

Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIII. N° 1. Año 2001



## CLASIFICACIONES DE COBERTURAS DE SUELOS EN SAN MARTÍN (MENDOZA, ARGENTINA)

### CLASSIFICATIONS OF LAND COVERS IN SAN MARTÍN (MENDOZA, ARGENTINA)

Benjamín R. Perez Valenzuela  
Carlos E. Salcedo  
Daniel E. De Cara

**Originales**  
Recepción: 28/09/2000  
Aceptación: 21/11/2000

#### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue adoptar un método para clasificar coberturas de suelos en áreas de cultivos intensivos, fundamentándolo en la exactitud de los datos cartografiados. Documentos básicos: bandas 3, 4 y 5 de las imágenes de verano Landsat Thematic Mapper del NE de Mendoza, capturadas el 18/12/95 y el 28/12/97. Se georreferenciaron con el sistema UTM-19s y se clasificaron con los sistemas rígidos de Mínima Distancia, Paralelepípedos y Máxima Probabilidad, o Verosimilitud. Las imágenes clasificadas se suavizaron con Filtro *moda* de Pasa-Baja.

La exactitud de los mapas se analizó construyendo Matrices de Confusión o de errores de los polígonos de entrenamiento. Se determinaron los índices Kappa Global y Kappa de Acuerdo de cada categoría clasificada. La cartografía con mayor confiabilidad, clasificando los polígonos de entrenamiento, fue el filtro de la imagen obtenida con el clasificador de Máxima Probabilidad procesando 6 bandas: 3, 4 y 5 del '95 y 3, 4 y 5 del '97. Su Kappa Global = 0,91. Descendió a 0,42 cuando se clasificaron los polígonos testigos. Con las clasificaciones

#### ABSTRACT

The objective of the work is to establish the fidelity of the data cartography like coverings or soil used. The basic documents were the bands 3, 4 and 5 of the summer images Landsat Thematic Mapper of the northeastern Mendoza taken on 12/18/95 and 12/28/97. They were georeferenced to the UTM-19s system. Supervised classifications of the images were made. The Minimum Distance, Parallelopipeds and Maximum Probability or Verisimilitude were the rigid classifiers used. The classified images were softened with Filter fashion of Pass-low.

The accuracy of the maps was described using an approach based on a confusion matrix or errors of training and test polygons. The Global Kappa index, and the Kappa index of Agreement of each classified Category was obtained. The cartography that gave the highest degree of dependability, using training polygons, with Global Kappa = 0,91, was the filter of the image that was obtained with the classifier of Maximum Probability processing the 6 bands, the 3, 4 and 5 of the '95 and the 3, 4 and 5 of the '97,

---

Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown N° 500. Casilla de Correo 7. M5528AHB Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.  
e-mail: [ccea@fca.uncu.edu.ar](mailto:ccea@fca.uncu.edu.ar)

incluyendo imágenes de textura las cartografías resultaron más fracturadas que con las seis bandas espectrales. Esta información adicional mejoró la confiabilidad de la categoría de parrales. La cartografía obtenida clasificando imágenes basadas en objetos fue menos fracturada pero de similar la confiabilidad.

but fall at 0,42 with test polygons. Classifications including texture images were carried out. A more fractured cartography was obtained that if the six ghasly bands are used, but the accuracy of Grapevine was better. Classification of the images based on object was carried out. The cartography is fewer fractured and the uncertainty of the map was the same.

### Palabras claves

SIG • IDRISI • teledetección • usos del suelo

### Key words

GIS • IDRISI • teledetection • soil used

## INTRODUCCIÓN

Como las clasificaciones de coberturas o usos de los suelos en la cuenca inferior del río Mendoza (Mendoza, Argentina) adolecían de errores, se propuso cuantificarlas evaluando la calidad final de los mapas temáticos. Los usuarios de tales cartografías podrían valorar así el ajuste con la realidad e interpretar el riesgo asumido al emplearlas. Este estudio continúa e integra otro anteriormente publicado (4).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los documentos básicos utilizados fueron las bandas 3, 4 y 5 de las imágenes de verano Landsat Thematic Mapper del NE de Mendoza capturadas el 18/12/95 y el 28/12/97, circunscriptas a la zona centro-norte del dpto. San Martín, encuadrada en la carta topográfica de Chapanay, hoja 3369-17-3 (Instituto Geográfico Militar) con escala 1:50 000 (latitud S: 32° 50' a 33° y longitud O: 68° 30' a 68° 15'). Se dispuso de una cartografía base digitalizada en el sistema UTM (Universal Transverse Mercator).

