



EL SISTEMA IDRISI PARA LA DIFERENCIACIÓN DE COBERTURA DE SUELOS EN SAN MARTÍN (MENDOZA, ARGENTINA)

THE IDRISI SYSTEM TO DIFFERENTIATE COVERINGS OF SOILS AT SAN MARTÍN (MENDOZA, ARGENTINA)

Benjamín R. Perez Valenzuela *
Gloria L. Zamorano de Montiel **
Soledad M. Cuccia de Pellizzoni *
Osvaldo E. Cappé *

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue demostrar la validez de un método para juzgar las posibilidades del sistema IDRISI para diferenciar coberturas del suelo o usos de la tierra, y características edáficas en el oasis norte de Mendoza (Argentina) a través de una imagen Landsat Thematic Mapper.

Las imágenes fueron procesadas mediante el sistema ERDAS, y transformadas al formato IDRISI. Se georreferenciaron utilizando un mapa base digitalizado en el sistema UTM. Se creó una imagen en falso color compuesto. Se realizó análisis visual y digital. El tratamiento digital fue doble:

1. supervisado por el procedimiento de la mínima distancia, por el del paralelepípedo o de las cajas e hipercajas y por el de máxima verosimilitud o probabilidad.

2. no supervisado.

La zona estudiada está caracterizada por una acentuada heterogeneidad en el uso de la tierra y por factores de manejo cultural de las parcelas que potencializan la variabilidad espectral.

ABSTRACT

The objective is to demonstrate the validity of a certain methodology to judge the possibilities of the system IDRISI to differentiate coverings of the soil or uses of this and edaphic characteristics in the oasis north mendocino, through of an image Landsat Thematic Mapper.

The images were processed by means of the system ERDAS, and transformed to the format IDRISI. The georeferention using the map bases on the system UTM. The digital treatment was supervised and not supervised. Supervised by the procedure of the minimum distance, for the parallelepiped or of the boxes and for that of maximum likelihood.

The studied area is characterized by an accentuated heterogeneity in the distribution of the use of the earth, and for effect of the factors of the cultural handling of the parcels that increase the ghashtly variability.

The obtained cartographies are mainly, the covering and handling of the suelo, and they can not be denominated as uses of the earth.

* Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. (5505) Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.
e-mail: caifca@uncu.edu.ar

** Facultad de Filosofía y Letras. UNCuyo. Mendoza. Argentina.

Las cartografías obtenidas son, fundamentalmente, de cobertura y manejo del suelo y no pueden denominarse de usos de la tierra. En Tres Porteñas (San Martín) se comprobó que la teledetección, con una sola imagen de verano, utilizando IDRISI, es una técnica inviable para realizar una cartografía temática de suelos, con serias limitaciones para una clasificación precisa de los diferentes cultivos.

It was proven that the teledetection with a single summer image, IDRISI, is an inviable technical, in Tres Porteñas (San Martín), to carry out a thematic cartography in soil and it also has serious limitations to made a precise classification of the different crops.

Palabras clave

IDRISI • teledetección • uso del suelo

Key words

IDRISI • teledetection • soil used

INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende vincular aportes teóricos interdisciplinarios de Geografía y Edafología con la tecnología informática y la teledetección. Su objetivo fue determinar la validez de un método evaluativo de las posibilidades del sistema IDRISI para diferenciar coberturas del suelo o usos de la tierra y características edáficas en el oasis norte de Mendoza (Argentina) -específicamente en la cuenca inferior del río Mendoza- a través de una imagen Landsat Thematic Mapper.

