

Caracterización ambiental de la cuenca del río Luján (Argentina) aplicando dos metodologías de procesamiento de información satelitaria

M. L. Guichón*, M. E. Angelini**, A. Benítez*, M. C. Serafini** y M. H. Cassini*

*GEMA, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Rutas 5 y 7, (6700) Luján, Argentina. profauna@fauna.com.ar

**PRODITEL, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Rutas 5 y 7, (6700) Luján, Argentina. proditel@unlu.edu.ar

RESUMEN

La extracción de información temática de imágenes de percepción remota puede realizarse mediante dos procedimientos: interpretación visual o digital de la información. El objetivo de este trabajo fue estudiar los recursos terrestres de la cuenca del río Luján (Argentina) mediante la aplicación de técnicas de teledetección, utilizando ambos procedimientos. Se generaron dos mapas temáticos utilizando como principal fuente de información una imagen Landsat TM: 1) un mapa de uso de la tierra de la cuenca mediante interpretación visual de la imagen, y 2) un mapa de tipos de ambientes del valle aluvial mediante tratamiento digital de la imagen, utilizando un método de clasificación no supervisada. También se generó un mapa de unidades de cambio de drenaje, sobre la base de interpretación visual de la imagen y uso de cartas topográficas. La metodología utilizada para la confección de cada uno de los mapas resultó adecuada.

PALABRAS CLAVE: Interpretación visual de imágenes, tratamiento digital de imágenes, Landsat TM, uso de la tierra, tipos de ambientes, cuenca río Luján (Argentina).

ABSTRACT

Thematic information from remote sensing images can be analysed by two proceedings: visual or digital interpretation. The objective of this work was to study the terrestrial resources of the Luján river basin (Argentina) by applying remote sensing techniques, using both proceedings. Two thematic maps were generated using a Landsat TM image as major source of information: 1) a land use map of the basin by visual image interpretation, and 2) a vegetation cover map of the river floodplain by digital image processing, using an unsupervised classification procedure. It was also generated a map of changes of drainage units, combining information from visual image interpretation and topographic maps. Both methodologies gave efficient results for the creation of each map.

KEY WORDS: Visual image interpretation, digital image processing, Landsat TM, land use, vegetation cover map, Luján river basin (Argentina).

INTRODUCCIÓN

El río Luján es el curso principal de una importante cuenca ubicada al nordeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Es uno de los sistemas acuáticos naturales de la región que ha sufrido mayor deterioro en las últimas décadas dado que está sometido a una intensa presión a causa del crecimiento de las poblaciones, el desarrollo de diversas actividades humanas, y su cercanía a la ciudad de Buenos Aires. La principal actividad que se desarrolla dentro de la cuenca es la agropecuaria, habiendo también importantes centros urbanos e industriales (Andrade, 1985).

La fragmentación y destrucción parcial o total de los ambientes naturales y, en consecuencia, de su flora y su fauna, es una resultante no deseada del desarrollo humano (Hawkins, 1994). Los ambientes ribereños reúnen una alta riqueza de especies y son valorados por su rol como corredores para la dispersión de vida silvestre (Mitsch y Gosselink,

1993). A su vez, la importancia de conservar ambientes naturales cerca de zonas urbanas radica en su función como áreas para actividades recreativas y educativas, y por el valor económico que tienen algunas especies para los pobladores locales (Rasmussen y Padgett, 1994). La recuperación, conservación y/o manejo racional de la cuenca implica, en primera instancia, un proceso de identificación de prioridades para lo cual el conocimiento y la descripción de la situación actual son necesarios.

En la presente década, el uso de imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio del medio ambiente ha ganado definitivo prestigio como aplicación computacional para el manejo de la información espacial (Buzza, 1998). Las imágenes de percepción remota permiten obtener información actualizada sobre amplias áreas geográficas. Estos datos constituyen un aporte fundamental a la ecología ya que permiten discernir patrones y medir procesos a una es-

cala ecológica grande en forma directa, en lugar de inducirlo mediante mediciones a escala local (Roughgarden et al., 1991). Esta información ofrece una alternativa valiosa para estudios sobre las características superficiales de terreno, como son la tipificación de ambientes y de vegetación, y la descripción del patrón de uso de la tierra.

