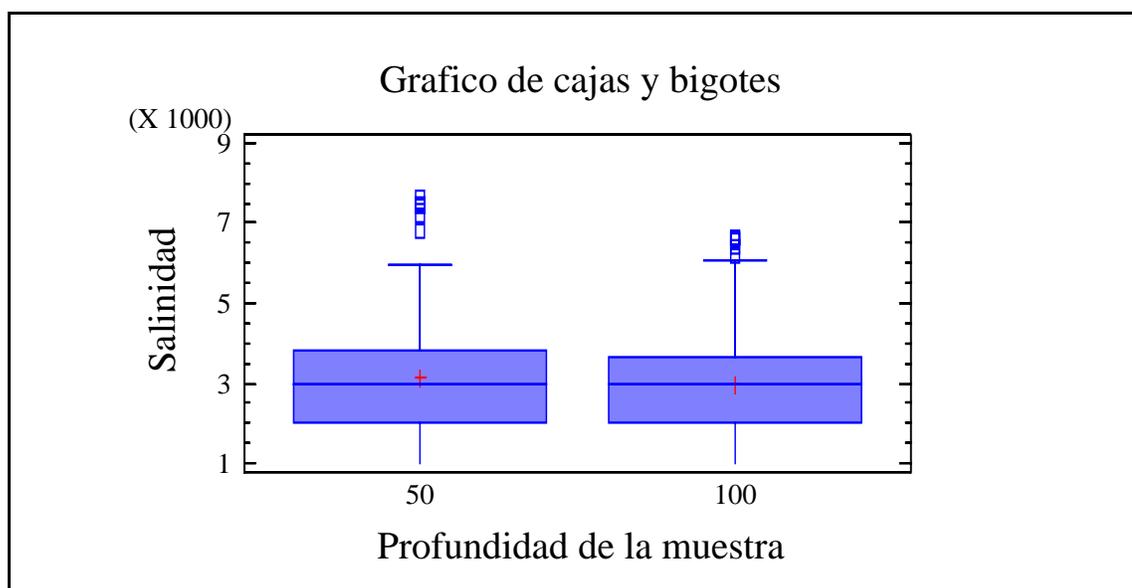


Figura 7: Diagrama de caja de salinidad de suelos cultivados para la capa de 0-50 cm (50) y de 50-100 cm (100) para el año 1985. No hay diferencias significativas entre las medianas ($\alpha: 0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis ($P = 0.51$)

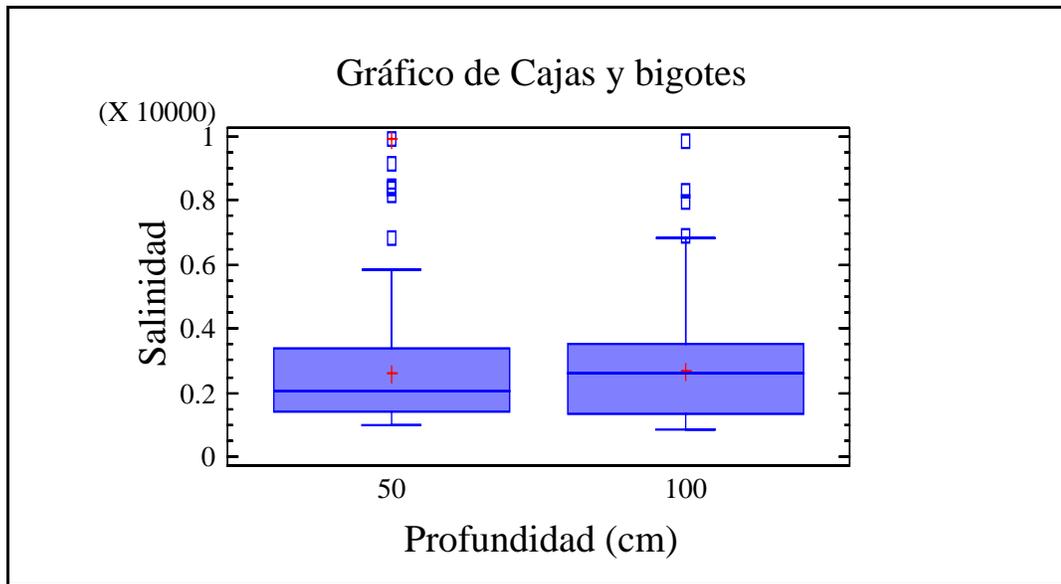


Figura 8: Diagrama de caja de salinidad de suelos cultivados para la capa de 0-50 cm (50) y de 50-100 cm (100) para el año 2002. No hay diferencias significativas entre las medianas ($\alpha: 0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis ($P = 0.72$)

