

## EVALUACIÓN DE TIERRAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SENSORES REMOTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

J. A. UBOLDI<sup>1</sup> y E. CHUVIECO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur (Rep. Argentina).

<sup>2</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.

### RESUMEN

El objetivo general del trabajo es ensayar la aplicación de los datos obtenidos de la interpretación digital de imágenes y los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) para la evaluación agrícola de un área marginal situada en el valle del Río Colorado (Prov. de Buenos Aires, República Argentina).

A partir de distintas variables referidas a los suelos de la región: pendiente, profundidad útil, salinidad, pedregosidad, se realizó una evaluación de tierras con fines agrícolas, de donde pudo deducirse la aptitud más idónea del suelo para diferentes cultivos. Esa utilización idónea se contrastó con la ocupación real del suelo, deducida a partir de una imagen SPOT. Ambos datos fueron integrados mediante una corrección geométrica, lo que permitió obtener una matriz de contingencia en donde obtuvimos una imagen de las intensidades de uso actuales frente a las idóneas. Si bien los resultados son aún parciales, parece mostrarse el interés de este enfoque integrado para la evaluación agrícola, especialmente en áreas marginales, especialmente sensibles a utilidades abusivas del suelo.

### ABSTRACT

*Digital image processing and Geographic Information System are used to perform and agricultural evaluation of a marginal area, located in the valley of the Colorado river (Buenos Aires, province, Argentina).*

*Several soil parameters were included in the G.I.S. in order to obtain the most suitable land use, according to their physical conditions. Therefore, this suitable land use was compared with the actual use, obtained from digital processing of a SPOT image. Both sets of information were overlaid by geometrical correction. As a result, contingency tables were generated, which showed both areas where the land use is more intense than it should be, and some where it is less. In spite of being primary results, the interest of this integrated approach for land evaluation of agricultural areas is remarked.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio forma parte de un proyecto de mayor envergadura, tendente a evaluar los recursos existentes en un área agrícola marginal, combinando la información brindada por el trabajo de campo, sensores remotos y sistemas de información geográfica.

Dichas técnicas son directamente aplicables a procedimientos de evaluación de tierras, en los que el volumen y naturaleza de los datos manejados requieren de métodos de análisis rápidos y fiables.

Los objetivos principales de este trabajo son: elaborar una cartografía de ocupación del suelo; evaluar el uso actual de la tierra y comparar su situación con el uso potencial, y detectar los sectores con posibilidades de desarrollo.

Se busca de ésta manera obtener una máxima eficiencia, no sólo en la consideración integral de los recursos de la región, sino también en las predicciones sobre su uso y manejo, en función de las características presentes en cada unidad

cartográfica, de modo que sea posible conocer las necesidades de los productores agropecuarios a partir de datos básicos, simples y fácilmente comprensibles, contenidos en productos gráficos.

### 2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

La zona de estudio se ubica en la Rep. Argentina, en el sector sud-oeste de la Provincia de Buenos Aires, entre los paralelos 39°10' y 39°55' de latitud sur y los meridianos 62°00' y 63°55' de longitud oeste (Figura 1).

El clima existente es semiárido, siendo una zona de transición climática y regional, de las fértiles llanuras pampeanas a las áridas mesetas patagónicas. La región está atravesada, de Oeste a Este, por el río Colorado. La presencia de este río motiva el desarrollo de una importante zona agrícola-minera, con un uso intensivo del suelo. Su importancia se ve reflejada en la existencia de un ente administrador, CORFO

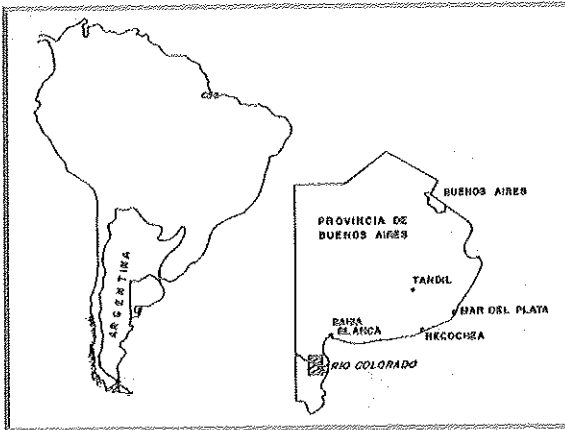


Figura 1.- Situación de la zona de estudio.