La extracción de información temática de imágenes de percepción remota puede realizarse mediante dos procedimientos: 1) la interpretación visual y 2) la interpretación digital de la información (Chuvienco, 1996). La elección de la metodología a utilizar depende del objetivo final del proyecto, su aplicación, y de las características intrínsecas del área (v.g. el grado de heterogeneidad, de contraste y de fragmentación de las unidades a categorizar). El análisis visual tiene ventajas sobre el digital cuando se trata de evaluar áreas de gran heterogeneidad; mientras que el tratamiento digital permite llevar a cabo operaciones más complejas (v.g. métodos de clasificación automatizada) en forma rápida y precisa (Chuvienco, 1996). Cada uno de estos enfoques es satisfactorio para aspectos particulares del análisis y, en general, son complementarios. En ambos casos se trabaja sobre una imagen tratada mediante procesamiento digital aplicando técnicas de corrección geométrica y radiométrica. Para el caso de interpretación visual, también se aplican técnicas de mejoramiento con el fin de obtener productos especiales que favorezcan la obtención de información.

El objetivo de este trabajo fue abordar el estudio de los recursos terrestres de la cuenca del río Luján mediante la aplicación de técnicas de teledetección, utilizando ambos procedimientos. Se realizó una caracterización de esta cuenca a escala regional a fin de generar mapas temáticos, utilizando como principal fuente de información una imagen Landsat TM. Se plantearon dos objetivos especifi-

cos: 1) realizar un mapa de uso de la tierra de la cuenca mediante interpretación visual de la imagen, y 2) realizar un mapa de tipos de ambientes del valle aluvial mediante tratamiento digital de la imagen. La información previa del área de estudio es escasa y fragmentada y, en muchos casos, antigua. El estudio de la cuenca utilizando técnicas de teledetección permitió la utilización de información reciente en una aproximación integral al área de interés.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la cuenca del río Luján, desde su nacimiento en el partido de Suipacha (61° 2' O; 40° 16' S) hasta el cruce con la Ruta 9 en el partido de Escobar (60° 21' O; 39° 41' S), ubicada al noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). Este área cubre una superficie de 250000 Has aproximadamente, siendo la longitud del río de 113 Km y la extensión del valle aluvial de 13200 Has. A partir del cruce con la Ruta 9, el río toma características muy distintas, pierde atributos típicos de río de llanura y entra a un sistema deltaico, de dinámica compleja, perteneciente a la cuenca del río Paraná.

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio pertenece a la Pampa Ondulada (Cappannini y Dominguez, 1961). Salas (1970) establece tres unidades morfológicas para la cuenca: terra za alta en interfluvios, intermedia en áreas de pendiente y baja en zonas aledañas al río; constituidas por sedimentos pampeanos y post-pampeanos respectivamente. Este área se encuentra dentro del distrito oriental de la Provincia Fitogeográfica Pampeana, donde la comunidad vegetal característica es la estepa de gramíneas que ha sido totalmente alterada o destruida por la ganadería y la agricultura (Cabrera, 1971). Las comunidades edáficas e

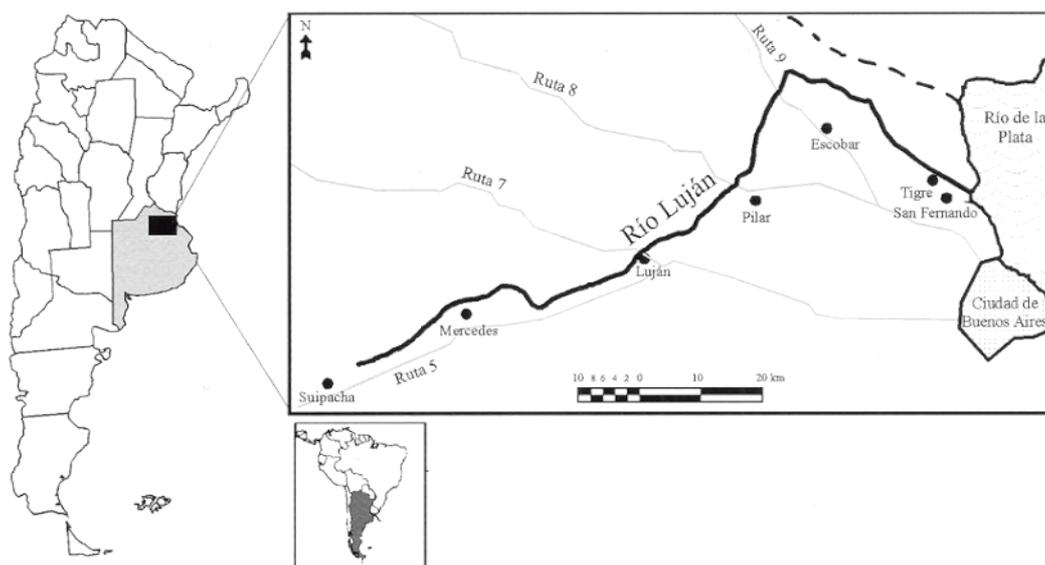


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Se muestra el curso del río Luján, y las principales rutas y centros urbanos de su cuenca.

hidrófilas son muy numerosas (Cabrera, 1971). El clima es templado húmedo, con precipitaciones medias de 951 mm anuales y temperatura media mensual 16.6 C (Goldberg et al., 1995).

