

APORTACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN AL ESTUDIO DE LA POTENCIALIDAD PRODUCTIVA DE UNA ZONA LITORAL DEL RÍO DE LA PLATA

RUIZ FERNÁNDEZ, L. A.¹; RECIO RECIO, J. A.¹; URRIEU, M.¹;
BARIDÓN, J. E.²; PELLEGRINI, A.²; BELAÚSTEGUI, H.³

¹ Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia
laruiz@cgf.upv.es; jrecio@cgf.upv.es; mdurrieu@yahoo.es

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de La Plata
60 y 119 s/n, 1900 La Plata (Argentina)
jbaridon@uolsinectis.com.ar ; apellegrini@agro.unlp.edu.ar

³ Fundación Biosfera
16 N° 1611, 1900 La Plata (Argentina)
belaustegui@biosfera.org

RESUMEN

El objetivo global de este estudio ha sido el de analizar la capacidad de recuperación y el potencial productivo de la franja litoral estuárica del Río de La Plata correspondiente al término municipal de Berisso (provincia de Buenos Aires, Argentina) y caracterizado por un crecimiento periurbano poco planificado y por la presencia de aprovechamientos agroforestales en estado de degradación. Para ello, y tras convertir todos los datos disponibles a un sistema de referencia cartográfico común, se han reconocido y evaluado los distintos sistemas productivos existentes actualmente en la zona mediante prospecciones de campo y clasificaciones espectrales de imágenes de satélite (Landsat TM y ASTER), obteniendo la cartografía de usos del suelo. Además, mediante el procesado y clasificación de imágenes correspondientes a años anteriores, se evidencian las tendencias evolutivas que están teniendo lugar en cuanto al aprovechamiento y los usos de la zona. Mediante trabajos de campo y análisis de laboratorio se han analizado muestras de suelos, permitiendo la zonificación en dos unidades cartográficas básicas según el tipo de suelo. A partir de esta información se han determinado las capacidades productivas potenciales para los principales aprovechamientos de la zona. La combinación de la cartografía de usos y evolución con las tablas de capacidad productiva generadas, teniendo en cuenta la realidad socioeconómica de la zona, permite elaborar conclusiones sobre lo que podría ser un aprovechamiento agroforestal más racional y planificado de la zona de estudio.

Palabras clave

Clasificación espectral, evolución, capacidad productiva, recuperación litoral.

ABSTRACT

The overall aim of this study was to analyse the potential for recovering and production of the coastal strip of the Río de La Plata in the municipal district of Berisso (Buenos Aires, Argentina). This area is characterised by a periurban growth with a very low planning, and by the presence of agricultural and forestry uses in state of degradation. For this purpose, first all the available data were converted to a common cartographic system, then the current productive

systems in the area were identified and evaluated by means of field sampling and spectral classifications of satellite images (Landsat TM and ASTER), obtaining land use maps. Using imagery from different dates, the main changes arising to the land use of the area were detected. In addition, soil samples were collected and analysed in the laboratory, allowing the definition of two main cartographic units attending to the type of soil. This information was used to determine the potential productive capacities of the area. Combining the information extracted from the land use maps along the time with the productivity matrices, and considering social and economic particularities, some conclusions about a more sustainable and organised exploitation of the agricultural and forestry resources in the area have been proposed.

Keywords

Spectral classification, evolution, productive capacity, coastal recovery.

1. INTRODUCCIÓN

Existen zonas en las que, aunque el aprovechamiento de los recursos naturales ha jugado un papel importante en el desarrollo regional en el pasado, adaptándose a las condiciones naturales y logrando una situación de equilibrio entre la explotación de los recursos y la sostenibilidad del medio natural, determinadas circunstancias socioeconómicas han llevado al abandono de dichas prácticas y al uso inadecuado del suelo, contribuyendo a la degradación progresiva del entorno. En estos casos, resulta útil la creación de una cartografía de usos y evolución del suelo, junto con un análisis de campo sobre las condiciones socioeconómicas actuales, de forma que se evidencien las tendencias y puedan prevverse actuaciones básicas en cuanto a la ordenación territorial y la gestión de los recursos naturales.

En este trabajo se describen estudios edáficos, cartográficos y socioeconómicos realizados en una zona litoral del Río de La Plata, cuya dedicación principal es el aprovechamiento forestal (*Salix sp.* y *Populus sp.*), junto con algunas explotaciones hortícolas de carácter familiar y viñedos, y cuyo desarrollo se ha visto mermado en las últimas décadas. Tras una breve introducción sobre las características geográficas y geomorfológicas de la zona, los objetivos del proyecto y algunos estudios de campo, se describe el procedimiento seguido, basado en técnicas de teledetección, para la obtención de cartografía de usos del suelo y su evolución en los últimos años.

