



# ÁREAS DE PELIGROSIDAD SALINA GUAYMALLÉN-MENDOZA (ARGENTINA)

## MODELING OF AREAS RISK SALTED GUAYMALLÉN-MENDOZA (ARGENTINA)

Benjamín R. Perez Valenzuela \*  
Carlos E. Salcedo \*  
Daniel E. De Cara \*  
Sonia N. Capuccino \*

### RESUMEN

El objetivo fue modelizar y cartografiar áreas de mayor peligrosidad a la salinización y de mayor dificultad a la recuperación, utilizando software de sistemas de información geográfica. Se trabajó con una fotografía aérea escaneada de 1963. Se introdujo al entorno IDRISI. Se la georreferenció -con coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM)- empleando una cartografía base digitalizada a partir de cartas catastrales 1:10.000 con Arc/Info en mesa digitalizadora. Con el comando CLUSTER (IDRISI) se realizó el procesamiento digital de la imagen. Se obtuvo una clasificación no supervisada, dada por los valores de reflectancia de la imagen.

De ArcView se exportó a IDRISI una base de datos con atributos edáficos históricos (1975), georreferenciados en UTM. De IDRISI se exportó a CARTALINX. Los sitios de muestreo se añadieron como cobertura a la imagen raster georreferenciada. Con los dos últimos software se realizaron consultas en la base de datos, siendo esta rutina más sencilla y efectiva en CARTALINX. Los campos de la base de datos edáficos son: textura superficial (0-25 cm), textura en profundidad (50-80 cm), salinidad superficial (0-25 cm) y en profundidad (50-80 cm).

Los lugares de muestreo y sus atributos, graficados como cobertura de puntos, se extrapolaron a sus zonas de influencia, siendo representados como polígonos cuya delimitación

### ABSTRACT

The purpose of this work was to model and map areas in risk of salinization and with difficult to the recovery. This was achieved using software of Geographic Information Systems, IDRISI, CARTALINX and ArcView. An air picture from 1963 was scanned and introduced to the IDRISI environment. It was georeferenced using a digitized cartographic base from cadastral maps, scale 1:10,000, in Arc/Info format using a digitizing tablet. This cartography was georeferenced in the Universal Transverse Mercator System.

The digital prosecution of the image was carried out with the Cluster command (IDRISI). A not supervised classification was obtained, given by the values of reflectance of the image. The soil attributes database, georeferenced in UTM, was exported from ArcView to IDRISI format. Then, it was exported from IDRISI to CARTALINX format. The sampling points were added as coverage to the georeferenced raster image. The consultation to the database was carried out on IDRISI and CARTALINX software, this routine was simpler and more effective in the latter. The fields or attributes of the soil database are: superficial texture (0-20cm), texture in depth (50-80cm), superficial salinity (0-20cm) and salinity in depth (50-80cm).

The sampling points and their attributes, as covering points, were extrapolated to their influence areas transforming them into polygons. The delimitation of the polygons was carried out with the support of the visual analysis of the cluster. The

---

\* Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Alte. Brown 500. (5505) Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.  
e-mail: ccea@fca.uncu.edu.ar

se realizó con el apoyo del análisis visual del cluster. Transformados los puntos cartográficos de la base de datos en polígonos, éstos se rasterizaron. En esta imagen, y mediante el Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL) del módulo de base de datos de IDRISI, se obtuvo una imagen discriminando los polígonos de textura fina en profundidad.

Independientemente de lo anterior, se rasterizó información histórica de las líneas que unen puntos de igual distancia de la superficie a la freática: las isobatas. Con ella, se creó una imagen Booleana donde se ubicaron las zonas de mayor ascenso freático.