MATERIALES

Se utilizó una imagen formato digital obtenida por el satélite Landsat Thematic Mapper, bandas TM2, TM3, TM4, correspondiente a la órbita 225 084 de enero de 1994. Adicionalmente, se utilizaron cartas topo gráficas del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50.000 y 1:250.000, y una imagen satelital Landsat Thematic Mapper, producto papel en falso color compuesto standard (filtro azul: TM 2, filtro verde: TM 3, filtro rojo: TM 4), órbita 225-084 de enero de 1984. Esta imagen sólo se utilizó en la última etapa de verificación de la información.

Todos los procesamientos digitales se realizaron con el programa ERDAS PC V. 7.5 (tipo raster). Los mapas finales se procesaron con el programa ERDAS IMAGINE V. 8.2.

METODOLOGIA

Se realizó la georreferenciación de la imagen satelitaria usando el método de vecino más próximo, tomando 150 puntos de control de cartas topográficas, y en relación con el sistema de coordenadas Gauss-Kruger.

Se generó un mapa delimitando las unidades de cambios de drenaje del Río Luján. Se digitalizó en pantalla el curso del río y el valle aluvial del mismo. Se generaron rangos de distancias codificadas (o "buffer") con respecto al valle aluvial, considerando una distancia arbitraria de 3 Km. Se delimitaron las unidades con diferentes características de drenaje del río según: 1) la pendiente, sobre la base de cartas topográficas a escala 1 :50000, 2) el ancho del valle aluvial y las características de drenaje del curso principal y sus afluentes, mediante interpretación visual de la imagen.

Fase 1: Uso de la tierra

Se recortó una subimagen que comprendía la cuenca del río Luján, y sobre ésta se realizó: 1) un realce de histograma polilineal con el fin de lograr un aumento de contraste, y 2) un filtrado suave de pasa alta para lograr un realce de bordes. Una vez obtenido el producto adecuado para la interpretación visual, se obtuvo una salida de la imagen en papel en falso color compuesto standard a escala 1:100.000. Teniendo como base este producto, se generó un mapa preliminar de uso de la tierra de la cuenca que luego se digitalizó en pantalla. Se obtuvo un producto en papel para la verificación a campo (ver Verificación de campo). Posteriormente, se incorporaron las modificaciones que surgieron del muestreo de campo y se elaboró el mapa final.

Fase 2: Tipos de ambientes

Se recortó el valle aluvial del río Luján utilizando una máscara sobre la imagen georreferenciada. No se trabajó sobre toda la cuenca para este mapa debido al alto grado de modificación y reemplazo de las comunidades vegetales naturales. Sobre la subimagen del valle aluvial se realizó una clasificación no supervisada mediante el método de clasificación "Sequential Clustering". El método de máxima verosimilitud no resultó adecuado dado que la subimagen contenía un gran número de píxeles con valor cero. Para la clasificación, se predeterminó la separación de la imagen en 16 clases. El número de clases se definió duplicando el número de clases que se discriminó visualmente en pantalla (8 clases), para no encerrar en una sola clase distintos tipos de ambientes. Las 16 clases se asignaron en forma preliminar a los posibles tipos de ambientes del valle, sobre la base de los valores de reflectancia de cada clase en las tres bandas, y al tamaño y la disposición espacial de las mismas.

Se obtuvo un producto en papel de la clasificación a escala 1:100.000 de todo el valle, y a escala 1 :50.000 de las zonas puntuales a visitar en el terreno. Se realizó la verificación a campo (ver Verificación de campo) y se incorporaron las modificaciones. A partir de los datos provenientes de la salida de campo, se evidenció que existían dos clases que presentaban características diferentes según su posición en la cuenca. Las zonas bajas de la unidad inferior del río se diferenciaban de las zonas bajas de la unidad media-superior del río, mientras que el clasificador las había introducido dentro de la misma clase debido al alto contenido de agua en ambas zonas. Para dividir estas clases se indexó el mapa de unidades de cambio de drenaje con el mapa preliminar de ambientes. Finalmente, para una mejor visualización, se aplicó un procedimiento de filtrado con una ventana de 3 x 3 píxeles, y se confeccionó el producto final.