MATERIALES Y MÉTODO

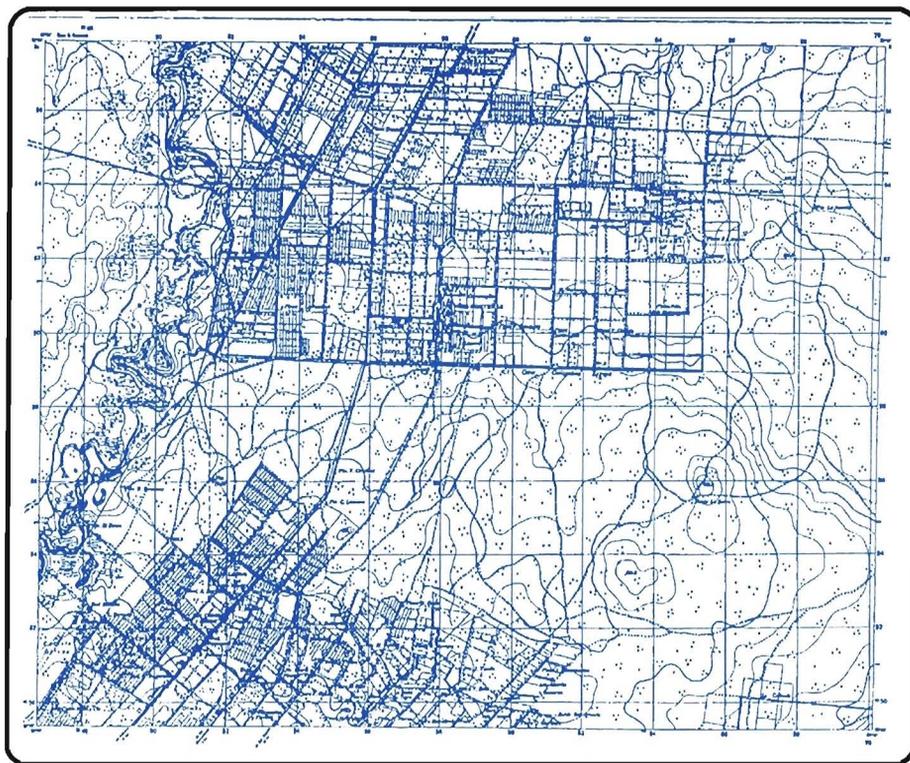
El documento básico para este estudio fue una sola imagen de verano Landsat Thematic Mapper del nordeste de Mendoza, tomada el 18/12/95, que abarca el centro-norte del departamento de San Martín. Dicha imagen aparece en tres canales del espectro electromagnético:

Banda	λ (μm)
Rojo	0.63 - 0.69
Infrarrojo cercano	0.76 - 0.90
Infrarrojo medio	1.55 - 1.75

Se consultaron documentos cartográficos y bibliográficos de la zona estudiada, utilizando como mapa de ubicación general a la carta topográfica de Chapanay (Instituto Geográfico Militar, figura 1, pág. 77), con escala 1:50.000, ubicada entre latitud S.: 32° 50' a 33°, y longitud O.: 68° 30' a 68° 15'.

Se dispuso de una base de datos bajo el sistema Arc/Info. Con los límites de los asentamientos principales, las redes camineras y de riego, y varios puntos de muestreo de suelos, convertida al sistema UTM (Universal Transverse Mercator).

Figura 1. Chapanay (Mendoza, Argentina).



El estudio se realizó en dos etapas fundamentales:

1. Tratamiento preliminar de las imágenes

Las imágenes fueron procesadas mediante el sistema ERDAS y transformadas al formato IDRISI. Se georreferenciaron utilizando el mapa base en el sistema UTM. Se localizaron rasgos en la carta base y se establecieron los correspondientes en la imagen; de este modo se creó un archivo de correspondencias en el sistema IDRISI. A continuación, se realizó un ajuste cuadrático de la superficie polinomial y así se obtuvo, finalmente, la imagen convertida al sistema UTM. Mediante el comando STRECHT se llevó a cabo un realce de contraste para cada una de las bandas con el objeto de visualizar mejor las imágenes y sus detalles. Se creó una imagen en falso color compuesto, con las imágenes georreferenciadas. Ésta -una fracción de la imagen total- llega más al norte del río Mendoza. No se cartografiaron en su totalidad para obtener una mejor visualización.