1.1 Localización geográfica e infraestructuras

El área de trabajo comprende el litoral costero del Partido de Berisso, Provincia de Buenos Aires, Argentina, localizándose en la posición geográfica 34° 55' 30' lat. S y 57° 45' long. W. La zona comprende 4.588 ha., entre la Ruta Provincial N° 15 (Avenida Montevideo) y el Río de la Plata. La región de estudio cuenta con ventajas estratégicas derivadas de factores naturales y antrópicos. Dentro de estos últimos cabe una mención especial a su proximidad a grandes centros de población y consumo. A través de rutas provinciales y nacionales, se conecta en 20 km. con la ciudad de La Plata y en unos 60 km. con el cinturón urbano de la Ciudad de Buenos Aires.

Sin embargo, el acceso a la mayor parte de las explotaciones productivas es deficiente. Existe una vía de acceso central a la zona que la constituye la Ruta Provincial 15; desde ésta, en dirección al Río de la Plata, sólo existen 4 accesos en condiciones de transitabilidad permanente, siendo el resto accesos vecinales que se tornan intransitables ante las crecidas periódicas del río y las precipitaciones. Algo

similar ocurre con arroyos y canales que antiguamente constituían vías frecuentes de comunicación pero que en la actualidad no son navegables por falta de limpieza y mantenimiento. La figura 1(a) muestra el acceso vecinal a una explotación en producción, con una pequeña crecida del río. Este podría considerarse uno de los caminos vecinales con mejor oportunidad de tránsito. Además, buena parte de las fincas carece de luz eléctrica por falta de tendido eléctrico, y no se dispone de agua corriente ni de gas natural. El agua se obtiene de reservorios artificiales de agua de lluvia o agua de río, debido a que las capas freáticas son salinas.



Figura 1. a) Camino de acceso a una explotación. b) Antiguo canal navegable desbrozado recientemente.

1.2 Clima, geomorfología y suelos

El clima de la zona es templado húmedo sin estación seca. La temperatura media anual es de 15,8 °C, la humedad relativa media del 76%, la velocidad media del viento 12km/ hora y la precipitación media anual es de 1.076 mm.

La geomorfología y topografía del Partido de Berisso puede resumirse en los siguientes ambientes:

- Un ambiente de origen continental denominado “Terraza alta”, corresponde a las mayores cotas del partido con un origen en deposiciones sedimentarias de limos loésicos, formación “Pampeano”.
- Un desnivel más o menos marcado, denominado “Barranca o Escalón”, lo separa de un ambiente originado en las ingresiones marinas del Querandinense, ocurridas hace más de 5000 años, con aportes estratificados de materiales de distintas granulometrías (arcillas, limos, arenas, conchilla) paralelos y subparalelos a la costa. Comprende más de tres cuartas partes de la superficie del Partido de Berisso e incluye las siguientes geofomas (Cavallotto, 1995):
 - “Terraza baja”: Es la franja literalmente deprimida que se extiende entre Berisso y La Plata, donde se originan *bañados* o pequeñas lagunas dinámicas. Las texturas arcillosas de sus suelos dificultan la infiltración del agua de lluvia, lo que junto a la ausencia de pendiente y cursos de agua definidos determina un drenaje deficiente.
 - “Cordón litoral”: Desde estos *bañados* hacia la costa, el terreno asciende suavemente dando origen a un albardón bajo, paralelo a la ribera, donde ha

sido edificada la ciudad de Berisso. Geformas de acumulación alargadas y paralelas a la costa cuya cota es de unos 4 metros snm.

- “Cordón conchil”: Se trata de cordones de conchilla mezclada principalmente con arena. Paralelos o subparalelos a la línea de costa actual. Encierran cubetas extendidas de sedimentos más finos.
- “Llanura aluvional”: Zona baja, a menos de 2 m. snm., comprendida entre la barranquilla y la costa actual. Esta zona está surcada de arroyos y canales e incluye las islas Santiago y Paulino. Corresponde al sector de chacras, fincas y viñedos.

1.3 Objetivos

El objetivo fundamental del proyecto en el que se engloba este trabajo es determinar las potencialidades y limitaciones para el desarrollo socioproductivo de la zona litoral estuárica del partido de Berisso. Para ello, se ha elaborado cartografía temática de usos del suelo actual y pasada a partir de imágenes de satélite y fotografías aéreas disponibles de la zona desde el año 1986 hasta el 2001, utilizando técnicas de teledetección y procesado digital de imágenes. Además, se han llevado a cabo estudios edafológicos en campo y en laboratorio en diferentes localizaciones representativas de la zona, y se han recopilado datos socioeconómicos actuales mediante entrevistas realizadas a productores locales. En concreto, en este artículo nos centraremos fundamentalmente en la descripción de los trabajos cartográficos realizados mediante técnicas de teledetección y su aplicación al estudio de la evolución de usos de la zona. Su combinación con los datos de campo nos permitirá describir la potencialidad de los usos agroforestales.

2. MATERIAL Y DATOS

Además del material propio del estudio edafológico, en lo que concierne al análisis cartográfico se han empleado 3 grupos de datos: cartografía, fotografías aéreas e imágenes de satélite.