Verificación de campo

Se realizaron visitas al área de estudio para comparar el mapa preliminar de uso de la tierra y de tipos de ambientes con su correspondencia en el terreno. Se tomaron datos sobre el uso de la tierra y el tipo de vegetación dominante mediante: 1) muestreo en 55 transectas ubicadas en forma aleatoria a lo largo del río, 2) muestreo en 15 sitios alejados del curso del río dentro de la cuenca, y 3) muestreo continuo desde un vehículo en recorridos programados para maximizar el acceso a áreas diferentes. En estos muestreos se tuvieron en cuenta las siguientes variables: tipo de uso de la tierra, composición botánica, tipo y aptitud agrícola de suelos, riesgo de inundación y anegamiento, topografía relativa y características del paisaje.

RESULTADOS

Mapa de uso de la tierra

La Figura 2 muestra el mapa de uso de la tierra de la cuenca del río Luján. Las categorías de uso de la tierra que se definieron dentro de la cuenca son:

1. Rural: 1.1. Ganadero (G): actividad ganadera extensiva, principalmente se cría ganado bovino en pastizales naturales, con baja carga animal.

1.2. Ganadero-agrícola (GA): predomina la actividad ganadera extensiva en pastizales naturales. Incluye algunas parcelas agrícolas, los cultivos tienen menor rendimiento que en AG, y en su mayoría son cultivos para forraje.

1.3. Agrícola-ganadero (AG): predomina la actividad agrícola, fundamentalmente se cultiva trigo en invierno, y maíz o soja en verano. Incluye algunas parcelas ganaderas en pastizales naturales, pero en su mayoría son pasturas implantadas (para producción láctea).

1.4. Agrícola intensivo: actividad netamente agrícola, en parcelas pequeñas, de superficie menor de 5 Has:

1.4.1. Agrícola intensivo frutícola (AIF): predominan los frutales del género *Prunus sp.*

1.4.2. Agrícola intensivo hortícola (AIH): horticultura y floricultura.

1.5. Forestal (F): plantaciones de *Eucaliptus spp.* y *Populus sp.*, en gran parte destinado a la producción de aglomerado.

2. Urbano

2.1. Urbano (U): ciudades, pueblos, áreas subur-

banas. 2.2. Periurbano (P): zonas mixtas con asentamientos humanos, y espacios y parcelas abandonadas o con escaso uso, espacialmente conectado a U.

2.3. Residencial (R): áreas residenciales, casas quintas, clubes de campo.

2.4. Servicios (S): aeródromo, parques y recreos, área de depósito de residuos.

2.5. Industrial (I): Parque Industrial Pilar, e industrias de superficie distinguible a la escala de trabajo.

La actividad agropecuaria es la más ampliamente representada en la cuenca, ya que el 87,5% de la superficie presenta uso G, GA o AG. La definición de estas unidades está ligada al criterio de la aptitud de las tierras para actividades agrícolas o ganaderas. Las áreas G y GA son las adyacentes a las vías de escurrimiento o sectores cóncavos anegables. La categoría G está estrechamente ligada a las zonas más bajas de la cuenca, y tiene suelos con aptitud agrícola nula y riesgo muy alto de inundación y anegamiento. Mientras que en las unidades GA el riesgo de inundación disminuye con respecto aG.

Las unidades forestales F son escasas (menos de 0,5% de la superficie total), pertenecientes a un único establecimiento. Las unidades vinculadas al uso urbano representan un 8,69 % del área estudiada, siendo las unidades U y P las de mayor superficie.