Realizando OVERLAY (IDRISI), con las dos imágenes se obtuvo una cartografía donde están expresadas las zonas de freática cercana a la superficie y textura fina en profundidad. Esta imagen, surgida de una modelización, se comparó con otra, que zonifica la salinidad de los suelos y se constató las zonas coincidentes.

polygons were converted into a raster image. On this image and by means of Structured Query Language (SQL) of the module of IDRISI database, an Boolean image was obtained discriminating polygons of fine texture in depth.

Independently of the above mentioned, the historical information of the lines that unites equal points distance from the surface to the phreatic water, the isobatas, were converted to a raster image. As a result another Boolean image was generated, where the areas of more ascent phreatic water were located.

By means of OVERLAY command (IDRISI) and the two Boolean images obtained, a new cartography was generated where the areas of phreatic water near to the surface and fine texture in depth were expressed. The image, arisen of a model, was compared with another image that zones the salinity of the soils and the coincident areas were verified.

## Palabras clave

IDRISI • teledetección • salinización de suelos

## Key words

IDRISI • teledetection • soil salinity

## INTRODUCCIÓN

El estudio consistió en la integración de los software IDRISI 2.0, CARTALINX 1.0, ArcView GIS 3.0a, para procesar fotografías aéreas, manejar base de datos, modelizar y cartografiar áreas de mayor peligrosidad a la salinización y de mayor dificultad a la recuperación, corroborando la cartografía obtenida con datos e información histórica de salinidad y calidad de suelos. No se incluyó ni analizó el efecto de la red de drenaje artificial instalado en la zona. El modelo se diseñó sólo con datos reales. La única suposición fue la interpretación de la información real obtenida de la tonalidad de las fotografías aéreas escaneadas. La convalidación de los resultados también se realizó con datos reales, sin constatar su veracidad por ser históricos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### • Materiales

ArcView 3.0a; IDRISI 2.0 y CARTALINX 1.0.

Fotografía aérea pancromática del distrito Km 8 (Guaymallén, Mendoza), de 1963, cuyas coordenadas UTM de los vértices SO y NE son: 526057, 6353331 y 531192, 6359118 respectivamente. De 22 x 22 cm, escala aprox. 1:23.000.

- **Antecedentes bibliográficos:** (1, 2, 3, 9)

La fotografía fue escaneada con una resolución de 100 dpi y gravada con extensión bmp. Se introdujo al entorno IDRISI. Se la georreferenció con el módulo RESAMPLE (IDRISI) utilizando la cartografía base digitalizada a partir de cartas catastrales 1:10.000 con Arc/Info en mesa digitalizadora. Esta cartografía está georreferenciada en el sistema de coordenadas UTM y tiene los asentamientos, calles y accidentes geográficos más importantes. También se digitalizaron las calles en pantalla con IDRISI y se rectificaron en CARTALINX.

Con el módulo CLUSTER (IDRISI) se procesó digitalmente la imagen. Se obtuvo una clasificación no supervisada, dada por los valores de reflectancia de la imagen. El CLUSTER se hizo a nivel general, con 17 conglomerados como máximo, y se visualizó con paleta Cualitativo 256 (IDRISI). Sobre esta imagen se superpuso la base catastral.

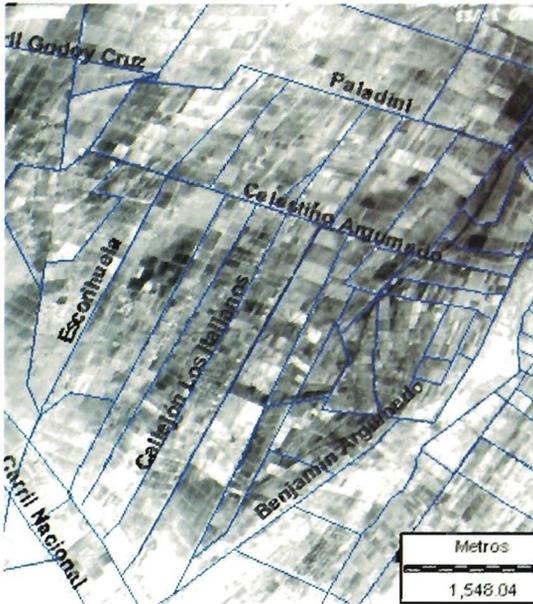
De ArcView se exportó a IDRISI una base de datos de atributos edáficos históricos (1975), con 2475 registros, del Oasis N del río Mendoza, georreferenciados en UTM. De IDRISI se exportó a CARTALINX. Los sitios de muestreo se añadieron como cobertura a la imagen raster georreferenciada. Con los softwares se realizaron consultas en la base de datos. Los campos de la base de datos edáficos son: textura superficial (0-25 cm), textura en profundidad (50-80 cm), salinidad superficial (0-25 cm) y salinidad en profundidad (50-80 cm) (2).