2.1 Cartografía

- Por un lado, se han empleado las hojas de La Plata y Punta Blanca de la cartografía a escala 1:25.000 editada por la Dirección de Geodesia del Ministerio de Obras Públicas de la provincia de Buenos Aires.
- También se ha contado con algunas hojas disponibles del catastro municipal de Berisso, a una escala de 1:5.000.

Ambos tipos de datos en formato papel y georreferenciados según la proyección Gauss-Krüger, datum Campo Inchauspe 1969.

2.2 Fotografías aéreas

- Fotografías en blanco y negro procedentes de un vuelo a escala aproximada 1:20.000 realizado en mayo de 1992, las cuales se han digitalizado a 4 m/píxel y posteriormente georreferenciado mediante puntos de control. Los fotogramas representan la práctica totalidad de la zona de estudio. La figura 2 muestra el mosaico realizado, en el que se ha incorporado la hidrografía y las vías de

comunicación principales. Su utilidad ha sido la de interpretar la zona, tanto en los procesos de clasificación de usos del suelo como en los trabajos de campo.

- Fotografías en color procedentes de un vuelo a escala aproximada de 1:7.500 realizado en junio de 2004. Sólo se dispone de fotogramas de una pequeña parte de la zona de estudio. Dado su elevado nivel de detalle, se utilizaron como apoyo en la interpretación.

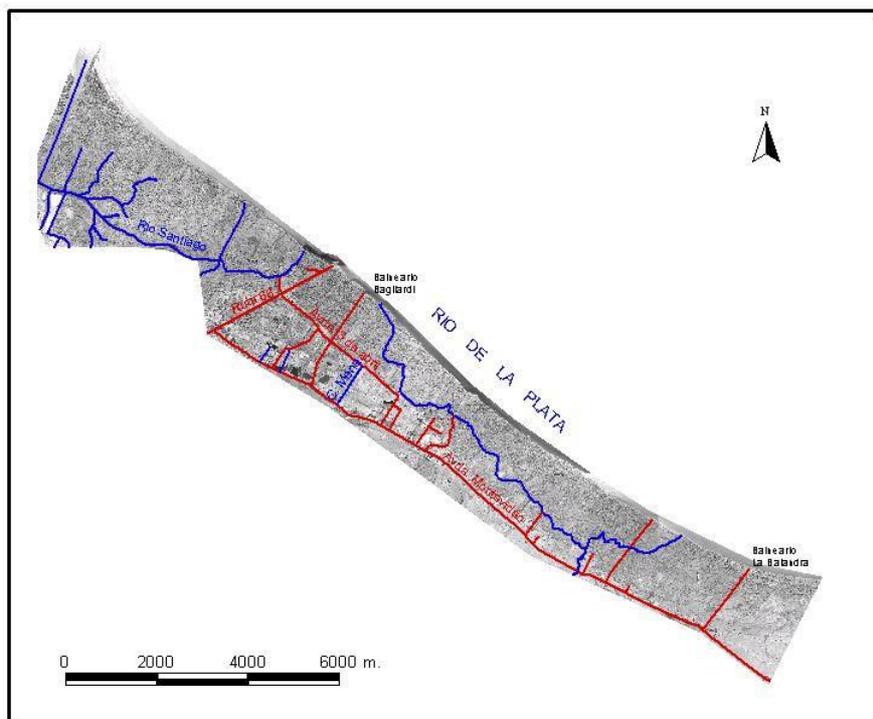


Figura 2. Mosaico de fotografías aéreas con superposición de la hidrografía básica (en azul) y de las vías de comunicación (en rojo) de la zona de estudio.

2.2 Imágenes de satélite

- Imágenes Landsat 5 TM: Si bien se disponía de un total de 6 imágenes a lo largo de un período de 15 años, sólo se han utilizado 4 de ellas para el estudio, dos adquiridas en verano de 1986 y 1989, y otras dos de verano e invierno de 2000. De esta forma, se ha podido estudiar la evolución entre finales de los años 80 y el año 2000. Como es sabido, el sensor TM proporciona información espectral del visible (3 bandas), infrarrojo próximo (2 bandas), medio (1 banda) y térmico (1 banda), lo cual resulta apropiado cuando se pretende clasificar por usos del suelo. Sin embargo, su resolución espacial (30 m.) no permite clasificar unidades cartográficas muy detalladas.
- Imágenes ASTER: Disponibles 2 bandas espectrales del visible y una del infrarrojo próximo a 15 m/píxel, y 6 bandas espectrales del infrarrojo medio (con longitudes de onda comprendidas entre 1,6 y 2,4 micrómetros) a 30 m/píxel de resolución espacial. La fecha de adquisición es de 2000, por lo que se emplearon conjuntamente con las imágenes Landsat para obtener el mapa de usos de 2000.

3. MÉTODOS Y RESULTADOS

3.1 Caracterización de los sistemas productivos y definición de unidades geomorfológicas

Mediante trabajo de campo se ha tenido contacto con la realidad socioeconómica de la zona, contactando con productores a través de encuestas personales que, aunque carecen de valor estadístico, han servido para extraer información detallada sobre los sistemas productivos predominantes. Además, se han tomado muestras de suelo en distintos puntos, las cuales han sido analizadas con respecto a sus propiedades físicas y químicas. A continuación se describen algunos aspectos relevantes.