2. Clasificaciones de la imagen

Tras análisis visual y tratamiento -o análisis digital- de la imagen, se hicieron clasificaciones supervisadas y no supervisadas. En las primeras, en la imagen de banda 4, se digitalizaron sitios de entrenamiento o polígonos de muestreo por cada

clase de uso conocido de la tierra. Con el módulo MAKESIG se crearon las firmas espectrales de cada clase establecida. Se graficaron y compararon las firmas espectrales con el menú de IDRISI Analysis/Image Processing/SIGCOMP. Con EDITSIG se interpretaron los histogramas de las firmas espectrales, en cada una de las tres bandas y se ajustaron los rangos espectrales más adecuados.

Con los archivos de las firmas corregidas se realizaron tres clasificaciones supervisadas:

- 1^a. considerando el procedimiento del paralelepípedo o de las cajas e hipercajas.
- 2^a. desarrollada teniendo en cuenta la mínima distancia a la media espectral, que calcula la distancia de la radiancia de cada pixel a la media espectral de cada signatura y, luego, asigna a cada pixel la categoría cuya media le es más cercana.
- 3^a. según el criterio de máxima verosimilitud o probabilidad, por el cual se calcula la probabilidad de que un pixel pertenezca a una u otra categoría considerando la media aritmética y la varianza que corresponden a cada clase.

Posteriormente, se seleccionaron nuevos polígonos de observación para validar las distintas firmas espectrales asignadas a los diferentes usos de la tierra. Con las clasificaciones realizadas se efectuaron salidas a campo para verificar *in situ* las coberturas del suelo asignadas, y se extrajeron muestras edáficas para determinar sus atributos físicos y químicos. Se confeccionó el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) mediante una operación matemática, pixel a pixel, entre los números digitales (ND) almacenados en las bandas 4 y 3 de la imagen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer resultado obtenido fue la imagen georreferenciada que, realizada con el archivo de correspondencia de 48 puntos, dio un error medio cuadrado de 3,56. Seleccionando los sitios con error residual para cada punto de control menor que 2 se redujo a 37 puntos dando como resultado final un error medio cuadrado de 1,02. Sobre la imagen de falso color compuesto se realizó el "overlay" de la base de datos digitalizada, archivo vector, donde figuran los límites de los asentamientos principales, las redes camineras y de drenaje. La superposición realizada fue muy buena (figura 2, pág 79). Las calles digitalizadas, prácticamente, coincidieron con las calles de la imagen. Con este procedimiento se tuvo una ubicación geográfica inmediata de las distintas parcelas y se comprobó buena corrección geométrica.

El estudio de las clasificaciones tradicionales de suelos (7, 3), el conocimiento general de la zona y el análisis visual de las imágenes orientaron el trabajo hacia el análisis de cobertura del suelo. Con el análisis digital no supervisado (CLUSTER) de la imagen de falso color compuesto se realizaron varias clasificaciones. La de mejor visualización fue la de 7 "cluster", clasificando los valores de reflectividad de la imagen como máximo en 7 clases (figura 3, pág. 79). Esta cartografía está desplegada con la paleta Qualitative de 16 colores.

Figura 2. Falso color compuesto. Tres Porteñas - San Martín (Mendoza).