Mapa de ambiente

El agua y la vegetación constituyen los dos ele-

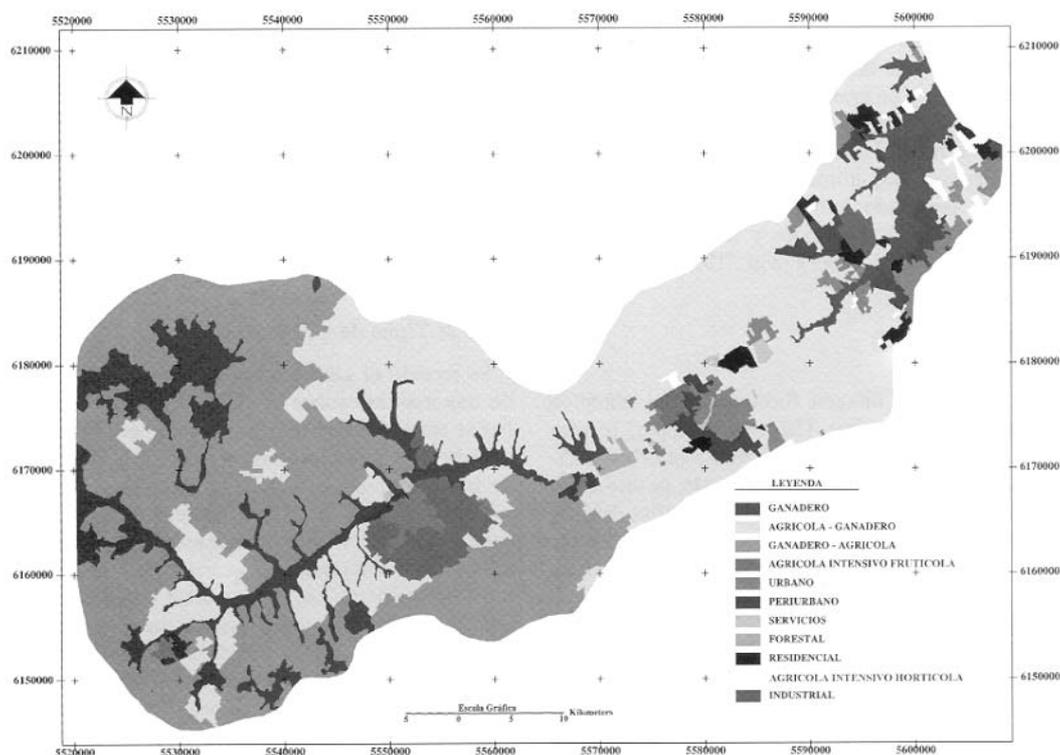


Figura 2. Mapa de uso de la tierra de la cuenca del río Luján.

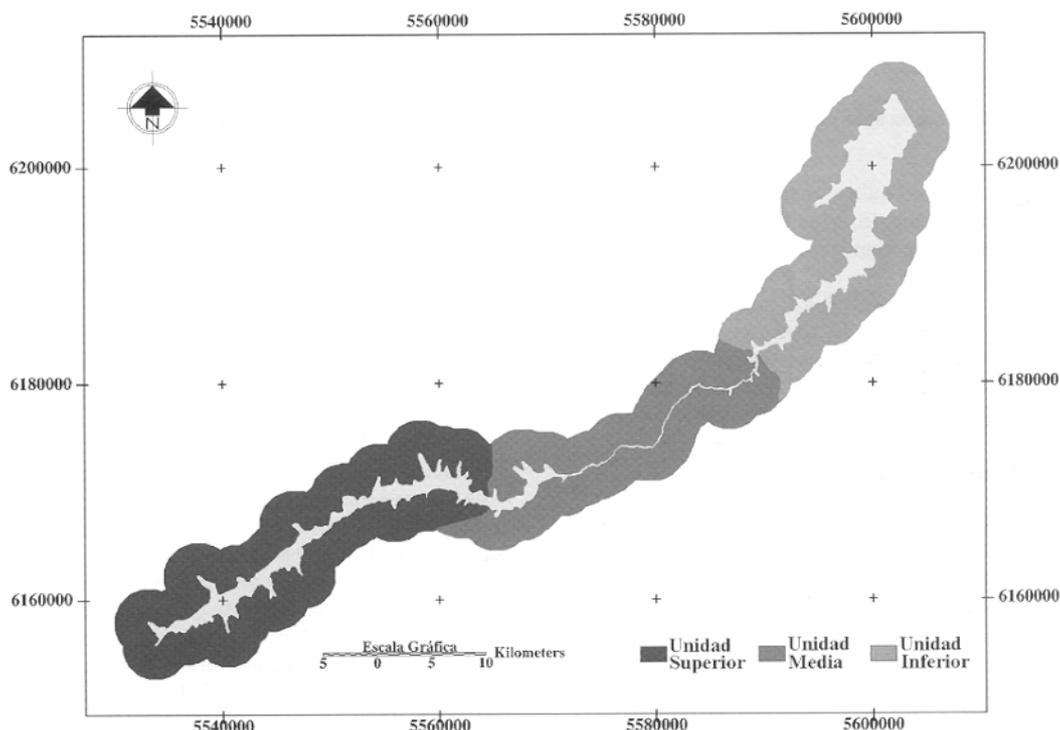


Figura 3. Mapa de cambios de unidades de drenaje

elementos claves en la definición de los ambientes. La variación en el grado de inundación o anegamiento de los suelos tiene gran influencia en los ambientes delimitados. Asimismo, la alta cobertura vegetal de algunos ambientes determina que las diferentes características de la vegetación marquen ambientes diferentes. El nivel de agua que muestra la imagen hace que aparezcan dentro de una misma clase algunos ambientes que se diferencian en el campo, y que están relacionados con áreas de la cuenca que presentan diferentes características de drenaje. La Figura 3 muestra el mapa de unidades de cambio de drenaje. Este mapa fue utilizado para fraccionar aquellas clases que eran claramente diferentes en el campo, pero que la clasificación automática no permitió diferenciar. Así, por ejemplo, se generaron las clases de zonas bajas con dominancia de *Spartina sp.* y de zonas bajas con dominancia de *Distichlis sp.*, correspondientes a la unidad inferior y a la unidad media-superior, respectivamente (Figura 4).