Los lugares de muestreo y sus atributos, graficados como cobertura de puntos, se extrapolaron a sus zonas de influencia convirtiéndolos en polígonos. Para ello, se digitalizaron en pantalla las zonas presumiblemente representadas por cada punto. Se efectuó con IDRISI y se corrigió con CARTALINX. Esta extrapolación y delimitación de los polígonos se realizó con el apoyo del análisis visual del cluster. Transformados los puntos cartográficos de la base de datos en polígonos, éstos se rasterizaron. Mediante el Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL), del módulo de base de datos de IDRISI, se obtuvo una imagen discriminando los polígonos de textura fina en profundidad. Independientemente de lo anterior, se rasterizó información histórica de las líneas que unen puntos de igual distancia a la superficie desde la freática, las isobatas. Con ella se creó una imagen Booleana. Realizando un OVERLAY (IDRISI) con las dos imágenes se obtuvo una cartografía donde están expresadas las zonas de freática cercana a la superficie y textura fina en profundidad. Esta imagen, surgida de una modelización, se comparó con la otra y las coberturas que zonificaban la salinidad y la clase de suelos. Se constató las zonas coincidentes.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La georreferenciación de la foto fue muy dificultosa. Posiblemente la cartografía base utilizada, digitalizada en mesa y sobre cartas catastrales, no es suficientemente precisa como para hacerla coincidir exactamente con las calles y accidentes geográficos principales, o bien la distorsión de la foto es muy variable según las direcciones e IDRISI no tiene la capacidad de corregirlas. No obstante esta dificultad, después de muchas aproximaciones, se logró un ajuste bastante bueno.

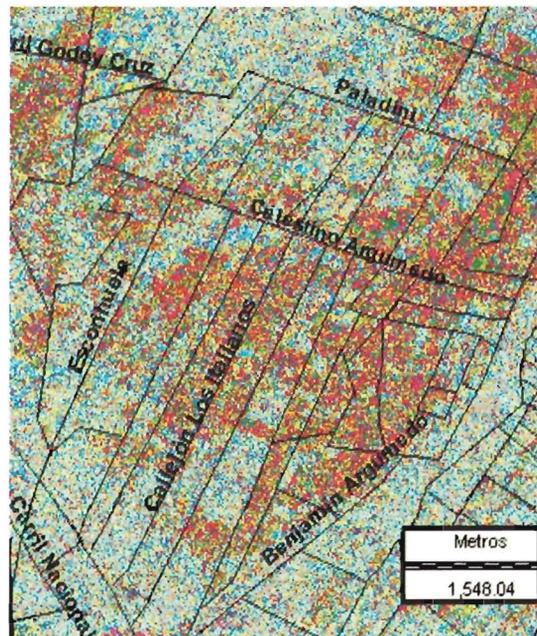
**Figura 1.** Stretch del resample de la foto barri-  
da del Km 8. 1963.