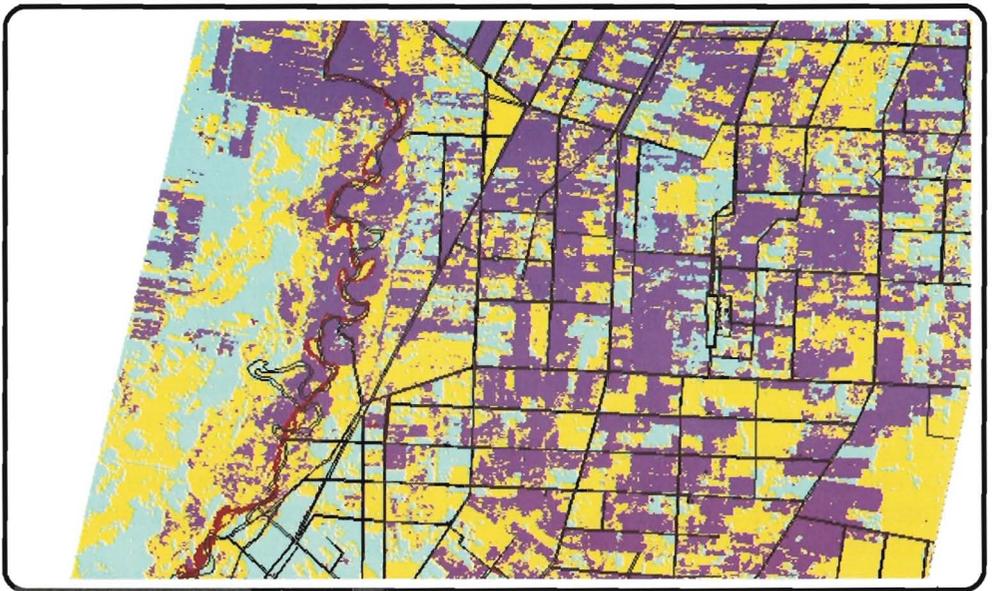
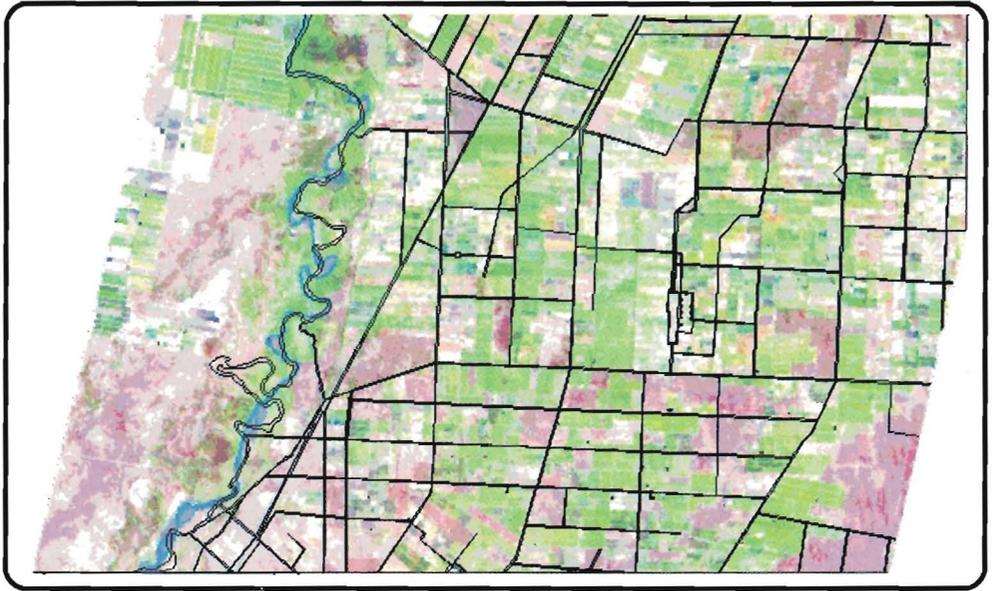


Figura 3. Clasificación no supervisada. 7 clases.

Interpretación de los colores predominantes de la imagen

1. Violeta

Áreas cultivadas con parrales, frutales y contraespalderas o áreas incultas naturales

2. Amarillo

Áreas incultas vírgenes con vegetación, o frutales, parrales y contraespalderas, con gran exposición de suelo

3. Verde turquesa

Terrenos abandonados, con gran reflectividad del suelo, mayor que en 2 y con muy poca vegetación.

La diferenciación entre terrenos cultivados y vírgenes, del mismo color, debe hacerse por el contexto geográfico y forma geométrica de las parcelas. Por ejemplo, las próximas al río Mendoza están incultas y las que tienen forma geométrica están o han sido cultivadas. Estos resultados demuestran que el método utilizado es parcialmente adecuado para diferenciar cobertura de la tierra. No es preciso porque no discrimina los cultivos y confunde sectores cultivados con incultos. En general ha quedado cartografiado donde existen extensas áreas incultas vírgenes (color amarillo), áreas cultivadas con abundante masa vegetativa (violeta de formas regulares) y sectores abandonados (verde turquesa). Sobre la base de los antecedentes edáficos y del conocimiento que se tiene del área, se concluye que este módulo cluster de IDRISI, utilizando una sola imagen de verano, no ha sido efectivo en Tres Portañas para delimitar zonas o definir áreas con distintas condiciones edáficas.