### • **Tratamiento de las imágenes**

Se georreferenciaron las imágenes del '95 al sistema UTM-19s usando la cartografía base. Las imágenes del '97 se registraron sin corrección geométrica con respecto a las del 95. Después se georreferenció a UTM, usando el mismo archivo de correspondencia. Se confeccionaron imágenes de falso color con las bandas 4, 5 y 3, del '95 y '97.

### • **Clasificaciones de las imágenes**

Se hizo una serie de clasificaciones supervisadas de las imágenes. Los polígonos de entrenamiento se digitalizaron teniendo como información de fondo la imagen de falso color georreferenciada (UTM-19s) del '97 con la cobertura de calles de la cartografía base. Con GPS (Sistemas Global de Posicionamiento) se corroboró la cartografía base y se apoyó la ubicación de los polígonos de entrenamiento y testigos. Los clasificadores rígidos utilizados fueron los de Mínima Distancia, Paralelepípedos y Máxima Probabilidad.

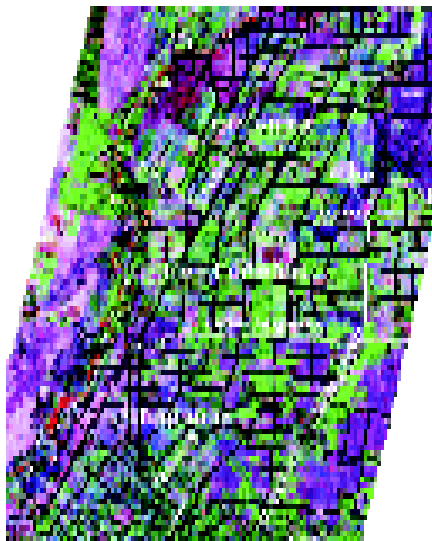
Las imágenes clasificadas se suavizaron con filtro moda Pasa-Baja, se utilizó filtro con ventanas 3x3, 5x5 y 7x7. También se realizó una clasificación dígito-visual basada en objetos.

- **Fiabilidad de los mapas**

La exactitud de los mapas se analizó construyendo Matrices de Confusión de las mismas áreas, o polígonos de entrenamiento, y polígonos testigos. Se obtuvieron los índices Kappa Global y Kappa de Acuerdo de cada categoría clasificada. Para seleccionar los campos de control se realizó un muestreo aleatorio por conglomerados. Se sortearon varios puntos y, a partir de ellos, se observaron varios sitios en las diferentes direcciones.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

- **Tratamiento de las imágenes**



**Figura 1.** Falso color; bandas 5, 4 y 3 del 18/12/95. Distritos y calles.

En la figura 1, se consigna la imagen georreferenciada del falso color de las bandas 5, 4 y 3 del '95. El archivo de correspondencia elaborado fue con 48 puntos de control, con un error total RMS = 3,32. Eliminando los 30 puntos de mayores desviaciones se obtuvo RMS = 0,50. Con este archivo de correspondencia ajustado, la superposición de las calles de la cartografía base coincidió muy bien con las de la imagen.