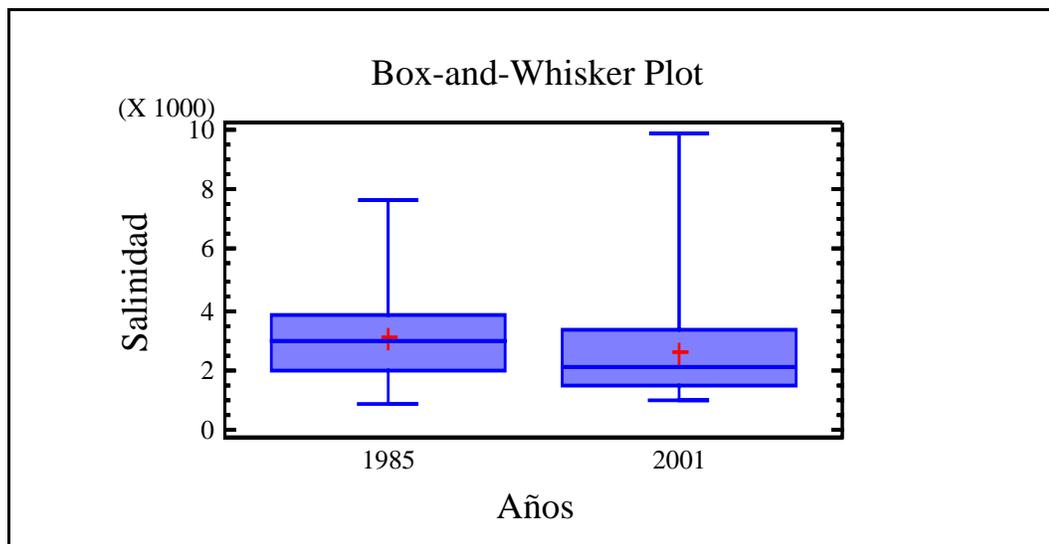


Figura 9: Diagrama de caja de salinidad de suelos cultivados para la capa de 0-50 cm y para el año 1985 comparado con 2002. Hay diferencias significativas entre las medianas ($\alpha:0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.000$)

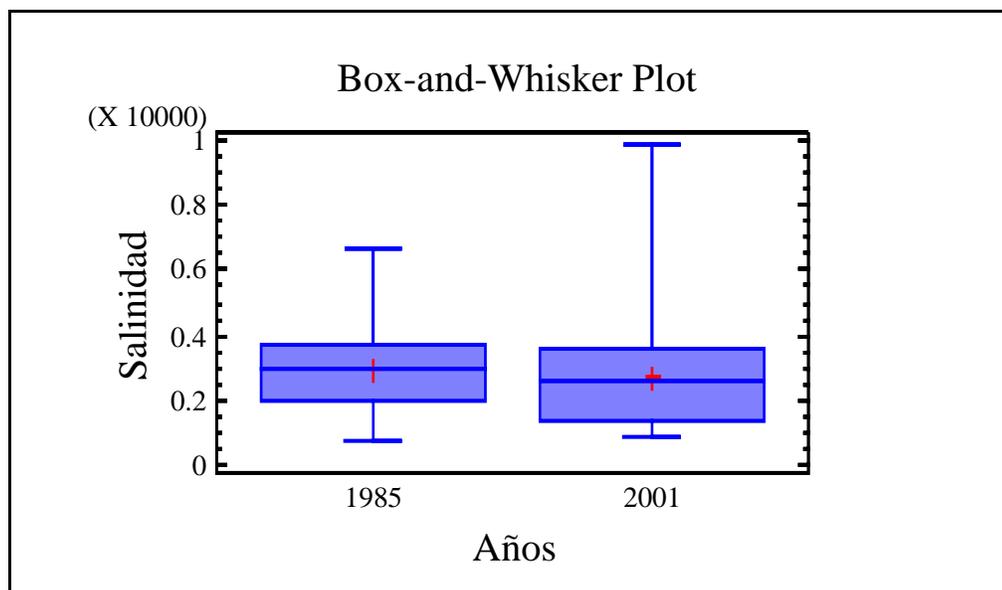


Figura 10: Diagrama de caja de salinidad de suelos cultivados para la capa de 50-100 cm y para el año 1985 comparado con 2002. Hay diferencias significativas entre las medianas ($\alpha:0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis ($P = 0.006$)