La práctica totalidad de los productores son ellos mismos propietarios de la tierra. Se trata de pequeñas explotaciones familiares, con accesos a las mismas muy variables, desde bueno hasta deficiente. Aproximadamente la mitad posee maquinaria de laboreo en buen estado y aplican fertilizantes y productos fitosanitarios regularmente. La otra mitad o no posee o su uso es ocasional. Los cultivos básicos son la vid, frutales, mimbre y hortícolas, en los cuales se realizan cosechas periódicas, además de la caña y madera (*Salix* y *Populus*), donde es más irregular. La producción se destina casi exclusivamente al abastecimiento de los mercados locales. En el caso de la vid, el 75% se produce el vino en régimen de cooperativa.

El análisis de antecedentes, la interpretación de fotografías aéreas, imágenes Landsat e imágenes ASTER, junto a las prospecciones de campo permitieron determinar que la zona de trabajo específica comprende dos únicas unidades geomorfológicas: *Cordón conchil* y *Llanura aluvional*. A partir de las unidades geomorfológicas presentes en el área se procedió al reconocimiento de los suelos que las integran. Se realizaron 25 muestreos edáficos, con pala y barreno, abriendo calicatas para la determinación morfológica de perfiles representativos y con extracción de muestras para determinaciones físico-químicas de laboratorio.

La mayor parte de la superficie de trabajo (3.655 ha.) pertenece a la llanura aluvional, formada por un complejo de suelos jóvenes que no han evolucionado debido, precisamente, a sus características aluvionales. El perfil representativo del suelo se ha clasificado como Hidracuent (USDA, 2003). Ocupa una posición topográfica baja y su uso actual es de monte de *Salix* y vid.

El cordón conchil representa una superficie menor (933 ha.) y está formado por lomadas angostas y extendidas, discontinuas, subparalelas a la costa, llanos intercordones en donde el drenaje se ve impedido en profundidad por capas de arcilla aluvional y en superficie por la escasa pendiente y la barrera física que constituyen los cordones de conchilla. La unidad cartográfica resulta ser un complejo de suelos donde el Haprendol (USDA, 2003) es el suelo dominante asociado a las zonas más elevadas del relieve. Su uso actual es el de pradera implantada.

En la tabla 1 se resumen las características de las dos unidades geomorfológicas, mientras que en la figura 3 se muestran los límites de la zona ocupada por las ambas unidades, superpuestas sobre una imagen Landsat TM.

Tabla 1. Resumen de las características de las dos unidades geomorfológicas de la zona.

Unidad Cartográfica	Geomorfología	Características litológicas dominantes.	Unidades Taxonómicas
Llanura aluvional	Unidad de acumulación fluvial más reciente, con cotas inferiores a 2,5 m	Arcillas con arenas subordinadas color castaño a grisáceo en profundidad	<u>Hidracuentes</u> // Fluvacuentes
Cordón conchil	Cordones de conchilla mezclada principalmente con arena. Paralelos o subparalelos a la línea de costa actual. Encierran cubetas extendidas de sedimentos más finos.	Restos de moluscos bivalvos en matrices arenosas y/o arcillosas	<u>Haprendoles</u> // <u>Natraculfes</u> // <u>Natracuoles</u>

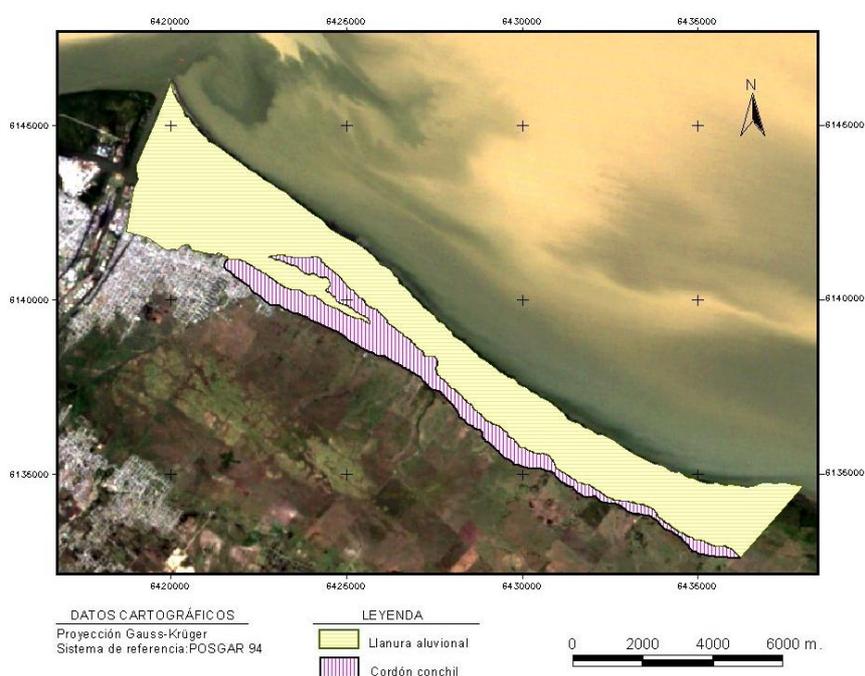


Figura 3. Límites de las dos unidades geomorfológicas de la zona de trabajo superpuestas sobre una imagen Landsat.