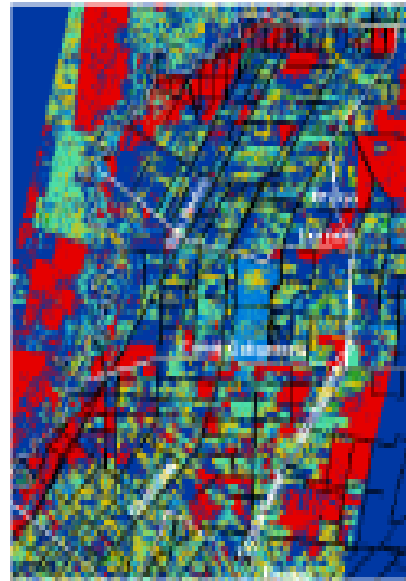
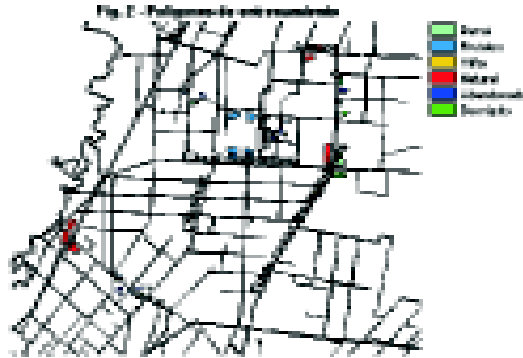
Para poder georreferenciar la misma ventana de las imágenes del '97 con respecto a las del '95 en sistema plano, se transformaron datos. Además, se cambió la documentación de los archivos de las imágenes que con el mismo número de filas y columnas se registraron en un archivo de correspondencia con posición de error de 1,00.

Las imágenes del '97, registradas en sistema plano a las del '95, lo fueron nuevamente en Sistema UTM-19s. Con el mismo archivo de correspondencia de 48 puntos y eliminación de los precitados 30 puntos (RMS = 0,50).

- **Clasificaciones de las imágenes**

Los clasificadores rígidos procesan las imágenes de satélite, pixel a pixel, a partir de la comparación de la signatura, reflectividad o número digital del píxel con la información -firmas espectrales- contenida en archivos obtenidos de polígonos de entrenamiento (figura 2, pág. 84).

**Figura 2.** Polígonos de entrenamiento.



**Figura 3.** Clasificación de Máxima Probabilidad con 6 bandas, 1995 y 1997.

Los polígonos de entrenamiento se digitalizaron utilizando como información de fondo la imagen de falso color del '97 georreferenciada (UTM-19s) con las coberturas de calles. Los datos de ubicación obtenidos a campo con GPS expresaban una diferencia de 50 a 90 m con los de la cartografía base. Con esta información corroborada, la ubicación de los sitios y coberturas relevados en el campo fue inequívoca. Con las bandas 3, 4 y 5 del '95, o del '97, se hicieron clasificaciones rígidas, de Mínima Distancia, Paralelepípedos y Máxima Probabilidad. En todas las situaciones, la mayor fiabilidad correspondió a las cartografías de coberturas realizadas con el clasificador de Máxima Probabilidad. La de más alto grado de confiabilidad se obtuvo procesando 6 bandas: 3, 4 y 5 del '95 y 3, 4 y 5 del '97 (figura 3).

• **Fiabilidad de los mapas**

Para estimar la exactitud del mapa clasificado por Máxima Probabilidad se analizó la fiabilidad obtenida al clasificar las áreas de entrenamiento. En tabla 1 se expresa la Matriz de Confusión.

**Tabla 1.** Análisis de Matriz de errores. Columnas: verdad-terreno. Filas: mapa.

|         | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | Total | Error C |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 1       | 252    | 60     | 8      | 0      | 1      | 0      | 321   | 0,2150  |
| 2       | 20     | 466    | 8      | 0      | 0      | 2      | 496   | 0,0605  |
| 3       | 26     | 17     | 108    | 0      | 3      | 11     | 165   | 0,3455  |
| 4       | 0      | 0      | 0      | 747    | 1      | 0      | 748   | 0,0013  |
| 5       | 0      | 1      | 1      | 24     | 265    | 37     | 328   | 0,1921  |
| 6       | 0      | 4      | 0      | 0      | 1      | 127    | 132   | 0,0379  |
| Total   | 298    | 548    | 125    | 771    | 271    | 177    | 2190  |         |
| Error O | 0,1544 | 0,1496 | 0,1360 | 0,0311 | 0,0221 | 0,2825 |       | 0,1027  |

Error O (de omisión) y error C (de comisión), ambos expresados en tanto por 1.