El cuadro 4 y la figura 11 presentan los resultados de la clasificación supervisada de los usos del suelo con imagen satelital del año 1998, a través de la determinación de índices verdes. Se observa que aproximadamente el 58 % de la superficie analizada está cultivada (76339 ha).

Cuadro 4: uso del suelo según clasificación supervisada del área del río Tunuyán inferior

Uso del suelo	Frecuencia	Area (ha)	Area (%)
Agua; suelo inundado, desnudo, salino, pavimento o urbanos; monte natural y cultivos abandonados	610166	54915	42
Cultivo de media cobertura	273137	24582	19
Cultivo intensivo de buena cobertura	264739	23827	18
Cultivo intensivo de alta cobertura	179115	16120	12
Cultivo intensivo de muy alta cobertura	93260	8393	6
Cultivo intensivo de muy alta cobertura	38717	3485	3
Cultivo intensivo de muy alta cobertura	8693	782	1
Cultivo intensivo de muy alta cobertura	727	65	0
TOTALES	1468554	132170	100

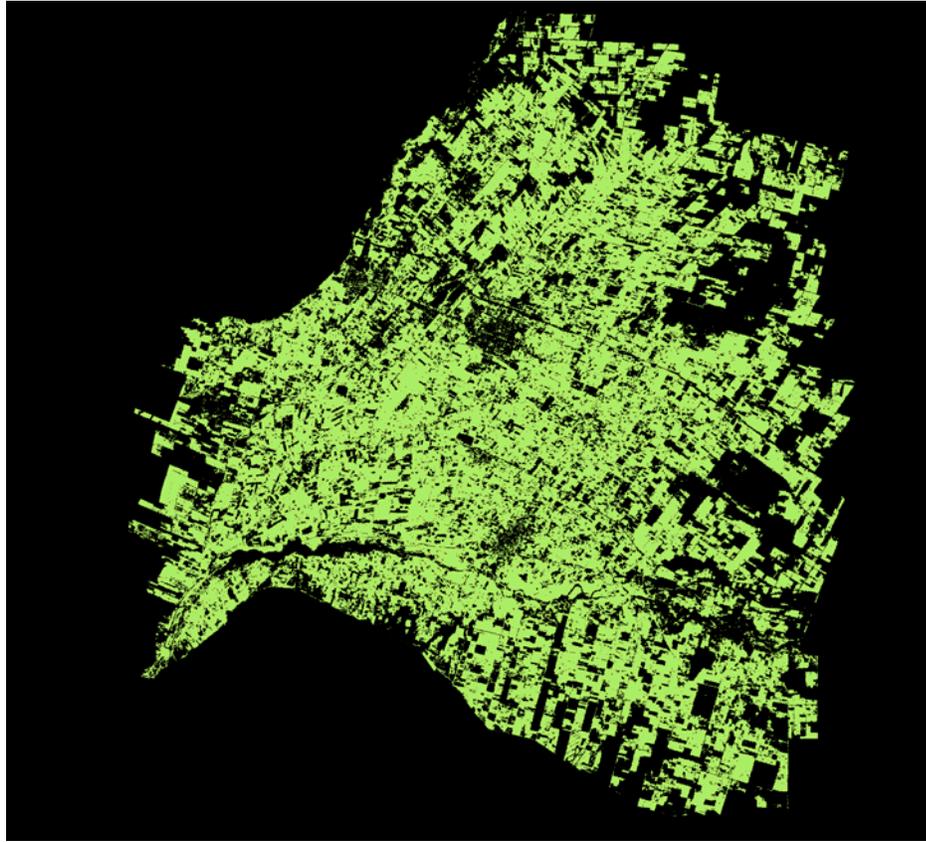


Figura 11: Clasificación supervisada de los usos del suelo a partir de índices verdes normalizados (áreas cultivadas) en el área del río Tunuyán inferior, imagen Landsat TM del año 1998

Las figuras 12 y 13 presentan la superposición de la imagen satelital del año 1998 sobre los mapas de isosalinidad de los suelos para los dos estratos analizados, observándose en distintas gamas de color rojo las áreas con aumentos diferenciales de salinidad y en variaciones de azul las áreas con distintos grados de disminución de la salinidad.