Las clasificaciones supervisadas se obtuvieron después de un trabajo interactivo entre la interpretación de las imágenes clasificadas y la comprobación en el campo de los polígonos de entrenamiento y de verificación. Es aquí donde se combinaron dos tipos de clases: informacionales y espectrales (Labrandero, 1978, citado en 1). Las firmas espectrales establecidas, finalmente, estaban en correspondencia con las siguientes clases informacionales:

- Parrales vigorosos, con gran cobertura del terreno.
- Parrales menos vigorosos.
- Frutales.
- Parrales o frutales con mayor exposición de suelo.
- Contraespalderas.
- Incultos, con monte alto, vegetación predominantemente verde.
- Incultos, en algunas zonas con médanos y menor vegetación natural.
- Incultos, de zonas con gran exposición de suelos.

Idealmente tendría que haber una correspondencia biunívoca: a cada clase de cobertura le debería corresponder un único grupo espectral y viceversa (1). Para comprobarlo se utilizó el menú de IDRISI, Analysis/Image Processing/SIGCOMP, y se obtuvieron los gráficos de comparación de firmas. En primera instancia se realizó con las 8 firmas y, posteriormente, se compararon de a dos. De estos gráficos surgen muchas conclusiones; entre ellas:

- 1 se diferencia de 2, en más, en banda 4, es decir 1 tiene mayor reflectividad de masa vegetal;
- 8 se diferencia, en más, de todos, en banda 3 y 5, lo que demuestra que en esos sitios de entrenamiento la mayor reflectividad se debe al suelo.

- Las otras firmas espectrales superponen, en forma variable, sus rangos de reflectividad en las distintas bandas. Esto significa que las categorías informacionales creadas comparten una misma clase espectral.

Asimismo, sobre la base de esas clases informacionales creadas se desprende que una misma categoría de cobertura de suelo está expresada en varias clases espectrales. Las categorías informacionales de parral y frutales -muy heterogéneas espectralmente- se dividieron en subclases. Después de la clasificación se agruparon nuevamente para obtener coberturas de suelo definidas por cultivos.

Sobre la base de lo expuesto, la interpretación general de los colores de las firmas espectrales del procedimiento del paralelepípedo, o de las cajas e hipercajas desplegada con Qualitative 16, es:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. rojo | 5. verde turquesa |
| 2. verde turquesa | 6. rosado |
| 3. verde turquesa | 7. blanco |
| 4. verde | 8. negro |

Con este clasificador se confunden parrales menos vigorosos, frutales y contraespalderas. Para simplificar la impresión de este artículo no se adjunta esta cartografía.

La clasificación de la mínima distancia a la media espectral también fue desplegada con Qualitative 16. La interpretación general de los colores es:

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. rojo | 5. verde turquesa |
| 2. violeta | 6. rosado |
| 3. violeta | 7. blanco |
| 4. verde y violeta | 8. blanco y azul |

En la figura 4 (pág. 82) está cartografiada la clasificación supervisada por máxima verosimilitud o probabilidad, también con Qualitative 16. Su interpretación general coincide con el anterior clasificador:

- | | |
|------------|-----------------------------|
| 1. rojo | 5. verde turquesa y violeta |
| 2. violeta | 6. rosado |
| 3. violeta | 7. blanco |
| 4. verde | 8. azul |

Al igual que en el análisis no supervisado, se apreció como característica fundamental la heterogeneidad fracturada de la radiancia. Las diferencias en la expresión vegetativa en una misma categoría de uso del suelo ofrece cambios en las firmas espectrales. El parral vigoroso presenta umbrales de reflectancia definidos, pero cuando se trata de uno de menor desarrollo, varía considerablemente la firma espectral. En muchas propiedades, la coexistencia de diferentes usos de la tierra y los distintos manejos confunde a menudo la interpretación de los valores de reflectividad. Existen cuarteles, con igual cobertura del suelo, parrales, frutales o contraespalderas, que manifiestan hasta tres signos espectrales.