Índice Kappa de Acuerdos (KIA). Exactitud del Usuario  
**Tabla 2.** **Tabla 3.**

| Categoría      | KIA    | Categoría     | KIA    |
|----------------|--------|---------------|--------|
| 1 – Parral     | 0.7512 | 1 – Parral    | 0.8191 |
| 2 – Frutales   | 0.9193 | 2 – Frutales  | 0.8066 |
| 3 – Viña       | 0.6336 | 3 – Viña      | 0.8529 |
| 4 – Natural    | 0.9979 | 4 – Natural   | 0.9527 |
| 5 – Abandonado | 0.7808 | 5 – Abandona  | 0.9740 |
| 6 - Decrépito  | 0.9588 | 6 - Decrépito | 0.6994 |

Kappa Global (IKG) = 0.8675

El índice Kappa Global, que expresa la fiabilidad para todas las clases en conjunto, fue utilizado para considerar la clasificación de Máxima Probabilidad como la más idónea. Para solucionar confusiones observadas en los Gráficos de Comparación de Signaturas no se optó por una leyenda simplificada integrando categorías. El objetivo principal fue discriminar cultivos vitícolas y montes frutales en la zona estudiada. Utilizando siempre las mismas 6 bandas y los mismos polígonos de entrenamiento, las otras clasificaciones expresaron los siguientes valores:

- ❖ I.K.G = 0,59, para Mínima Distancia a las Medias cuando el tipo de distancia utilizada fueron las unidades originales de los píxeles (ND).
- ❖ I.K.G. = 0,71, para Mínima Distancia a las Medias cuando se utilizaron las unidades de desviación típica (dt).

La bibliografía específica recomienda usar estos dos últimos clasificadores cuando los polígonos de entrenamiento son algo heterogéneos. Asimismo convendría utilizar la distancia normalizada (unidades de dt), que considera las diferencias de variabilidad de las signaturas:

- ❖ I.K.G: = 0,60, cuando se aplicó el clasificador rígido de Paralelepípedos considerando los valores mínimos y máximos de los campos de entrenamiento.
- ❖ I.K.G. = 0,52, cuando el clasificador de Paralelepípedos utilizó un número específico de desviaciones típicas desde la media del polígono de entrenamiento (valores Z). Se utilizó  $Z = 1,96$ , que excluyó o dejó sin clasificar el 5 % de los píxeles más alejados de las medidas de las signaturas establecidas.

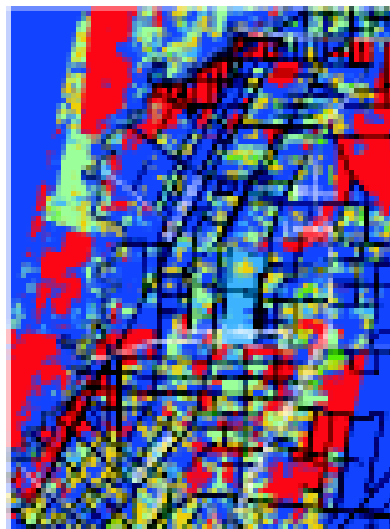
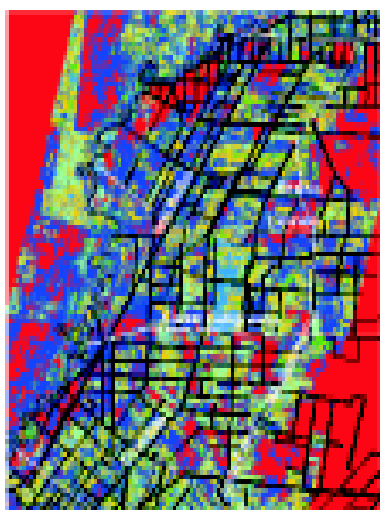
El clasificador de Máxima Probabilidad tiene mayores restricciones que los otros para establecer los polígonos de entrenamiento, exigiendo datos adecuados. Los resultados permiten aseverar que los campos estuvieron bien definidos y que fueron razonablemente homogéneos. El modus operandi de la digitalización determinó que los polígonos fueran lo más homogéneo posible. Por tal motivo este clasificador tuvo ajustes más adecuados que los de Mínima Distancia a las Medias. Si los polígonos hubieran sido heterogéneos en la reflectividad de sus píxeles, probablemente el clasificador (dt) sería el de mejor ajuste. En la Matriz de tabla 1 (pág. 84) las columnas expresan la realidad: las clases de referencias, las verdades del terreno y los campos de verificación. Las filas constituyen el mapa: las clasificaciones de uso del suelo o coberturas deducidas de la clasificación.