No se interpretaron las 17 clases de reflectancia. Este artilugio se utilizó sólo para visualizar, delimitar y discriminar zonas generales evidentemente diferentes. Del conocimiento de la zona y de la interpretación de las imágenes resultan zonas con mayor acumulación de materia orgánica en superficie, producto de freáticas cercanas y/o textura más arcillosa. Esto se observa al NO y O de la calle B. Argumedo, llegando hasta el callejón Escoihuela; en el ángulo SE de la intersección de Paladini y S. del Castillo y en el ángulo SO del Carril Godoy Cruz y Calle 11. También se visualizan zonas de diferentes condiciones edáficas y sectores cuya reflectividad depende del manejo realizado en las fincas. Por ejemplo, rectángulos claros, dentro del gran manchón oscuro, entre las calles Silvano Rodríguez y La Superiora.

Con este ajuste se georreferenció la foto aérea a UTM. Aunque el ajuste era bueno para una mejor visualización de la correspondencia de la cobertura de calles, éstas se digitalizaron sobre la imagen resampleada y con STRETCH lineal de saturación de 5%. Se realizó con IDRISI y se rectificó con CARTALINX (figura 1).

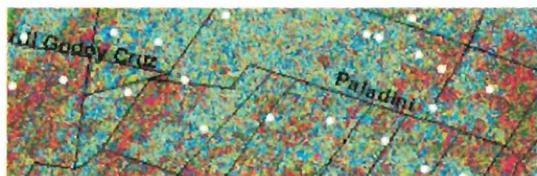
En la imagen sin STRETCH se realizó su procesamiento digital, obteniendo una clasificación no supervisada dada por los valores de reflectancia. Después de reiteradas pruebas se optó por el Cluster a nivel general, con 17 conglomerados como máximo. Sobre esta imagen se superpuso la base catastral, a los efectos de la ubicación geográfica (figura 2).



**Figura 2.** Cluster, 17 clases, del resample de  
Km 8. 1963.

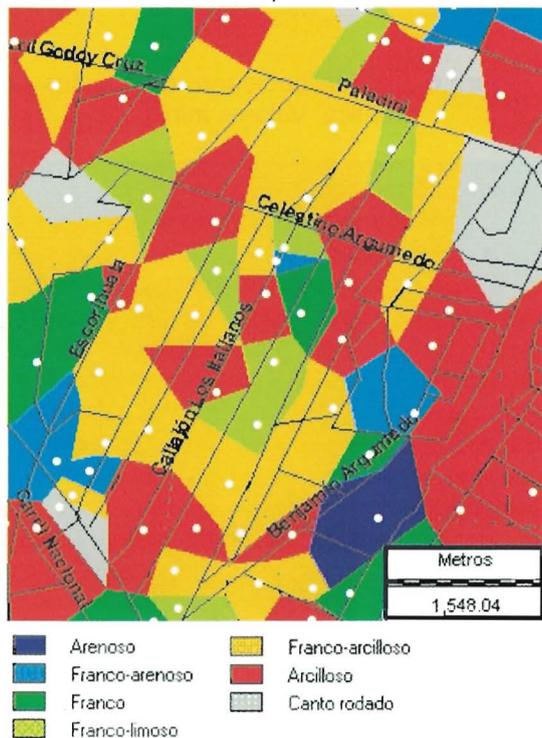
La base de datos de los atributos edáficos, con 2475 registros, se importaron a IDRISI desde ArcView. De IDRISI se exportó a CARTALINX. Los sitios de muestreo se añadieron como cobertura a la imagen raster georreferenciada. La base de datos fue un archivo de Access y el tipo de datos de todos los campos fue doble. Estos datos se transformaron en enteros, añadiéndole nuevos campos. En IDRISI, con auxilio del SQL, se seleccionaron los registros con los identificadores (IDR\_ID) que se ubicaban en la imagen (nuevo archivo de base de datos "dominio6"). Con los softwares se realizaron consultas en la base de datos (figura 3) siendo esta rutina más sencilla y efectiva en CARTALINX.