3.2 Cartografía de usos del suelo

La metodología empleada para la obtención de cartografía de usos del suelo se ha basado en el tratamiento digital de las imágenes de satélite, realizando clasificaciones sobre las imágenes de los años 1986 y 1989, por un lado, y de 2000, por otro. Además, se ha realizado un mosaico con las fotografías aéreas de 1992, el cual ha servido para la fotointerpretación y la superposición de información vectorial (figura). Uno de los problemas iniciales fue la obtención de las propias imágenes y, sobre todo, de la base cartográfica necesaria para su georreferenciación, que fueron recopiladas a diferentes resoluciones y escalas y suministradas por diversas instituciones para completar la zona de trabajo. Aunque la cartografía oficial argentina se encuentra referenciada según la proyección Gauss-Krüger, la transición del datum Campo Inchauspe 69 a POSGAR 94,

la cual tuvo lugar a partir de 1997, ha supuesto un inconveniente adicional a la hora de combinar las diferentes fuentes cartográficas para la georreferenciación de las imágenes. Finalmente, todos los datos han sido referenciados según del datum POSGAR 94. A continuación se describen los procedimientos seguidos para las tareas de preprocesado (georreferenciación, registro, ajustes radiométricos y eliminación de ruido periódico) y de clasificación por usos del suelo.

3.2.1 Georreferenciación y registro de las imágenes de satélite

Para la georreferenciación de las imágenes se han empleado puntos de control de diferentes fuentes: (1) algunos puntos provenientes de GPS diferencial, (2) posiciones tomadas con navegador durante los trabajos de campo, y (3) el resto de puntos se han extraído a partir de la cartografía 1:25.000, para completar la superficie correspondiente a nuestra zona específica de trabajo y, sobre todo, el resto del área circundante presente en las imágenes. A partir de la georreferenciación planimétrica (no existen variaciones significativas del relieve) de una de ellas, se ha llevado a cabo el registro sucesivo de las demás, empleando un polinomio de ajuste de 2º grado y remuestreo mediante el método de interpolación bilineal. Al haber densificado los puntos en el área costera de trabajo, el error cuadrático medio no ha superado en ningún caso los 0,5 píxeles en dicha zona.

Posteriormente, se han recortado las imágenes para ajustarse a la zona de trabajo y creado dos ficheros, uno de ellos con las 12 bandas (excluyendo las térmicas) de 1986 y 1989, y el otro con 15, las dos Landsat de verano e invierno y las 3 bandas de la imagen ASTER (con 15 m. de resolución espacial), todas ellas de 2000. Para ello, en este último caso hubo que remuestrear previamente las 2 imágenes Landsat a 15 m/píxel, sin modificar su valor, para conseguir el mismo tamaño de píxel que la imagen ASTER.

3.2.2 Georreferenciación de las fotografías aéreas y formación del mosaico

Como ya se ha mencionado, el vuelo se realizó en mayo de 1992 a una escala aproximada de 1:20.000, siendo escaneado a 120 dpi, consiguiendo así una resolución espacial de 4 m/píxel. La zona de trabajo queda representada en un total de 10 fotogramas en blanco y negro. En este caso, dado el mayor detalle espacial, los puntos de control deben tener mayor precisión que en el caso de las imágenes Landsat y ASTER, empleándose (1) puntos provenientes de GPS diferencial, (2) posiciones tomadas con navegador durante los trabajos de campo, y (3) puntos extraídos a partir de la cartografía 1:5.000 en las zonas en las que se disponía de ella. Las imágenes se han rectificadas planimétricamente de forma independiente, empleando polinomios de ajuste de 2º grado y obteniendo errores cuadráticos medios inferiores al píxel en todos los casos.

Uno de los inconvenientes de trabajar con fotografías aéreas es la gran diferencia en iluminación existente entre fotogramas de pasadas diferentes, debido a las diferencias en los ángulos de observación. Para corregirlo, se ha realizado un ajuste independiente de los fotogramas, haciendo coincidir sus histogramas tomados dos a dos y excluyendo la zona acuática, correspondiente al Río de la Plata. Posteriormente, se ha formado el mosaico y al mismo tiempo se ha aplicado un entrelazado progresivo de los niveles de gris de fotografías contiguas. El resultado final del mosaico puede verse en la figura 2.