La fiabilidad global del mapa está dada por la relación entre los píxeles correctamente asignados y su totalidad. Los mejor clasificados se encuentran sobre la diagonal de la matriz: son los números de píxeles que concuerdan entre las dos fuentes, el mapa y la realidad. La matriz también consigna la exactitud conseguida para cada una de las clases y los principales conflictos entre ellas. Los errores de comisión (errores de las filas) surgen del cociente entre los valores residuales y totales de cada fila; son los píxeles no bien clasificados o asignados a determinada cobertura. Los residuales en filas son los píxeles que se incluyeron en una determinada categoría y pertenecían a otra. Son coberturas del mapa que no se ajustan a la realidad (1).

Los errores de comisión se refieren a una delimitación excesivamente amplia; por ello se complementan con la Exactitud del Usuario. Por ej.: en fila 1,  $69/321 = 0,215$ . Significa que el 21,5 % de los píxeles expresados como parral no se ajustan a la realidad y la delimitación es muy amplia. Los errores de Omisión (errores de las columnas) indican el número de píxeles, que perteneciendo a una determinada cubierta real, no se incluyó en el mapa. Por ej.: en columna 1 (parral) : 15,44 %. Complemento del error de omisión es la Exactitud del Productor, que se realizó en el mapa (1).

Para establecer la fiabilidad de cada categoría se calcula el índice Kappa de Acuerdos (KIA). La tabla 2 (pág. 85) expresa la fiabilidad o exactitud que el usuario puede tener de cada categoría del mapa, asegurando así la calidad de datos. En parral, la fiabilidad es 75,12 % ; en frutales, 91,93 %, etc. Los resultados dan información auxiliar para un mejor ajuste de otras clasificaciones. Se pueden incluir otras capas a procesar, como ser Modelos Digitales del Terreno, Textura, Verdor, etc. Por ej.: realizando la Clasificación de Máxima Probabilidad con 6 bandas (3, 4 y 5 del Landsat del 29/12/97 y las 3 imágenes de Textura de las mismas). Se obtuvo una imagen cartografía (figura 4) y la matriz de confusión (tabla 4, pág 87).

**Figura 4.** Clasificación de Máxima Probabilidad. Bandas 3, 4 y 5 (1997) y textura.



**Figura 5.** Filtro, moda 7x7, de imagen clasificada con bandas de 1995 y 1997.

**Tabla 4.** Análisis de Matriz de errores. Columnas: verdad-terreno. Filas: mapa.

|         | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | Total | Error C |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 1       | 216    | 14     | 0      | 2      | 0      | 0      | 232   | 0.0690  |
| 2       | 37     | 473    | 7      | 0      | 0      | 0      | 517   | 0.0851  |
| 3       | 38     | 51     | 114    | 0      | 1      | 15     | 219   | 0.4795  |
| 4       | 0      | 0      | 0      | 735    | 8      | 0      | 743   | 0.0108  |
| 5       | 4      | 2      | 2      | 35     | 261    | 139    | 342   | 0.2368  |
| 6       | 3      | 8      | 2      | 0      | 1      | 123    | 137   | 0.1022  |
| Total   | 298    | 548    | 125    | 771    | 271    | 177    | 2190  |         |
| Error O | 0.2752 | 0.1369 | 0.0880 | 0.0467 | 0.0369 | 0.3051 |       | 0.1224  |

Índice Kappa de Acuerdos (KIA). Exactitud del Usuario

**Tabla 5.**

| Categoría      | KIA    |
|----------------|--------|
| 1 – Parral     | 0.9202 |
| 2 – Frutales   | 0.8865 |
| 3 – Viña       | 0.4915 |
| 4 – Natural    | 0.9834 |
| 5 – Abandonado | 0.7297 |
| 6 - Decrépito  | 0.8888 |