Figura 4. Clasificación de la máxima verosimilitud.

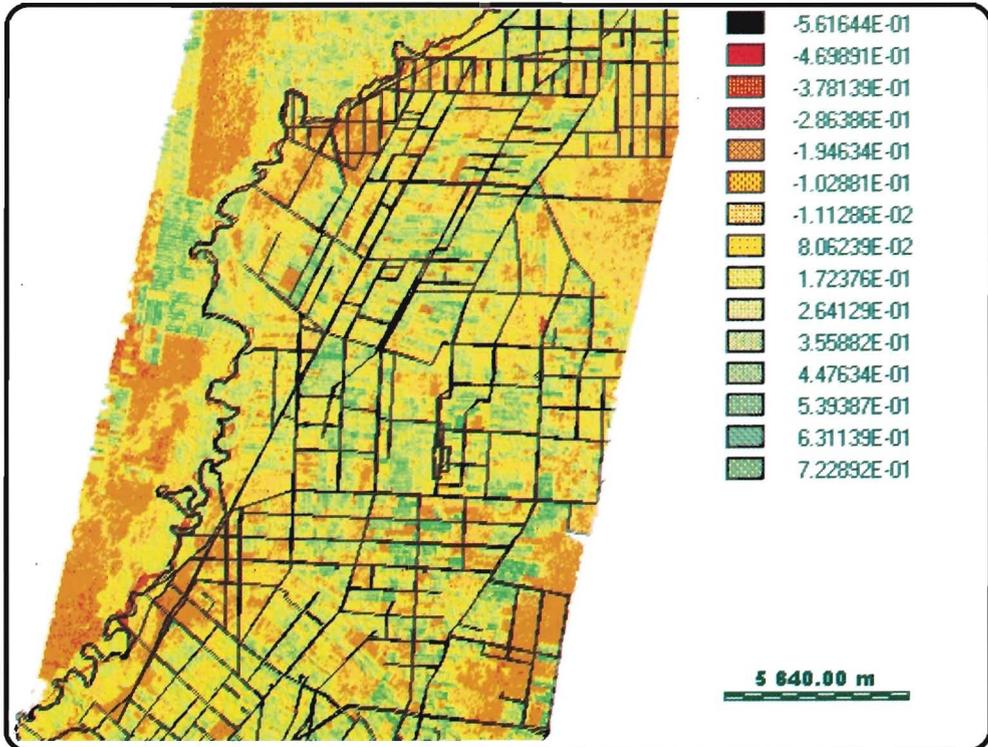


Figura 5. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).

En esta área de riego, con relieve predominantemente llano, en donde se han nivelado la mayoría de las propiedades cultivadas, la diferencia de vigor en los cultivos permanentes y los distintos estados del suelo (arado o no, enmalezado o no, regado o no) inciden notoriamente en los valores de reflectividad. En consecuencia, en la imagen aparecen clases que en realidad son subclases dentro del mismo uso de la tierra. Las categorías informacionales deben agruparse en categorías más generales, porque las de las leyendas no son discriminables. Muchos de los parrales no se pueden diferenciar de frutales, ni de contraespaldas. El tratamiento digital, a partir de esta sola imagen, no fue eficiente para lograr divisiones en las categorías de cultivados. Con esta imagen estival se discriminó, por colores, por forma geométrica y contexto geográfico, la zona de cultivo de la inculca. Pero para distinguir distintos cultivos será necesario utilizar imágenes adicionales o métodos más sofisticados.