3.2.3 Preprocesado de las imágenes ASTER

A estas imágenes se les ha aplicado el proceso de georreferenciación descrito en el apartado 3.2.1, pero además, estas imágenes presentaban un marcado efecto de bandeo vertical, lo que hacía inapropiada su utilización directa. Dada la periodicidad y la magnitud del ruido, se optó por aplicar un filtro específicamente diseñado en el dominio de las frecuencias. El procedimiento consta de 3 fases: (1) Cálculo de la transformada de Fourier de las bandas espectrales que presentan bandeo, (2) diseño y aplicación del filtro sobre la imagen del espectro de Fourier, y (3) aplicación de la transformada inversa y obtención de la imagen filtrada. El proceso y el resultado puede verse gráficamente en la figura 4, donde puede apreciarse que el ruido ha sido eliminado de forma eficiente.

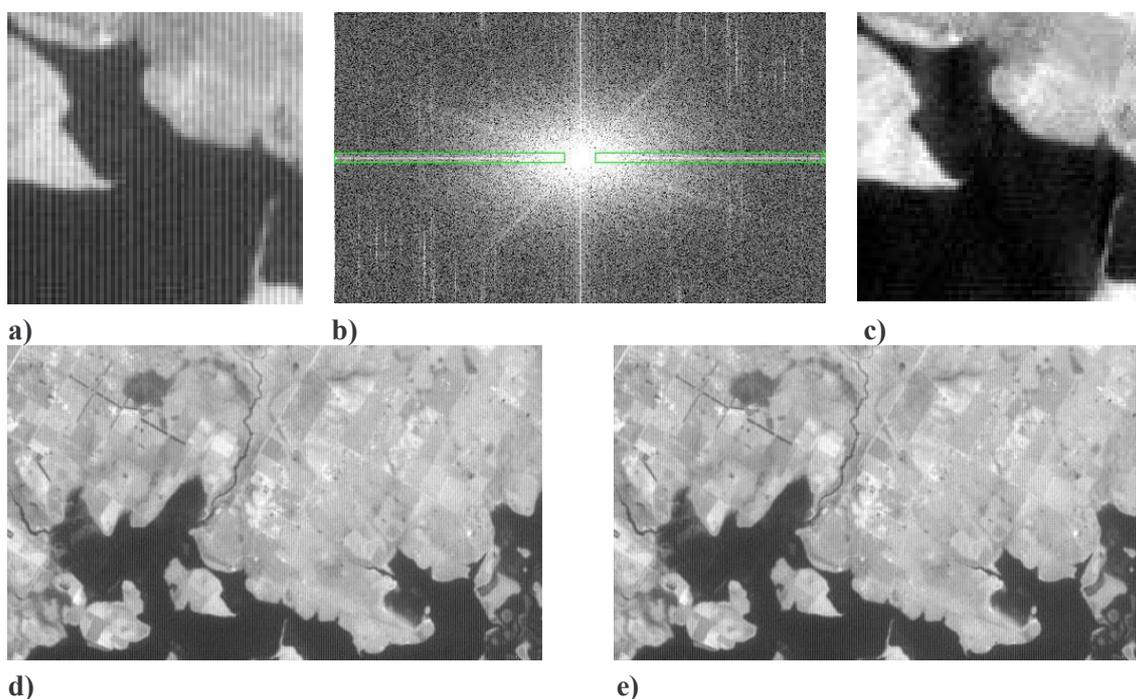


Figura 4. Filtrado del ruido periódico en imágenes ASTER: a) y d) detalles de una banda original a distintas escalas; b) espectro de Fourier con el filtro de corte superpuesto; c) y e) resultado tras aplicar el filtro y la transformada inversa.

3.2.4 Clasificación de usos del suelo

En anteriores trabajos en la zona se realizó un mapa de usos forestales a partir de las fotografías aéreas de 1992, empleando técnicas de clasificación por texturas (Ruiz, et al., 1998). Sin embargo, en este caso no se ha dispuesto de imágenes análogas del año 2000, por lo que se han realizado varias clasificaciones espectrales de la zona de trabajo. El primer paso ha consistido en crear una máscara de dicha zona que ha sido aplicada sobre las imágenes Landsat TM y ASTER, quedando únicamente el área común de trabajo en todas ellas. Se han considerado los siguientes usos del suelo o clases:

- *Bosque cultivado*: Se trata de plantaciones mayoritariamente de *Salix* y algunas esporádicas de *Populus*, que se encuentran en producción actualmente y cuyo aprovechamiento es la madera.

- Bosque mixto: Son antiguas plantaciones de madera que se encuentran abandonadas y mezcladas con otras especies silvestres arbóreas y arbustivas de la zona. No tienen aprovechamiento comercial.
- Pradera: Pastos extensivos para ganado vacuno.
- Hortícola: Pequeñas fincas (*quintas*) con cultivos hortícolas de la zona, incluida la vid.
- Hortícola mixto: Son zonas hortícolas similares a las de la clase anterior que se combinan con otros aprovechamientos (caña, etc.). Debido al tamaño de píxel (15 y 30 m.) no es posible clasificarlas de forma independiente.
- Pajonal: Áreas con capa freática alta, a menudo encharcadas y con vegetación propia de estas zonas (*Stipa, Juncus*, etc.)
- Urbano: Área urbana de Berisso, almacenes industriales o casas agrupadas.
- Zonas acuáticas: Ríos, arroyos y balsas.