**Tabla 6.**

| Categoría      | KIA    |
|----------------|--------|
| 1 – Parral     | 0.6922 |
| 2 – Frutales   | 0.8208 |
| 3 – Viña       | 0.9022 |
| 4 – Natural    | 0.9293 |
| 5 – Abandonado | 0.9563 |
| 6 - Decrépito  | 0.6746 |

Kappa Global (I.K.G.) = 0,8425

Realizada la transformación de textura en la imagen de banda 4, los mínimos y máximos obtenidos -con tamaño de área 3x3- fueron 0,63 y 5,70. En cambio, con área de 7x7, resultaron 0,63 y 27,22 respectivamente. Con valores menores -más próximos al negro- todos los píxeles de la ventana tienden a ser iguales y la ventana es más homogénea. Si todos los píxeles de la ventana son distintos, se logra la máxima heterogeneidad y los tonos son muy claros. A cada imagen transformada en textura se le convirtieron los datos reales expresados anteriormente: de 0 a 255. Estas últimas imágenes fueron las procesadas con los clasificadores rígidos.

Se consignan los resultados con área 7x7 porque tuvo mayores índices Kappa que con áreas 3x3 y 5x5. Las imágenes de textura procesadas en la clasificación se obtuvieron con tipo de análisis *variabilidad*, medida de textura *riqueza relativa* y tamaño de área 7x7. Aunque el índice Kappa Global es ligeramente inferior al de la clasificación anterior, esta última mejora la exactitud del usuario para individualizar parrales (KIA = 0,92), lo cual es importante en una zona eminentemente vitícola y, en segunda instancia, frutícola. En el mapa, de cada 10 propiedades consignadas como parral, realmente 9 lo son. Existe mucha confusión en viña (contraespaldera), mayor que en la primera matriz. Otras coberturas no interesan económicamente y la cobertura natural puede individualizarse por su contexto, con exactitud del 100 %.

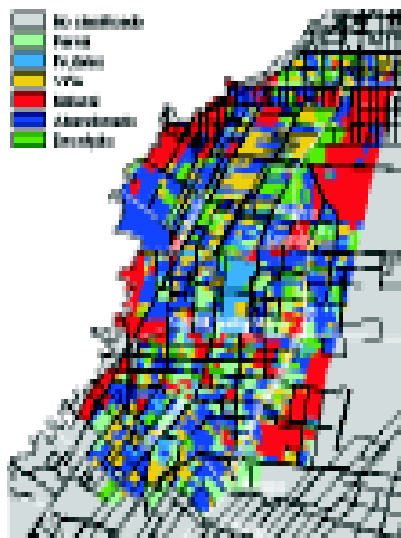
Incluyendo las imágenes de textura se mejora considerablemente la individualización de parrales con buena a muy buena expresión vegetativa, pero la cartografía resultante es más fragmentada o fracturada que si se utilizan las seis bandas espectrales (3 del '95 y 3 del '97).

También se elaboró un Modelo Digital del Terreno (DEM) desistiendo de usarlo como dato auxiliar en la clasificación de las imágenes porque los I.K.G. fueron menores. En zonas de cultivos regadíos intensivos (niveladas) no hay asociación entre el DEM y la vegetación, siendo dicha asociación más adecuada en ambientes naturales. Asimismo, como la topografía de la zona de estudio es bastante llana, la información que se aporta no es significativa. Las cartografías obtenidas con los clasificadores rígidos (fig. 3, pág. 84 y 4, pág. 86) son muy fracturadas. Para su mejor expresión cartográfica se les aplicó el filtro Pasa-Baja, o de suavización, que limpió píxeles aislados de las imágenes. Se utilizó el tipo de filtro *moda* porque es el más apropiado en las imágenes clasificadas estadísticamente. El efecto colateral de esta rutina de filtro es *sacar de foco* toda la imagen y, consecuentemente, perder detalles.