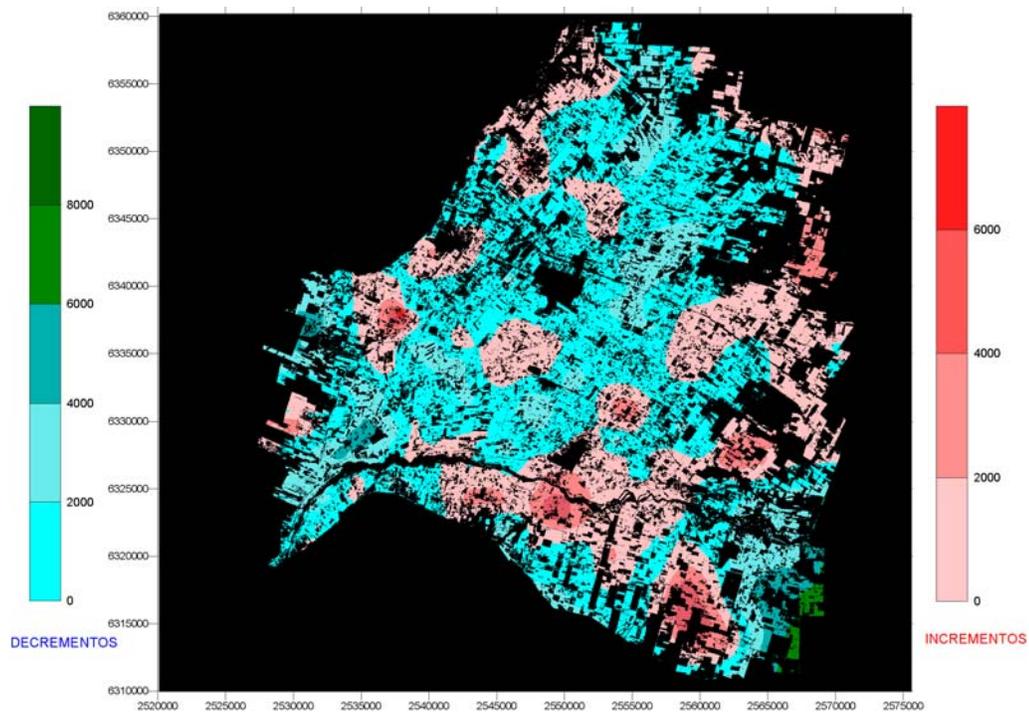


Figura 12: Variaciones salinas de áreas cultivadas del río Tunuyán inferior, entre los años 2002 y 1985 para profundidad de suelo de 0.0 a 0.50 m