Las cartografías obtenidas son, fundamentalmente, de cobertura y manejo del suelo y no pueden denominarse de usos de la tierra. En esta área mendocina se corrobora lo comprobado por varios autores acerca de la complejidad de clasificar digitalmente cubiertas que ofrecen una gran heterogeneidad espacial. No obstante estas limitaciones, han quedado perfectamente cartografiados y definidos sectores donde existen parrales vigorosos, sectores cultivados y sectores inculcos.

Para una mayor precisión del grado de cobertura y la discriminación entre suelos y vegetación se confeccionó el Índice de vegetación de diferencia normalizada: NDVI (figura 5, pág. 82), desplegado con paleta NDVI. Las referencias adjuntas son suficientemente explicativas. Este índice está acotado entre ± 1 y las referencias bibliográficas establecen como umbral crítico de cobertura vegetal el valor de $+0,2$. En la figura se observa que lo rojo en anteriores clasificaciones: parrales vigorosos, es verde oscuro, indicando mayor cobertura del suelo. Las zonas inculcas, con mucha exposición del suelo, dan valores negativos, de colores ocre. Luego una clasificación de suelos con el método usado y una sola imagen espacial es inviable.

La imagen tomada en verano y con gran heterogeneidad espectral fracturada constituye una limitación para realizar una clasificación edafológica, ya sea supervisada o no. En otras áreas mendocinas -por ejemplo, Valle de Uco- es factible realizar zonificación de suelos, porque existe gran variabilidad en las pendientes y hay grandes sectores anegados o salinos. Algo similar ocurre en Guaymallén (Mendoza), donde se pueden diferenciar áreas con alto contenido de materia orgánica de otras salinas. En cambio, el área estudiada, así como en la zona de riego de General Alvear (Mendoza) los valores de reflectancia de imágenes de verano no permiten individualizar suelos porque los factores que actúan sobre ellos son múltiples y enmascaran el efecto suelo. En Tres Portañas, mediante el estudio realizado, no fue posible corroborar o rebatir las clasificaciones de suelos efectuadas con métodos tradicionales.

En zonas de San Martín (Mendoza), con equipamientos y software diferentes, se ha comunicado que las imágenes de verano son las que dan mejores respuestas para la diferenciación visual de los elementos del terreno y que la cobertura vegetal es el factor que más incide en la reflectancia captada por los sensores remotos,

permitiendo una mayor apreciación del efecto salino que soporta el vegetal (5). Es decir, que es posible realizar una clasificación de un atributo del suelo: la salinidad. En futuros trabajos se analizarán digitalmente imágenes de invierno de esta misma área, con el objeto de que el máximo desarrollo de la cobertura vegetal del verano no interfiera en los valores de radiancia propios del suelo y de este modo discriminar suelos.

CONCLUSIONES

- * Se logró muy buena superposición entre la imagen y la cartografía básica del área.
- * Del trabajo se ha obtenido una cartografía básica de la cubierta del suelo. Con esta imagen estival se discriminó por colores, por forma geométrica y contexto geográfico, la zona cultivada de la inculca.
- * Se comprobó que la teledetección, con una sola imagen de verano, utilizando IDRISI, es una técnica inviable, en Tres Porteñas, para realizar una cartografía temática de suelos, con serias limitaciones para clasificar con precisión los diferentes cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Rialp. Madrid. España.
2. Clark University, IDRISI for Windows '95. User Guide. Versión 1.0, U.S.A.
3. Consorcio Potrerillos. Consultora Sudamericana S. A. Estudios de Suelos.
4. Instituto Geográfico Militar. 1942. Carta topográfica de Chapanay, hoja 3369-17-3 Bs. As.
5. Ibañez, G. et al. Detección, delimitación y control dinámico de las áreas salinas en suelos irrigados, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat TM. III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Santiago de Chile.
6. Masotta, H.; Hudson, R. e Ibañez, G. 1995. Teledetección de la salinidad y revenimiento en áreas irrigadas del departamento General Alvear (Mendoza). Mendoza Ambiental.
7. Romanella, C. A. 1957. Los suelos de la región del río Mendoza. Boletín de estudios geográficos N° 14. UNCuyo. Mendoza.