**Figura 3.** Muestreo edáfico de Km 8. 1975. Bases asociadas de datos.



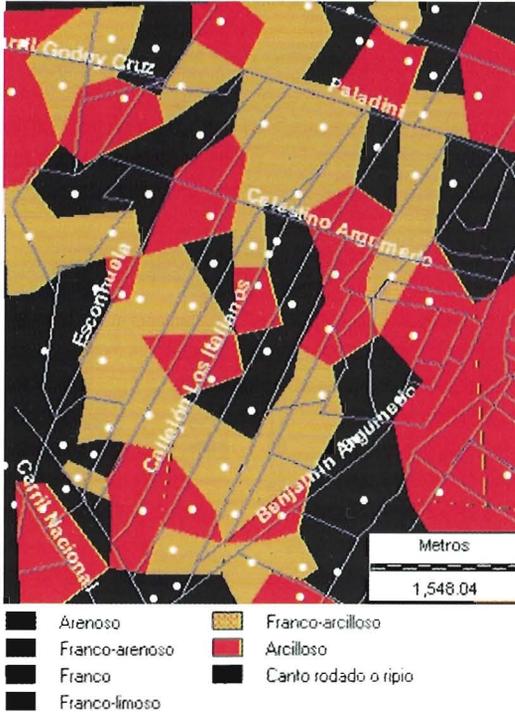
IDRISI DATABASE					
DR_ID	TEX_SUP	TEX_PROF	SAL_SUP	SAL_PROF	Numeraci
1338	4	5	2380	8000	1338
1339	5	7	5714	0	1339
1340	5	4	2941	0	1340
1341	6	6	4878	0	1341
1342	4	5	5000	0	1342
1343	4	6	2941	5405	1343
1344	4	6	2739	3448	1344
1346	4	6	2439	2564	1346
1351	1	1	0	0	1351
1359	4	1	0	0	1359
1360	3	6	4761	6250	1360

**Figura 4.** Polígonos de similares atributos edáficos. Capa de 50-80 cm.



Los lugares de muestreo y sus atributos asociados, graficados como cobertura de puntos, se extrapolaron a sus zonas de influencia convirtiéndolos en polígonos. Para ello, se digitalizó en pantalla las zonas presumiblemente representadas por cada punto. Se efectuó con IDRISI y luego se corrigió con CARTALINX. Esta extrapolación y delimitación de los polígonos se realizó con el apoyo del análisis visual del cluster. Se expresa extrapolación, y no interpolación, porque no se asignaron nuevos valores a partir de los datos existentes. Transformados los puntos de la base de datos en polígonos, éstos se rasterizaron para posteriormente realizar análisis de imágenes. Con respecto a textura, los campos de la base de datos edáficos son: textura superficial (0-25 cm), textura en profundidad (50-80 cm).