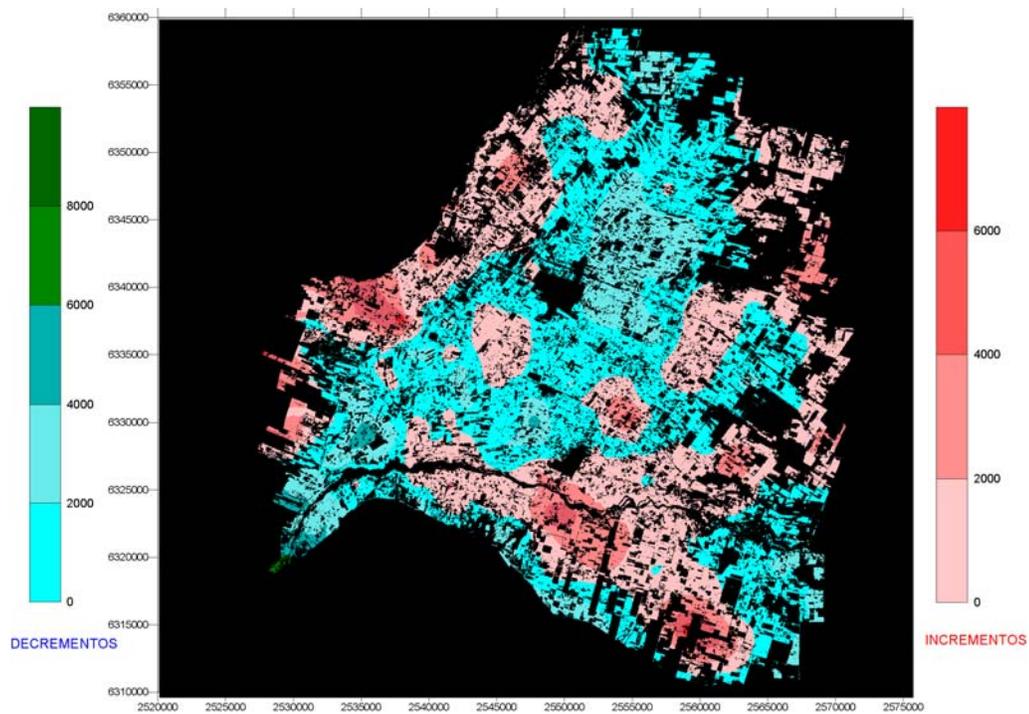


Figura 13: Variaciones salinas de áreas cultivadas del río Tunuyán inferior, entre los años 2002 y 1985 para profundidad de suelo de 0.50 a 1.0 m

Un análisis más pormenorizado del cuadro 2 y las figuras 12 y 13 permite apreciar que si se analiza el primer estrato de profundidad, el 54 % del área cultivada presenta una disminución de la salinidad en el año 2002, mientras que en el segundo estrato dicho porcentaje es del 64 %. Como se observa en cuadro 5.

Cuadro 5 Superficie con variación de salinidad, años 2002-1985 (has y %) .

Suelo Prof.(m)	Area Total		Area cultivada	
	aumento	disminución	aumento	disminución
0 -0,50	48.950 has 38%	80.975 has 62%	27.611 has 36%	48.728 64%
0.50 -1	60.444 has 47%	69.484 has 53%	34.300 45%	42.039 55%

DISCUSIÓN

Si bien el análisis estadístico arroja diferencias significativas de salinidad de suelo solo entre los años estudiados y no entre capas de un mismo año, se puede mencionar algunas observaciones que se desprenden de un análisis más puntual del cuadro 1. En dicho cuadro, donde se muestra en hectáreas y en porcentaje la superficie afectada a distintos rangos de salinidad, se puede inferir que:

En 1985

- 1- La capa o estrato superior del suelo (0-0,50 m) está afectada en mayor % que la capa inferior, en cada rango de salinidad, excepto en el de 0 a 2 dSm^{-1} .
- 2- En ambas capas la mayor superficie de suelo presenta valores de 2 a 4 dSm^{-1} y luego siguen las superficies con rangos de salinidad 0 a 2; 4 a 6 y 6 a 8 dSm^{-1} .
- 3- Los suelos con salinidad de 2 a 4 dSm^{-1} , en ambas capas, sobrepasan con holgura a la suma del resto de los suelos, ya que sus valores porcentuales son del 63 y 60 % respectivamente.
- 4- Los suelos con salinidad de 0 y 4 dSm^{-1} involucran el 80 y el 86% de los suelos de las capas de 0-0,5 y 0.5-1m de profundidad, respectivamente.
- 5- En ambas capas los suelos con salinidad de 8 a 10 dSm^{-1} no superan el 0,1%, por lo que se puede inferir que no hay suelos cultivados con esta salinidad.

- 6- El único rango de salinidad en que la superficie involucrada es sustancialmente diferente según la capa de suelo que se considere es el de 0 a 2 dm^{-1} con un 17 y 26 % respectivamente, en los otros rangos la superficie afectada no difiere en más de tres puntos.

En el año 2002

- 1- La capa o estrato superior del suelo (0-0,50 m) está afectada en mayor % que la inferior en los rangos de salinidad de 0-2, 6-8 y 8-10 dSm^{-1} . Mientras que la capa de suelo de 0,5-1m está afectada en mayor % que la superior en los rangos 0 a 2 y 4 a 6 dSm^{-1} .
- 2- Al igual que el 1985, en ambas capas de suelo la mayor superficie presenta valores de 2 a 4 dSm^{-1} y luego le siguen las superficies afectadas con rangos de salinidad 0 a 2; 4-6 y 6-8 dSm^{-1} .
- 3- Los suelos con salinidad de 2-4 dSm^{-1} , tanto en la capa superior como la inferior, están en el orden del 50%, siendo sus valores del 47 y 50 % respectivamente.
- 4- Los suelos con salinidad de 0-4 dSm^{-1} involucran aproximadamente el 88 % de la superficie, en ambas capas muestreadas.
- 5- La superficie con salinidad de 8-10 dSm^{-1} no supera el 0,7 %, en la capa superior y el 0,25 % en la inferior.
- 6- No hay rango de salinidad en que el porcentaje de superficie correspondiente sea sustancialmente diferente según la capa o profundidad de suelo considerada.