(Corporación de Fomento del Valle del Río Colorado), y en el interés de varios organismos nacionales tales como la SEAG y el INTA.

El área analizada en este trabajo, comprende unas 120.000 has del conjunto del valle, que alberga unas 700.000. La zona fué elegida en función de su interés ecológico y socio-económico, ya que se ubica en el centro y periferia del sector agrícola, con todos los problemas y posibilidades de desarrollo que ello implica.

### 3. ANTECEDENTES

Durante la década del 60, cuando esta región comenzó a cobrar importancia, se desarrollaron los primeros estudios con el fin de determinar la capacidad de uso de los suelos (Cappannini y Lores, 1966). Para ello se empleó la fotointerpretación de un vuelo realizado a escala 1:30.000, determinándose a partir de él las diferentes unidades de suelos.

La puesta en órbita del satélite SPOT-1, en febrero de 1986, creó nuevas expectativas en el análisis de los recursos naturales para escalas medias y grandes. Así, en el año 1987 se realizó el proyecto Arg./81/002, con la intervención de diversos organismos internacionales, nacionales y regionales, tales como la FAO, CNIE, SAGyP y CORFO, que pretendía evaluar el área a nivel de reconocimiento. La cartografía resultante se realizó a una escala 1:600.000 y la interpretación de las imágenes se lleva a cabo de forma visual (PNUD, FAO, CNIE, 1987). Finalmente, se abordó una evaluación de suelos, de similares características al anteriormente descrito, obteniéndose productos cartográficos convencionales a escala 1:400.000 (Serafini et al., 1988).

La alta resolución espacial que poseen las imágenes SPOT, permite trabajar con escalas mayores que las mencionadas, características que también posee el sensor Thematic Mapper de los Landsat 4 y 5. Esta posibilidad, combinada con la utilización de los S.I.G., potencia el análisis integrado, pudiéndose llegar a escalas cercanas a los 1:50.000.

Las ventajas del uso combinado de ambas técnicas son la

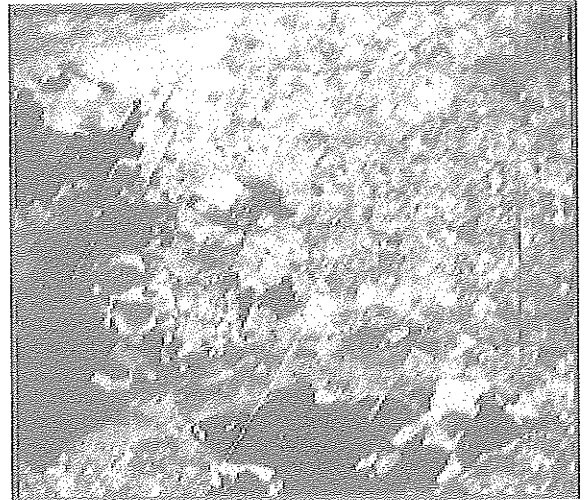


Imagen 1.- Composición en falso color de la imagen SPOT. Véase Anexo de color.

gran flexibilidad en el manejo digital de los datos, la rapidez en el análisis, el nivel de detalle, y la fácil integración de datos provenientes de diferentes documentos (Silfer, 1986).

El empleo conjunto de ambas técnicas comienza en época relativamente reciente (Zobrist, 1982). En la actualidad, dicha conjunción es considerada una metodología ideal y en ciertos casos imprescindible para el tratamiento de gran cantidad de datos espaciales (Gugan, 1988). Este es el caso de los métodos de evaluación de tierras, en donde se considera la actividad antrópica y los cambios que permanentemente origina, positivos o negativos en el tiempo y en el espacio, surgiendo la necesidad de contar con un sistema idóneo que muestre la realidad espacial a través de una cartografía actualizada a nivel de semidetalle.

Esta preocupación por la evaluación de los distintos usos del suelo surge en el año 1935, en el marco del III Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo (Moreira, 1991). A partir de dicho momento, distintos organismos internacionales comienzan a elaborar una cartografía edafológica sistemática. Entre los trabajos de mayor interés, cabe citar el Mapa de Suelos del Mundo 1:5.000.000 (FAO-Unesco, 1970), la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1975), y el Documento de Trabajo sobre Evaluación de Tierras (FAO, 1976). Nuestro estudio pretende constituir un aporte más, que se suma a la gran diversidad de los ya existentes.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

En la realización del trabajo se tiene como guía el esquema planteado por la FAO para evaluación de tierras (FAO, 1976). En este artículo procedemos a una evaluación ambiental del sector, que se complementará con posteriores análisis socio-económicos.