Para obtener la primera clasificación de usos (años 80) se han combinado las imágenes de 1986 y 1989, entre cuyas fechas no se habían producido cambios significativos, obteniendo un mapa de usos aproximado de esa época. Para la obtención del mapa de usos del suelo de 2000 se han realizado dos clasificaciones: una con las 12 bandas de Landsat TM y la otra añadiendo las 3 bandas de la imagen ASTER, ya que ésta no abarcaba toda la superficie de trabajo. Posteriormente se combinaron para obtener la clasificación de la zona completa.

Las muestras de aprendizaje y evaluación se han tomado a partir de la información obtenida en las visitas de campo. No obstante, algunas de las zonas resultan prácticamente inaccesibles, por lo que se han completado con muestras definidas a partir de la interpretación de las fotografías aéreas. Las muestras usadas han sido las mismas, salvo ligeras variaciones, para las clasificaciones realizadas en las dos fechas. El método de clasificación usado ha sido el de máxima probabilidad, y los resultados arrojan una fiabilidad global próxima al 90% en todos los casos, si bien las clases más dispersas propias de la unidad geomorfológica de cordón conchil presentan un grado mayor de errores (zonas hortícolas, fundamentalmente).

Las figuras 5 y 6 muestran los mapas de usos del suelo resultantes. En ellos se puede observar una disminución global de las zonas de bosque cultivado, lo que confirma que las explotaciones madereras se van abandonando por su poca rentabilidad económica, la falta de medios e infraestructuras y la migración de los productores hacia zonas urbanas.

Por otra parte, parece existir una ligera redistribución del cultivo dentro de las zonas hortícolas, lo cual podría deberse simplemente a cambios estacionales, o probablemente al hecho de que la resolución ofrecida por las imágenes empleadas no permite discriminar con precisión este tipo de parcelas tan pequeñas.

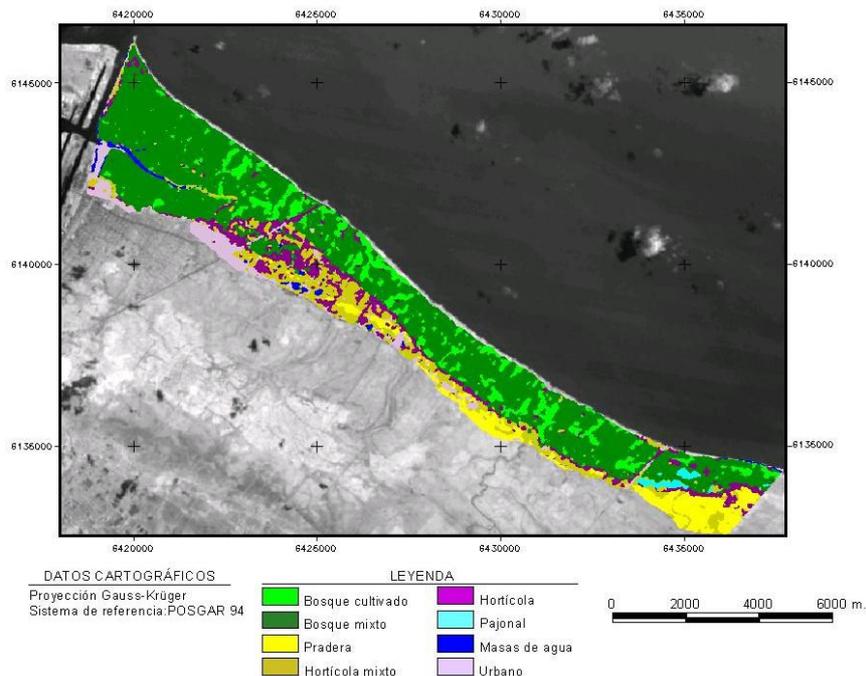


Figura 5. Clasificación de usos del suelo de la zona litoral de Berisso a partir de imágenes Landsat TM de 1986 y 1989.