Analizando el mismo cuadro, pero haciendo una comparación entre el año 1985 y el 2002 se puede inferir que

- 1- La capa superior de suelo (0-0,5) m presenta en el año 1985, en todos los rangos de salinidad, mayor superficie involucrada que en el 2002, excepto el rango 0-2 dSm^{-1} que en el año 2002 posee más del doble de superficie que en el año 1985.
- 2- Con respecto a la capa inferior de suelo (0,5-1) m ocurre prácticamente lo mismo presentando el año 1985 mayor superficie en cada rango, menos en el de 0-2 y de 6-8 dSm^{-1} en los cuales el año 2002 es superior.
- 3- Tanto el 1985 como el 2002 el rango que presenta mayor superficie es el de 2-4 dSm^{-1} , en 1985 el % es mayor que en el 2002.

Año	1985		2002	
	Prof. de suelo	Superficie (%)	Prof. de suelo	Superficie (%)
	0 – 0,5	0,5 – 1	0 – 0,5	0,5 – 1
	63	60	47	50

- 4- En 1985 el suelo con salinidad de 0-4 dSm^{-1} , está en el orden del 80 y 86 % para la 1^{era} y 2^{da} capa respectivamente, mientras en el 2002 en un 88% para cada una de ellas. Si bien los porcentajes son similares, están conformados de distinta forma, mientras en el año

1985 uno de los dos rangos involucrados prevalece sustancialmente, en el 2002 podemos decir que los % que aportan cada rango son relativamente similares.

Año	1985		2002	
	Profundidad de suelo (capas)		Superficie (%)	
Rango de salinidad (dSm ⁻¹)	0.-05	0.5-1	0.-0,5	0,5-1
0 - 2	17	26	41	37
2 - 4	63	60	47	50,5

- 5- En los dos años estudiados los suelos con salinidad de 8-10 dSm⁻¹ no superan el 0,7% en el peor de los casos.
- 6- Mientras en 1985 hay un único rango de salinidad (0-2 dSm⁻¹) en que entre la capa superior e inferior de suelo el % varía en mas de 4 puntos (17 y 26 % respectivamente), en el año 2002 ningún rango presenta por capa diferencias sustanciales.

El promedio ponderado entre las dos capas de suelo analizadas permite obtener la superficie involucrada por rango de salinidad para una capa de suelo de 0-1m de profundidad

Suelo capa 0-1m prof	1985	2002
Salinidad (dSm ⁻¹)	Superficie (%)	Superficie (%)
0 - 2	21,5	39
2 - 4	61,5	48,5
4 - 6	12,5	7,8
6 - 8	1,3	1,8
8-10	0,05	0,5

Claramente se observa que ha bajado sustancialmente en el 2002 con respecto al 85 la superficie con salinidad de 2-4 y 4-6. Aumentando por consiguiente la superficie no salina que se corresponde con el rango 0-2 dSm⁻¹

Si se observa un aumento insignificante en el año 2002 de la superficie con salinidad de 6-8 dSm⁻¹, de 0,5 % que involucraría a unas 400 has aproximadamente (las cuales han sido detectadas en el extremo sur-este del área en estudio y tiene su explicación en que son suelos que recientemente se han puesto bajo cultivo mediante goteo sin haber realizado lavados previos de acondicionamiento de la salinidad.

CONCLUSIONES

No hay diferencias significativas en la salinidad de los suelos cultivados entre las dos profundidades analizadas para un mismo año de estudio. Sin embargo si se observan diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) de la salinidad cuando la comparación se efectúa entre años-1985 y 2002. En el año 2002 se ha producido una desalinización en aproximadamente el 60 % del área.