**Figura 5.** Arcillas en profundidad, producto del filtro de SQL.

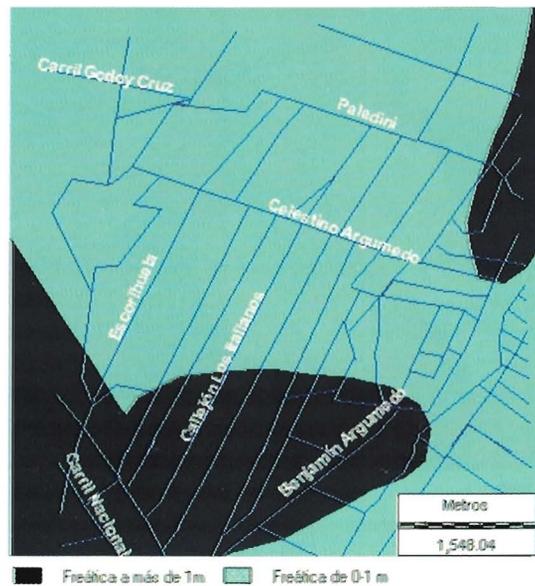


Éstos están calificados con niveles nominales: 1. arenoso; 2. franco-arenoso; 3. franco; 4. franco-limoso; 5. franco-arcilloso; 6. arcilloso; 7. ripio o canto rodado. Se asume que los datos son confiables (2). En figura 4 (pág. 99) se visualizan los polígonos a los cuales se les ha asignado el campo de textura en profundidad de la base de datos. Se optó por una generalización de la calificación textural, considerando que las categorías 5 y 6 si son texturas finas y, que, seguramente, se diferencian de las categorías de texturas gruesas. Mediante el SQL, del módulo de base de datos de IDRISI, se seleccionaron las texturas finas en profundidad.

La rutina utilizada fue: Consulta\Crear filtro (SQL); SELECT dominio6.\* FROM dominio6 WHERE textprof > 4 and textprof < 7. De la visualización de este filtro y del campo de textura en profundidad se obtuvo una imagen discriminando los polígonos de textura fina, o arcilla en profundidad (figura 5).

Independientemente de lo anterior, se rasterizó información histórica de las líneas que unen puntos de igual distancia de la superficie a la freática: las isobatas. Con ella, se creó una imagen Booleana (figura 6), donde se ubicaban con el valor 1 las zonas de mayor ascenso freático.

**Figura 6.** Imagen booleana de isobatas de freática. Valores mínimos.



Realizando un OVERLAY (IDRISI), con las dos imágenes se obtuvo una cartografía de peligrosidad salina donde están expresadas las zonas de freática cercana a la superficie y textura fina en profundidad. Es decir, dos de los factores más importantes para la salinización de los suelos y condicionantes de su recuperación (figura 7). En esta imagen también se consignan los valores de salinidad total de las determinaciones realizadas.

Esta imagen, surgida de una modelización, se comparó con otra imagen (figura 8) que zonifica, con colores, la salinidad de los suelos. En la base de datos la información de salinidad es: salinidad superficial (0-25 cm) y en profundidad (50-80 cm) y determinaciones del extracto de

Figura 7. Peligrosidad salina, arcilla en profundidad y freática alta.

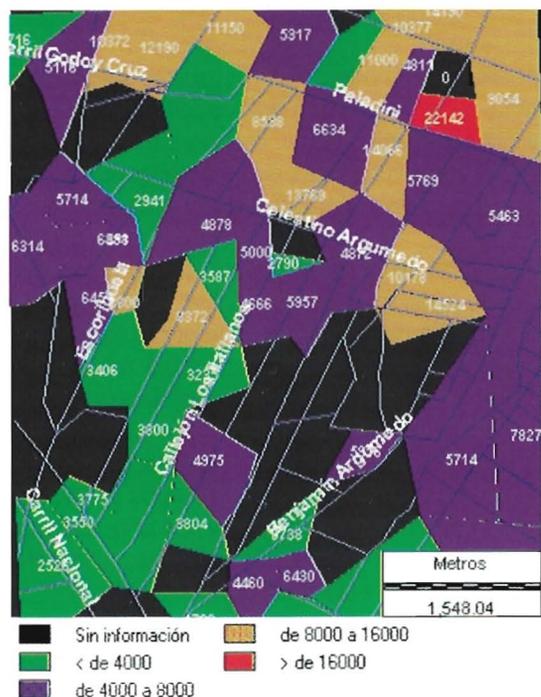
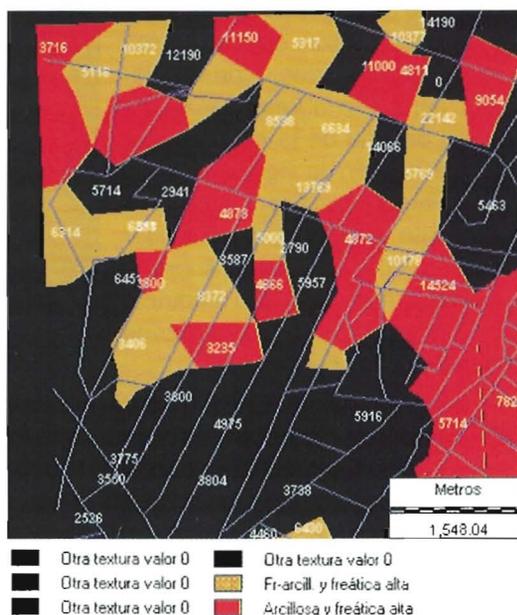