Para este trabajo utilizamos una sub-escena SPOT, correspondiente a la imagen 693-429 del 17 de Diciembre de

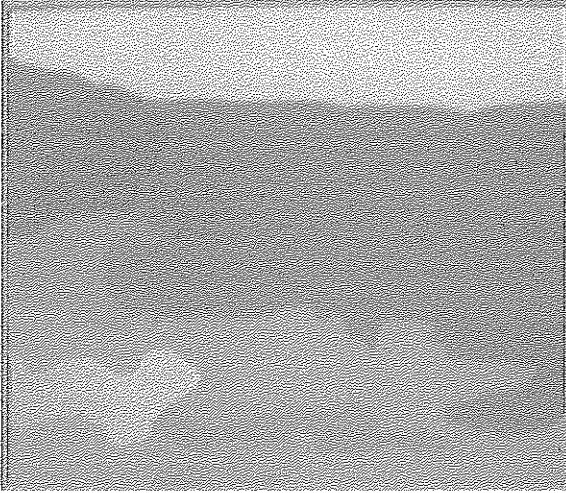


Imagen 2.- Mapa de Suelos. Véase Anexo de color.

1986 (Imagen 1). Su elección se debió a que cubre un sector representativo del resto del área, abarcando de ésta manera zonas con cultivos intensivos y sectores marginales con escaso desarrollo agrícola.

Fueron también utilizados mosaicos aerofotográficos a escala 1:30.000 y mapas topográficos a escala 1:50.000. Los datos obtenidos del mapa de suelos de la Prov. de Buenos Aires, a escala 1:500.000, fueron enriquecidos con el análisis realizado sobre los mosaicos aerofotográficos, configurando de ésta manera las unidades taxonómicas a nivel de subgrupo (Imagen 2). Cabe destacar que, por las escalas utilizadas, es posible llegar hasta las series de suelos, no cartografiadas en esta etapa por requerir de un mayor control de campo que el realizado.

La información obtenida fue transferida a cuatro mapas topográficos por medio de un Stereo Zoom Transfer Scope. Estos cuatro mapas se digitizaron, con una tableta DIN A-1, ajustando los bordes comunes. Posteriormente, se convirtieron a formato raster dentro de un S.I.G. de bajo coste (Idrisi, Cfr. Eastman, 1989).

Por el mismo procedimiento se digitalizaron las principales curvas de nivel, para generar la cobertura topográfica del territorio. Asimismo, se integraron en el S.I.G. los canales principales de riego que sirvieron como variable auxiliar para señalar las áreas idóneas de irrigación. Esta variable secundaria se obtuvo combinando el mapa de suelos, recodificado de acuerdo a la aptitud de cada uno para el riego, con otro de distancia a los canales de irrigación, realizado a partir de un análisis de proximidad. En consecuencia, se obtuvo un nuevo mapa, en donde se identificaban tres sectores de idoneidad para el regadío: no apto y muy apto (Imagen 3).

En cuanto al tratamiento de la imagen SPOT, el primer paso fue abordar la corrección geométrica, tomando como referencia 28 puntos de control. El ajuste se perfeccionó en sucesivos intentos, ya que la información cartográfica adole-

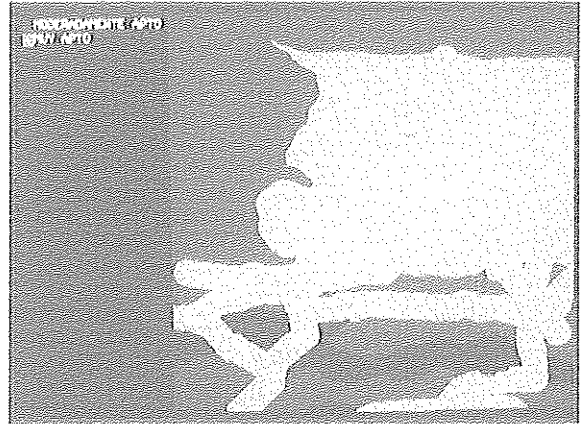


Imagen 3.- Aptitud del suelo para regadío de acuerdo a su tipo de suelo y la proximidad a los canales de riego. Véase Anexo de color.

cía de algunos problemas, especialmente para identificar caminos rurales. La transformación final fue aplicada al concluir el proceso de clasificación, pues se pretendió no alterar los niveles digitales originales. En el proceso de interpolación se utilizó el criterio del vecino más próximo, seleccionando un tamaño de pixel de 50 x 50 m, con objeto de ajustar con mayor precisión la imagen a la cartografía de suelos.