Los suelos del área del río Tunuyán inferior -en general- no presentan severos problemas de salinidad ya que aproximadamente un 50 % de los mismos están comprendidos entre 2-4 dSm⁻¹ y más del 80 % por debajo de 4 dSm⁻¹, y casi no existen suelos entre 8-10 dSm⁻¹ (aproximadamente 0,5%).

Ya en 1985 Mirábile Carlos aseveraba en su trabajo “Mapas y balance salino del área de influencia del río Tunuyán inferior” que en el oasis los agricultores aplicaban con creces los requerimientos de lixiviación y que los problemas de salinidad de suelo se debían a la existencia de sectores con niveles freáticos elevados. En 1987 el mismo autor en un estudio de drenaje zonal realizado para la misma área determina que los sectores con suelo salino se corresponden con los de freática elevada.

La superposición de los mapas de salinidad con los de isobatas correspondiente a los años 1985 y 2002 permite inferir que áreas con salinidad superior a 4 dSm⁻¹ se corresponden con las de freática elevada, generalmente por arriba de 1,50 m de profundidad. A su vez la disminución de la salinidad operada en el 2002 en determinados sectores, se corresponde con una profundización de los niveles freáticos en los mismos, excepto en la pequeña zona salina ubicada en el sureste del área y cuya presencia ya fue explicada en el capítulo de discusión de resultados

Se puede entonces aseverar que la salinidad de los suelos cultivados en el oasis está en general íntimamente ligadas a los problemas de drenaje causados por la elevación de los niveles freáticos

BIBLIOGRAFIA

- Camacho, Luis** (1975) “*La Salinización del Suelo y el Agua Subt. bajo la Agricultura de Riego.*” Secretaría de Recursos Hidráulicos de Méjico.
- Goncharov, V., Reshetov, G.** (1991) “*Recuperación de suelos salinos irrigados.*” Tashkent- URSS.
- Hoffman, G., Ayers, R., Doering, E.** (1982) “*Salinity in Irrigated Agriculture*”. Riverside-University of California(Davis). USA.
- Mirábile, Carlos** (1983) “*Mapas y Balance Salino del Área de Influencia del Río Tunuyán Medio e Inferior, en Relación con el Uso del Agua de Riego*” Incyth-Cra, Conicet. XII Congreso Nacional del Agua
- Mirábile, Carlos** (1985) “*Estudio Zonal del Drenaje en el Área Regada por el Río Tunuyán Medio*”. Incyth-Cra, XIII Congreso Nacional del Agua
- Mirábile, Carlos, Fornero, Luis** (1986) “*Modelo de Simulación de Balance Salino de un Distrito de Riego*”. Incyth-Cra. Publicado en Mecanismos de aprovechamiento Hídrico en la Región Andina
- Mirábile Carlos et al.**,(1990) “*Estudio de la Variación de los Niveles Freáticos- Su Relación con la Degradación de los Suelos. Tunuyán Inferior*”. Incyth-Cra. Jornadas de Suelo de la Zona Cuyo

- Mirábile, Carlos et al.** (1992) "*Extensión y Dinámica de la Salinización y su Vinculación al Manejo de la Infraestructura de Riego*". Incyth(Cra)-Inta-Conicet(Iace)-Unc (F.C. Agrarias). II Congreso de la Ciencia de la Tierra(Chile), II Simposio Internacional del Medio Ambiente (Brasil)
- Mirábile et al,** (1993) "*Detección, Delimitación y Control Dinámico de las Áreas Salinas en Suelos Irrigados, Mediante el Uso de Imágenes Satelitarias-Landsat-TM*". Incyth (Cra)-Inta-Conicet-Unc (Fac.C. Agrarias).I XIV Congreso Nac. de las Ciencias del Suelo. (18 pp).
- Mirábile, C., Beltrán, J., Van der Molen, W.** (1996) "*Salinidad en los Oasis Norte y Este de la Pcia. de Mendoza-Argentina*". Incyth (Argentina)-Iryda(España)-Univ. Wageningen(Holanda).
- Morábito J., C. Mirábile, P. Pizzuolo, D. Tozzi, M. Manzanera y L. Mastrantonio** (2004) "*Salinidad de suelos regadíos e incultos en el oasis norte de Mendoza – Argentina*". XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Entre Ríos - Argentina.
- Nijenshon, León** (1994) "*Propuesta de definición y Determinación de las Condiciones Sódicas en Suelo*" UNC- Facultad de Ciencias Agrarias