La figura 5 (pág. 86) se obtuvo de la figura 3 (pág. 84) con una ventana de filtro 7x7. También se elaboraron imágenes con las ventanas 3x3 y 5x5. Al compararlas se observó la mayor pérdida de información en la ventana 7x7, como así también su menor fragmentación cartográfica. El *fuera de foco* experimentado por las imágenes se puede solucionar con la adición de la cobertura del mapa base. Igualmente, la cartografía filtrada 7x7 expresa un índice Kappa Global = 0,91, mayor que las cartografías con ventanas 3x3 o 5x5 y de la que le dio origen (I.K.G. = 0,87). Sobre la base de esta cartografía algunos indicadores de superficie son:

**Tabla 7.** Superficies de los distritos y algunos usos del suelo.

| Distrito      | Total | Superficie (ha) |          |       |
|---------------|-------|-----------------|----------|-------|
|               |       | Parrales        | Frutales | Viñas |
| Tres Porteñas | 5.580 | 630             | 930      | 550   |
| Chapanay      | 8.040 | 1.060           | 560      | 1.140 |
| El Central    | 7.880 | 740             | 330      | 640   |



**Figura 6.** Clasificación por elementos de las coberturas/ usos del suelo

No obstante la última mejora cartográfica, la imagen continúa fracturada. Para solucionar este problema se clasificaron las imágenes de diciembre 1997 en base a objeto o elementos. Tomando como imagen base la clasificación supervisada de máxima probabilidad y la imagen del falso color con las bandas 4, 5 y 3, abierta en una ventana paralela, se realizó una clasificación visual (figura 6). Sobre la imagen clasificada se digitalizaron los polígonos que limitaban cada una de las coberturas o usos del suelo, obteniendo una cartografía menos fracturada que con las clasificaciones rígidas que le sirvieron de apoyo.



Los resultados consignados de las matrices de confusión derivan de la verificación de la clasificación de los campos de entrenamiento. Con ello se trató de comprobar si los polígonos se ajustaban a las categorías definidas. Su fiabilidad está sesgada porque las áreas de entrenamiento son las mismas que se utilizan para definir estadísticamente las distintas categorías; por lo tanto, los píxeles incluidos en los polígonos deben tener mayor probabilidad de clasificarse correctamente que los restantes. Para un criterio más riguroso de validación de los mapas se seleccionaron -después de las clasificaciones- áreas testigos o de control. Así se consiguió una medida independiente del acuerdo entre el mapa y la verdad-terreno. La selección de los campos de control se realizó mediante muestreo aleatorio por conglomerados. Las siguientes tablas resumen la validación de los mapas según los dos criterios desarrollados.

**Tabla 8.** Resúmenes de los Índice Kappa Global

| Clasificaciones  | Polígonos     |         |
|--|---------------|---------|
|  | Entrenamiento | Testigo |
| 1- Máxima Probabilidad, 6 bandas, 1995/97 (fig.3)      | 0,87          | 0,38    |
| 2- Filtro de la clasificación anterior (fig.5)         | 0,91          | 0,42    |
| 3- Bandas 3, 4 y 5 del '97 y sus texturas (fig.4)      | 0,87          | 0,40    |
| 4- Filtro de la clasificación anterior                 | 0,88          | 0,41    |
| 5- Por elementos, clasificación dígito-visual. (fig.6) | 0,92          | 0,55    |

Estos resultados evidencian que la fiabilidad de los mapas del área estudiada -al considerar los valores de los polígonos testigos- es baja. Las imágenes Landsat, con resolución espacial 30x30 m, procesadas con clasificadores rígidos, suministran cartografías suficientemente exactas en ambientes rurales con uso intensivo del suelo y fincas de limitadas extensiones. Analizado el grado de acuerdo entre el mapa y la verdad del terreno de cada categoría, el error cartográfico de algunas coberturas o usos de suelo, como parrales, es pequeño. En cambio, el error es grande en fincas presumiblemente con viñedos, con cultivos temporarios (cuyas imágenes no contemporáneas son distintas) y las abandonadas.