La clasificación de la imagen se abordó por el método supervisado, empleándose el algoritmo de máxima probabilidad. Se señalaron las siguientes categorías:

(1) Secano, ubicado al norte de la imagen, principalmente sobre parcelas de gran tamaño, donde se asientan cultivos de trigo a punto de cosechar.

(2) Cultivos de regadío, agrupados en tres categorías: 1) parcelas bajo riego con escasa cobertura vegetal o cultivo en las primeras etapas del ciclo vegetativo; 2) fincas en donde se desarrollan cultivos intensivos, principalmente hortícolas, y 3) parcelas de tamaño apreciable, con cultivos forrajeros, predominantemente de alfalfa.

(3) Matorral arbolado, caracterizado por la presencia de un estrato arbustivo bajo que conforma un bosque xerófilo más o menos denso.

(4) Matorral degradado, igual al anterior, si bien, por la acción antrópica, se encuentra en franco retroceso, predominando en la cobertura el estrato herbáceo sobre el arbustivo.

(5) Agua, en donde se señalaron dos categorías diferenciadas por la profundidad. En proximidades a los cuerpos de aguas someras se manifiestan procesos de salinización importantes.

(6) Pasturas, correspondientes a sectores de pasturas naturales que poseen buen desarrollo vegetativo.

(7) Pasturas degradadas, son aquellas pasturas naturales que por ubicarse en sectores marginales presentan un grado de desarrollo menor.

Los resultados de la presente clasificación pueden considerarse aceptables, en líneas generales, siendo excelente pa-

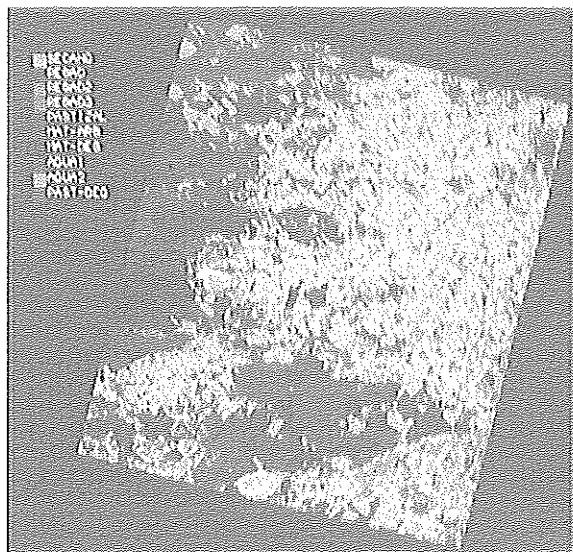


Imagen 4.- Clasificación supervisada de la imagen SPOT. Véase Anexo de color.

ra las clases de pastizal y matorral (Imagen 4).

Paralelamente se procedió a la evaluación de las unidades de suelos, en función de sus propiedades físico-químicas. Dentro de cada unidad de suelos fueron considerados, parámetros tales como la pendiente, profundidad útil, tipo de textura, pedregosidad, tipo de drenaje, salinidad total, erodabilidad del suelo, riesgo de erosión y deficiencia bioclimática con el grado de humedad y riesgos de heladas; todos ellos se calcularon con el sistema MicroLeis (Rosa, 1990).

Las variaciones del relieve, detectadas a través de las curvas de nivel, determinan las unidades geomorfológicas, que en cierta manera condicionan los diferentes tipos de suelos. En la zona existen mesetas por encima de los 40 m, depresiones lagunares en sectores ubicados por debajo de los 20 m y llanuras fluviales en las zonas intermedias e inferiores.

## 5. RESULTADOS

De acuerdo al esquema previamente comentado, se han diferenciado en esta zona tres clases de capacidad de uso:

I-Buena, II-Moderada y III-Marginal

La clase **I**, contiene suelos con buena capacidad productiva, siendo el principal factor limitante la deficiencia bioclimática (escaso grado de humedad). En general se ubican sobre ella cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) y trigo (*Triticum sp.*), alternando con cultivos intensivos de hortalizas, frutales y plantaciones forestales.