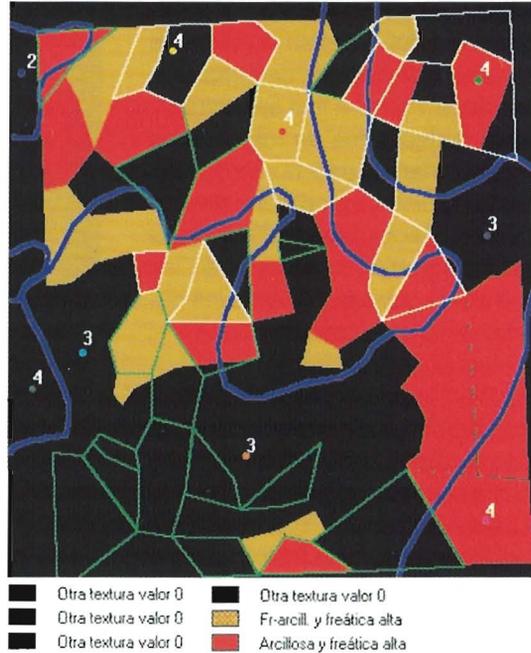
Figura 8. Codificación de la conductividad eléctrica ( $\mu$ Siemens).

saturación en  $\mu$ mhos/cm, a 25°C. El trabajo original tiene estas unidades porque los numerales son los mismos que si se expresaran en  $\mu$ Siemens/cm. Para caracterizar la salinidad de cada polígono se optó por el criterio de ponderar la información de las dos capas. Para ello, se creó otro campo en la base de datos: salinidad total (saltotal), igual a 0,7 de la salinidad en profundidad + 0,3 de la salinidad en superficie. Se consideraron esos factores porque las sales son muy dinámicas y pueden movilizarse con mucha facilidad, y porque son más difíciles de recuperar las que están en profundidad que en superficie. No existían determinaciones de salinidad de todos los polígonos (2); en esas alcuotas de suelo no se efectuaron análisis de salinidad por considerarlas no salino en base a sus características organolépticas.

Se podría haber atribuido un valor menor de 4000 y completar el valor de todos los polígonos pero se optó por utilizar solamente los valores confirmados. Con los valores reales y la representación del campo saltotal de la base de datos, se obtuvo la figura 8 (pág. 101). Para la zonificación se tuvo en cuenta el criterio de clasificar la salinidad de los suelos sobre la base de la conductividad eléctrica. En la imagen están consignados los valores del campo.

En la base de datos se realizaron tres filtros con la sentencia SQL. Con ellos se obtuvieron los polígonos con salinidad menor de 4000, los de mayor de 8000 y los intermedios. Obtenidas estas imágenes raster de baja, alta e intermedia salinidad, se vectorizaron.

**Figura 9.** Asociación del modelo peligrosidad salina y datos reales.



Estos vectores se usaron como cobertura del modelo de peligrosidad salina (figura 7, pág. 101) para realizar la cartografía de convalidación del modelo (figura 9). En ella, los polígonos verdes expresan salinidades reales bajas, menores de 4 000. Las salinidades elevadas, mayores de 8 000, están expresadas con los polígonos amarillos. Las salinidades intermedias no se cartografiaron para una mejor visualización.