La Figura 4 muestra el mapa de ambientes del valle aluvial del río Luján resultante de la clasificación no supervisada. Las características de cada tipo de ambiente dentro del valle aluvial son las siguientes:

1. Monte con dominancia de *Gleditsia triacanthos* (MA): Comprende el monte de acacia negra *Gleditsia triacanthos*, el cual crece en forma de bosque en galería espontáneamente a los lados del río.

2. Suelo desnudo (SD): Comprende las zonas que presentan suelo desnudo, por ejemplo potreros en descanso o rastrojo, caminos, y vías.

3. Zonas anegadas con dominancia de *Scirpus spp.* y *Typha spp.* (J): Comprende las zonas más bajas de la unidad inferior que están cubiertas fundamentalmente por juncos *Scirpus californicus*, y totora *Typha spp.*, y tienen una altura aproximada de 2 m. Los suelos están cubiertos de agua.

4. Zonas bajas con dominancia de *Spartina sp.* (PS): Comprende los pastizales de zonas muy bajas de la unidad inferior se encuentran en la parte más ancha del valle, y están espacialmente vinculados a los juncales y totorales. Pero a diferencia de estos últimos, estos pastizales se asientan sobre suelos más altos y con menos agua, donde la especie vegetal dominante es el esparto *Spartina densiflora*. La altura promedio es de 1,4 m. El riesgo de anegamiento es severo.

5. Zonas bajas con dominancia de *Distichlis spp.* (PD): Comprende los pastizales de zonas muy bajas de las unidades superior y media que tienen como especie dominante al pasto salado *Distichlis spp.* La altura promedio es 0,30 m. Los suelos tienen un riesgo de anegamiento severo.

6. Zonas medio bajas con praderas mixtas (PM): Comprende los pastizales de zonas bajas, presenta variaciones en el microrelieve que tiene asociado un patrón de vegetación más emparchado, siendo las especies más abundantes: *Cynodon sp.*, *Paspalum sp.*, *Baccharis sp.*, *Solidago sp.*, *Eryngium sp.*, *Carduus sp.* La altura de la vegetación es muy variada. Los suelos tienen anegamiento grave.

7. Zonas intermedias de praderas mixtas (PI) y 8. Zonas altas de praderas mixtas (PA): Estos dos ambientes incluyen los pastizales intermedios y altos, y tienen mayor diversidad vegetal que los