La clase **II**, moderada, tiene también como limitante la deficiencia bioclimática, pero se suma el factor suelo por sus características someras. En general es ocupada por pasturas degradadas y vegetación de monte.

La clase **III**, marginal, reúne los factores limitantes anteriores, a los que se adiciona el elemento salinidad. Se ubica en depresiones que están parcialmente cubiertas de agua, generalmente por aumento en el nivel de la capa freática. Las características semiáridas de la región motivan una rápida evaporación en los meses de verano, con lo que se pone de manifiesto un depósito salino en torno a las pequeñas lagunas.

Dado que la imagen clasificada, conteniendo el uso del suelo, y el mapa de suelos se encuentran ambos en formato raster, es posible realizar su comparación y determinar la cantidad de píxeles y hectáreas que ocupa cada categoría (Tablas 1 y 2). Resulta evidente la relación que existe entre aptitud y uso, para el caso concreto del regadío, si bien, y dada la importancia económica de este aprovechamiento, se detecta una sobrecarga en los sectores menos aptos, que incluso superan el porcentaje relativo ocupado en los sectores moderadamente altos.

Tabla 1  
Relación entre aptitud para el regadío y uso del suelo (en Has).

USO ACTUAL	REGADIO	SECANO	PASTIZAL	MATORRAL
APTITUD RIEGO				
MUY APTO	24975	10741	16233	-
MODERADO	2968	3295	9433	11736
NO APTO	1187	812	1264	2844

Tabla 2  
Porcentaje de tipo de ocupación según aptitud del suelo.

USO ACTUAL	REGADIO	SECANO	PASTIZAL	MATORRAL
APTITUD RIEGO				
MUY APTO	48,08	20,68	31,25	-
MODERADO	10,82	12,01	34,39	42,78
NO APTO	19,44	13,30	20,70	46,57

## 6. CONCLUSIONES

La alta correlación existente entre los datos tabulados y la realidad, demuestra que la utilización conjunta de la teledetección y los S.I.G. constituye una metodología muy adecuada para la evaluación de los recursos agrarios. La integración de datos provenientes de diversos documentos optimiza la evaluación final. En el caso concreto que nos ocupa, es posible determinar sectores potencialmente aptos para el desarrollo agrícola dirigido, como los son los comprendidos en la unidad **II**, y áreas sobre las que se deben realizar prácticas de prevención y conservación, ubicadas en la unidad **III**.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ✓ CAPPANNINI, D.A. y LORES, R.R. (1966): *Los suelos del Valle Inferior del Río Colorado*. INTA. Colección Suelos Nº1, Buenos Aires.
  - ✓ EASTMAN, I.R. (1989): *IDRISI. User's Guide. Versión 3.1*. Graduate School of Geography, Clark University, Worcester, Massachusetts, U.S.A.
  - ✓ FAO, (1976): *A Framework for Land Evaluation*, Roma.
  - ✓ FAO-UNESCO (1970): *Soil Map of the World 1:5.000.000*. Volumes I-X. Paris. Unesco.
  - ✓ GUGAN, D.J. (1988): *Satellite Imagery as an Integrated GIS Component*. *Gis/Lis'88 Proceedings*. Vol.1 American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 174-180.
  - ✓ MOREIRA, J.M. (1991): *Capacidad de Uso y Erosión de Suelos*. Junta de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente. Sevilla.
  - ✓ PNUD, FAO, CNIIE (1987): *Proyecto Arg./81/002. Relevamiento del Area Corfo-Río Colorado mediante el uso de imágenes satelitarias SPOT*. Prov. de Buenos Aires. Buenos Aires.
  - ✓ ROSA, Diego de la (1990): *Micro LEIS. Sistema Microinformático para Evaluación de Tierras con fines Agrícolas y Forestales*. Sevilla.
  - ✓ SERAFINI et al. (1988): *Survey of the Corfo-Río Colorado area by means of SPOT satellite images*. Twenty Second International Symposium on Remote Sensing of Environment, Abidjan, Cote d'Ivoire, 12 pgs.
  - ✓ SILFER, A.T. (1986): *Generate GIS Coverages From Satellite Imagery*. *Auto Carto London Proceedings*. Vol. 2. Pags. 52-57.
  - ✓ SOIL SURVEY STAFF (1975): *Soil Classification. A Comprehensive System*. 7th. approximation. Washington D.C.
  - ✓ ZOBRIST, A.L. (1982): *Integration of Landsat Image data with Geographic Data Bases*. Honolulu. Hawaii.
-