**Tabla 9.** Resúmenes de los Índices Kappa de Acuerdo de la Categoría Parral

| Clasificaciones                                       | Exactitud de polígonos |         |           |         |
|---|------------------------|---------|-----------|---------|
|   | Usuario                |         | Productor |         |
|   | Entren.                | Testigo | Entren.   | Testigo |
| 1- Máxima Probabilidad, 6 bandas, 1995/97 (fig.3)     | 0,75                   | 0,56    | 0,82      | 0,38    |
| 2- Filtro de la clasificación anterior (fig.5)        | 0,89                   | 0,66    | 0,78      | 0,49    |
| 3- Bandas 3, 4 y 5 del 97 y sus texturas (fig.4)      | 0,89                   | 0,85    | 0,81      | 0,53    |
| 4- Filtro de la clasificación anterior                | 0,97                   | 0,92    | 0,69      | 0,57    |
| 5- Por elementos, clasificación dígito-visual (fig.6) | 0,88                   | 0,86    | 0,78      | 0,87    |

En la figura 4 (pág. 86), el usuario sigue teniendo la certeza de que 9 parrales consignados en la cartografía lo son realmente. Asimismo, la clasificación por elementos tiene exactitud similar. Esto está convalidado en los polígonos testigos de los Índices Kappa de Acuerdo de la Categoría Frutales. Finalmente, la clasificación por objetos o elementos, tiene elevada fiabilidad, producto de una clasificación dígito-visual influenciada por el conocimiento de la zona. Independientemente de ello la cartografía realizada en frutales es muy fiable.

**Tabla 10.** Resúmenes de los Índices Kappa de Acuerdo de la Categoría Frutales

| Clasificaciones                                       | Exactitud de polígonos |         |           |         |
|---|------------------------|---------|-----------|---------|
|   | Usuario                |         | Productor |         |
|   | Entren.                | Testigo | Entren.   | Testigo |
| 1- Máxima Probabilidad, 6 bandas, 1995/97 (fig.3)     | 0,92                   | 0,29    | 0,81      | 0,30    |
| 2- Filtro de la clasificación anterior (fig.5)        | 0,94                   | 0,38    | 0,93      | 0,28    |
| 3- Bandas 3, 4 y 5 del 97 y sus texturas (fig.4)      | 0,93                   | 0,64    | 0,85      | 0,34    |
| 4- Filtro de la clasificación anterior                | 0,93                   | 0,79    | 0,86      | 0,24    |
| 5- Por elementos, clasificación dígito-visual (fig.6) | 0,95                   | 1,00    | 0,91      | 0,53    |

### **CONCLUSIONES**

- ★ Las cartografías con mayor grado de confiabilidad son las obtenidas con el clasificador de Máxima Probabilidad y procesando 6 bandas (3, 4 y 5 del '95 y 3, 4 y 5 del '97).
- ★ El filtro *moda* de Pasa-Baja o de suavización, ventana 7x7, mejora la expresión cartográfica de las imágenes clasificadas y mantiene o mejora la fiabilidad del mapa.
- ★ Las clasificaciones que incluyen imágenes de textura como datos auxiliares individualizan mejor a los parrales, pero la cartografía está más fragmentada o fracturada que cuando se utilizan las seis bandas espectrales (3 del '95 y 3 del '97).
- ★ La clasificación de las imágenes basada en objeto o elementos da cartografía menos fracturada que las clasificaciones rígidas que le sirvieron de apoyo pero tienen semejantes confiabilidades.

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3° Ed. Rialp-Madrid.
2. Eastman, J. R. 1999. Idrisi32. Guide to Gis and Image Processing. Clark University. U.S.A.
3. Penteadó Crósta, A. 1999. Procesamiento digital de imágenes de sensores remotos. In Curso Nacional Posgrado "Teledetección y SIG aplicados a la evaluación del medio ambiente". U.N. de Luján. Buenos Aires.
4. Perez Valenzuela, B. R.; Zamorano, G. L.; Cuccia, S. M. y Cappé, O. E. 1999. El Sistema Idrisi para la diferenciación de Cobertura de suelos en San Martín. Rev. Fac.de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Mendoza. Tomo XXXI. N° 1. pp. 75-84.
5. Trodd, N. 2000. SIG y Teledetección. Master Internacional a Distancia en Sistemas de Información Geográfica. Universitat de Girona. España.