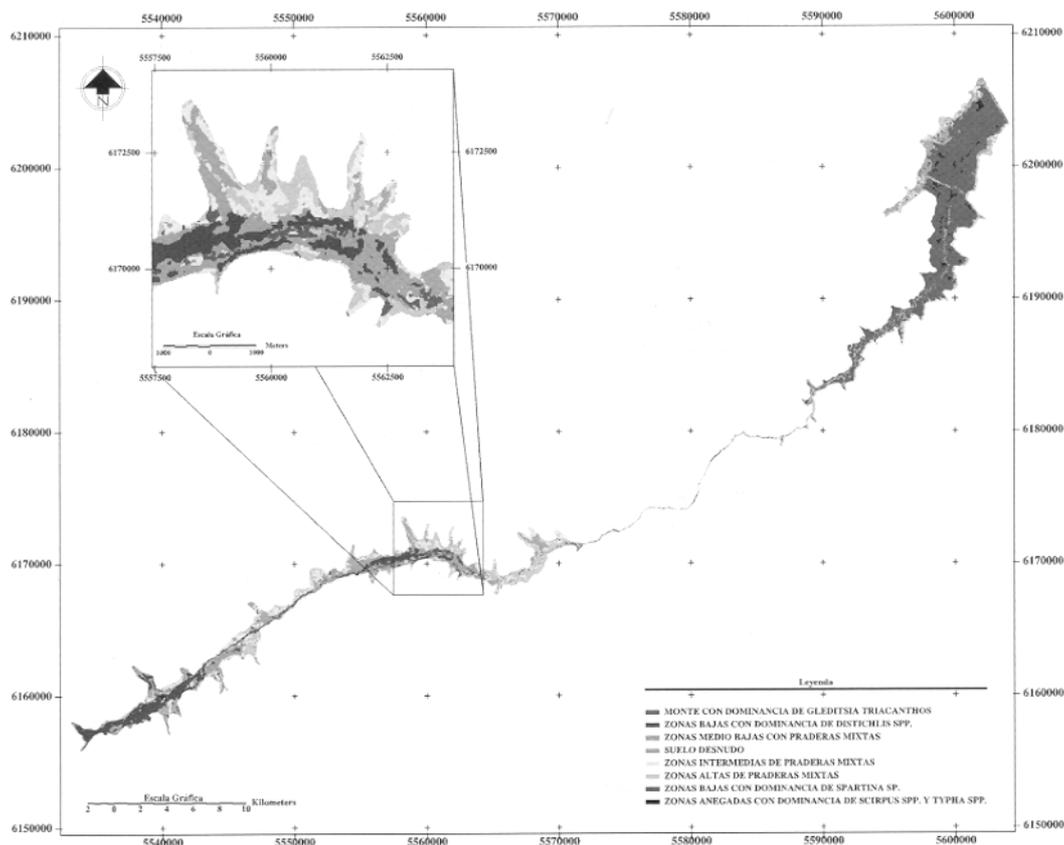


Figura 4. Mapa de tipos de ambientes del valle aluvial del río Luján. Se muestra un sector ampliado del valle.

anteriores. Incluyen pasturas naturales o potreros abandonados con dominancia de gramíneas. La diversidad de especies depende fundamentalmente del manejo de la tierra actual y en años anteriores. Los suelos tienen anegamiento nulo o casi nulo.

En la unidad inferior de la cuenca (Figura 3), se encuentran las clases que cubren la mayor y menor superficie del valle aluvial, PS (33.56%) y J (1.47%), respectivamente. Las clases SD (2.77%) y MA (3.9%) están poco representadas en todo el valle.

DISCUSION

La aplicación de técnicas de teledetección para el estudio de la cuenca del río Luján resultó una herramienta de gran utilidad para obtener información sinóptica a gran escala ecológica. La metodología empleada para generar los dos productos principales, mapas de uso de la tierra y de tipos de ambiente, resultó apropiada. En este sentido, cabe destacar la importancia de combinar el procesamiento digital de imágenes y la interpretación visual de la misma. La posibilidad de combinar ambos procedimientos en forma iterativa para procesar la información permite aprovechar las ventajas del procesamiento digital y, a su vez, incorporar criterios de interpretación e información de campo no disponibles en la imagen (v.g. procedimiento para generar el mapa de ambientes). El rol del investigador con conocimientos apropiados

es fundamental para fijar criterios y recolectar la información necesaria en el campo. La falta de participación en el procesamiento de la información de personal formado en estos aspectos es una de los principales impedimentos del desarrollo de estudios ecológicos utilizando datos provenientes de sensores remotos (Roughgarden et al., 1991). El hecho de encarar este estudio desde un grupo interdisciplinario resultó muy favorable para la elaboración teórica y técnica de la información.

En la confección del mapa de uso de la tierra se utilizó un criterio de aptitud de uso. Sólo en escasas excepciones se encontraron diferencias entre la aptitud agrícola del suelo y su uso. En estos casos se priorizó la aptitud del suelo, v.g. si había un cultivo adyacente al río entre pasturas naturales en suelo con aptitud agrícola nula, ese cultivo quedaba incluido en la categoría ganadera.

La pampa ondulada es la región de mayor actividad agrícola de la región pampeana. La aptitud de la región es eminentemente agrícola (SAGyP y CFA, 1995). Las áreas con mayor uso ganadero son las adyacentes a las vías de escurrimiento o sectores cóncavos anegables. La unidad inferior del río Luján presenta el valle aluvial más ancho, que proporciona tierras para uso ganadero. Sin embargo, en la unidad superior se encuentra una mayor cantidad de sectores anegables que no están ligados al curso principal del río, sino que corresponden a una zona más deprimida.

La mayor actividad industrial de la cuenca está concentrada en el Parque Industrial Pilar, en la unidad inferior. Hay otras industrias en el área de estudio que no han sido marcadas dado que no son identificables en la imagen satelital a la escala analizada.