De la interpretación de esta composición se comprueba que los factores elegidos, textura fina en profundidad y nivel de freática, explican el nivel de salinización de la mayoría de los polígonos. No se visualiza mayor asociación por lo expresado anteriormente. Muchos polígonos no tenían información de salinidad real. Sobre esta composición se importó, con ArcView, la cobertura de clases de suelos (2): líneas azules. Ésta es la antigua, clásica y mundialmente extendida Clasificación Utilitaria de suelos con fines de regadío, la cual establece seis clases de terreno. En la imagen se consignan con números arábigos las clases de suelos presentes en el estudio original del "Consortio Potrerillos" (3). Sin analizar los criterios utilizados para dicha clasificación, se observa buena asociación entre la cartografía realizada y la discriminación de suelos hecha por el Consorcio.

Además de estas informaciones publicadas, se digitalizaron, cartografiaron y utilizaron como coberturas otras series de datos edáficos históricos, sin consignarlos, para una mejor visualización. De las interpretaciones realizadas, muchos trabajos, en general, coinciden con la cartografía elaborada (figuras 7 y 9).

En estudios más detallados, con calicatas muy cercanas y diferenciando muchas capas, la clasificación edáfica se vuelve muy dificultosa, producto de la heterogeneidad de los suelos aluvionales. Hay vértices que unen cuatro o cinco polígonos, de distintas características edáficas, demostrando que, en muy pequeñas distancias, existen muchas diferencias. En un estudio muy detallado, a distancia de 20 m, se comprobaron diferencias cualitativas del perfil del suelo, en general, asociadas con la cartografía elaborada de polígonos.

## **CONCLUSIONES**

- ❖ Se obtuvo una metodología de pronóstico de suelos salinos, interpretando fotografías aéreas e información edáfica histórica.
- ❖ Se logró cartografiar la correlación existente entre textura arcillosa en profundidad y freática, con problemas de salinización y recuperación de suelos salinos.
- ❖ El modelo elaborado convalidó, en el sector estudiado, que la información edáfica de la base de datos histórica utilizada tiene bastante coherencia.
- ❖ Este tipo de cartografía debe entenderse a nivel general.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Cappé, O. E. 1997. Sistema de información ambiental. I- Base cartográfica de las zonas N y E de Mendoza (Argentina). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo XXIX. N° 1: 75-103. UNCuyo. Mendoza.
2. \_\_\_\_\_ . 1998. Sistema de información ambiental. II- Suelos del río Mendoza en formato digital. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo XXX. N° 2: 21-60. UNCuyo. Mendoza.
3. Consorcio Potrerillos. 1975. Aprovechamiento múltiple Potrerillos. Río Mendoza. Estudios: Suelos. Tomo 39. Comité Conjunto Provincial de Mendoza. Agua y Energía Eléctrica. 320 p.
4. Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Rialp. Madrid. España.
5. Eastman, J. R. Idrisi para Windows. Guía del Usuario V.2.0. Clark University. Worcester. USA.
6. Ibáñez, G.; Hudson, R.; Masotta, H. y Mirábile, C. 1994. Detección, delimitación y control dinámico de las áreas salinas en suelos irrigados, mediante el uso de imágenes satelitarias Landsat TM. III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Santiago de Chile.
7. Instituto Geográfico Militar. 1942. Carta topográfica de Rodeo del Medio.
8. Masotta, H.; Hudson, R. e Ibáñez, G. 1995. Teledetección de la salinidad y revenimiento en áreas irrigadas del departamento General Alvear (Mendoza). Mendoza Ambiental.
9. Ortiz Maldonado, G. 1988. Instalación de redes freáticas en las áreas irrigadas de la provincia de Mendoza. Publicación Técnica N° 11. Departamento General de Irrigación. Mendoza.
10. Perez Valenzuela, B. R. 1999. Edafología en la Agricultura regadía cuyana. Fundar. Mendoza. Argentina. 205 p.
11. Romanella, C. A. 1957. Los suelos de la región del río Mendoza. Boletín de estudios geográficos N° 14, UNCuyo. Mendoza.