En los últimos años se está dando un cambio muy importante en el uso urbano de la cuenca del río Luján, en cuanto a las aglomeraciones de menos de 500 habitantes. En la unidad inferior, los barrios privados y clubes de campo reconocen un surgimiento y crecimiento reciente vinculados con las rutas, dado el uso recreativo que poseen, siendo la cercanía y accesibilidad a la ciudad de Buenos Aires un factor de importancia decisiva en este tipo de instalaciones (Barros y Carballo, 1995). En la imagen utilizada puede verse un mayor número de unidades residenciales en la unidad inferior; y en caso de hacer un estudio multitemporal utilizando una imagen más reciente podría apreciarse la velocidad de transformación que ha sufrido la zona. En cambio, en las unidades superior y media, hay aglomeraciones rurales asociadas a actividades agroganaderas y, como es habitual en la provincia de Buenos Aires, ubicadas en tomo a estaciones ferroviarias, que presentan un descenso o un incremento poblacional poco importante (Barros y Carballo, 1995).

Dentro del valle aluvial del río Luján, se diferenciaron varias asociaciones vegetales. Los juncales, espartillares, y pastizales salinos son comunidades hidrófilas y halófilas típicas de ambientes de bañado y campos bajos cercanos a cursos de agua (Cabrera, 1993; Kandus, 1997; Chichizola, 1993). La acacia negra es una especie introducida de América del Norte y que en la actualidad crece en forma espontánea en la provincia de Buenos Aires (Cabrera, 1993). La formación de monte que acompaña el curso del río en extensos tramos del mismo modifica sustancialmente la fisonomía natural del ambiente.

Este trabajo constituye la primera aproximación al estudio integral del área, y a partir de esta información sería importante continuar el análisis fundado mentalmente en dos direcciones: haciendo estudios más detallados (a una escala ecológica menor) y haciendo estudios multitemporales utilizando imágenes de otras estaciones y/o de otros años.

AGRADECIMIENTOS

A. Sánchez, J. L. Torella, G. Crinigau colaboraron en salidas de campo y en distintas etapas del trabajo. A. Cuello asesoró en la confección de mapas finales. ML Guichón realizó este estudio en calidad de Becaria de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires,

Argentina. Este trabajo fue financiado por un subsidio de la Universidad Nacional de Luján.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, M. I. 1985. *Factores de deterioro ambiental en la Cuenca del Río Luján*. Buenos Aires. Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. 225 p. ,
- BARROS, C. y CARBALLO, C. 1995. La distribución de las aglomeraciones de menos de 500 habitantes en la cuenca del Río Luján. *Anales de I Jornadas sobre la Cuenca del Río Luján*. Buenos Aires. Universidad Nacional de Luján. pp. 21-24.
- BUZAI, G. D. 1998. Sistemas de Información Geográfica (SIG), en Matteucci, S. D. y Buzai, G. D. (eds.) *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*. Buenos Aires. Colección CEA, EUDEBA. cap. 7.
- CABRERA, A. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soco Arg. Bot.* XIX: 1-42.
- CABRERA, A., y ZARDINI, E. M. 1993. *Manual de la flora de los alrededores de la provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires. Editorial Acme. 755 p.
- CAPPANNINI, D. A. y DOMÍNGUEZ, O. 1961. *Los principales ambientes geodafológicos de la Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires. INTA, Revista IDIA N° 163.
- CHICHIZOLA, S. E. 1993. Las comunidades vegetales de la reserva Natural Estricta Otamendi y sus relaciones con el ambiente. *Parodiana*. 8: 227-263.
- CHUVIECO, E. 1996. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid. Ediciones Rialp. 568 p.
- GOLDBERG, S., CIRERA, I., PARELLA, M., BE NITZ, A., BULOS, L. y TRONCOSO, A. 1995. *Caracterización climática y agroclimática de la cuenca del Río Luján*, *Anales de I Jornadas sobre la Cuenca del Río Luján*. Buenos Aires. Universidad Nacional de Luján. pp. 13-19.
- HAWKINS, C. P. 1994. What are riparian ecosystems and why are we worried about them?, *Natural Resources and Environmental Issues*. Utah. Proceedings of the Symposium Riparian Resources, Utah State University. 83 p.
- KANDUS, P. 1997. *Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y naturales, Universidad de Buenos Aires.
- MITSCH, W. J. y GOSSELINK, J. G. 1993. *Wetlands*. New York. Van Nostrand Reinhold. 722 p.
- RASMUSSEN, G. A. y PADGETT, W. 1994. Recreational effects on riparian areas, *Natural Resources and Environmental Issues*. Utah. Proceedings of the Symposium Riparian Resources, Utah State University. 83 p.
- ROUGHGARDEN, J., RUNNING, S. W. y MATSON, P. A. 1991. What does remote sensing do for ecology? *Ecology*. 72: 1918-1922.
- SAGyP y CFA. 1995. *El deterioro de las tierras de la República Argentina*. Buenos Aires. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, y Consejo Federal Agropecuario. 287 p.