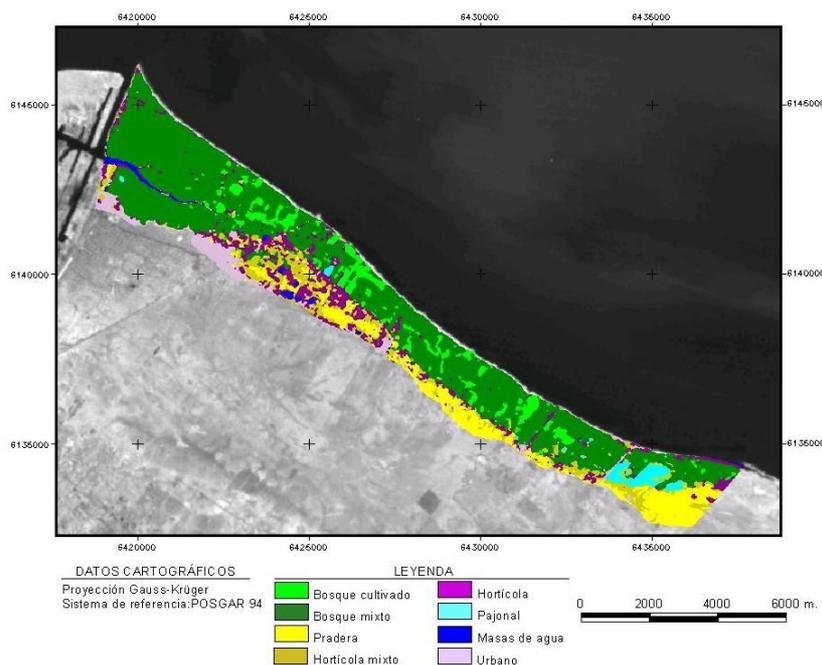


Figura 6. Clasificación de usos del suelo de la zona litoral de Berisso a partir de imágenes Landsat TM y ASTER de 2000.

3.3 Potencialidad de los usos del suelo

La determinación de la potencialidad de uso de las zonas identificadas en el área de trabajo se ha realizado siguiendo la metodología de capacidad de uso de los suelos por puntaje en función del tipo de cultivo y de sus requerimientos (Lanfranco et al., 1996). Se basa en la valoración aditiva y subtractiva teniendo en cuenta factores edáficos y

extraedáficos, cuya suma proporciona un criterio objetivo para estimar la capacidad de uso potencial de una unidad cartográfica. Los factores o parámetros considerados son: la altura topográfica relativa, relieve, capacidad de drenaje, profundidad efectiva del suelo, espesor del horizonte superficial, color en húmedo, textura, susceptibilidad a la erosión y otras observaciones específicas como el riesgo de crecida del río, la distancia a una vía transitable, la calidad del agua, etc.

Los datos de suelos y las visitas a campo han permitido aplicar estos criterios a algunos aprovechamientos agrícolas y forestales. Como resultado, se observa que para el cultivo de vid y ciruelo los suelos son de buena capacidad productiva en las dos unidades cartográficas, pero si se tienen en cuenta el sistema de drenaje que utilizan los productores de la zona, la llanura aluvional eleva su capacidad de uso a muy alta.

En relación a los cultivos hortícolas, como el tomate y la lechuga, el suelo de la llanura aluvional posee una capacidad de uso regular a mala, debido a la falta de tolerancia a las inundaciones periódicas que son producidas por la subida del Río de La Plata. Los suelos del cordón conchil están en posiciones más elevadas y poseen mejor drenaje y una menor profundidad efectiva que los suelos de la llanura aluvional a consecuencia del alto contenido de CO_3Ca y su elevado pH, por lo que se consideran de alto valor productivo.

Con referencia a la actividad forestal, se realizó la evaluación de la potencialidad de uso del suelo para *Salix sp.*, por ser la especie más extendida en la zona. La unidad cartográfica de cordón conchil presenta una alta capacidad de uso para plantaciones de esta especie, siendo el principal limitante el impedimento mecánico que la conchilla constituye para las raíces. No obstante, es suficiente para su arraigo y desarrollo. La unidad Llanura aluvional presenta una potencialidad muy alta de uso para plantaciones de *Salix*. De hecho, hace varias décadas era la actividad económica con mayor superficie dedicada. El principal factor limitante se asocia al tiempo de permanencia del agua durante las crecidas del río. Si existieran canales de desagüe operativos, como en épocas anteriores, la capacidad de uso para esta especie se convertiría en excelente.

4. CONCLUSIONES

Se han utilizado técnicas de teledetección para la obtención de cartografía de usos del suelo de la zona litoral estuárica el partido de Berisso (Argentina) en dos fechas diferentes. A partir de los resultados obtenidos, de los análisis de suelos y de entrevistas con productores de la zona, se pueden constatar algunas tendencias en cuanto al uso y explotación de los recursos agroforestales:

Entre los años 1989 y 2000 se evidencia una reducción significativa de la superficie forestal dedicada a bosque cultivado, incrementándose la de bosque mixto, lo cual refleja un abandono progresivo de las labores de mantenimiento y aprovechamiento de las plantaciones forestales. Esto puede deberse tanto a su baja rentabilidad como a la escasez y degradación de las infraestructuras de accesibilidad, transporte y explotación (camino, canales,...).

Por otra parte, el análisis de potencialidades muestra una buena aptitud agrológica de las plantaciones de *Salix* en la llanura aluvional, siempre y cuando se resuelva el problema de las inundaciones prolongadas debido a crecidas del río, lo cual se podría resolver mediante la rehabilitación de los canales de desagüe.

En cuanto a las zonas hortícolas, que mayoritariamente ocupan la unidad cartográfica del cordón conchil, se ha reducido su superficie de cultivo, teniendo lugar una mayor dispersión, con parcelas más pequeñas y cultivos más diversificados, en otros casos transformándose en praderas. El estudio de potencialidad de usos refleja una buena aptitud de esta zona para los cultivos de huerta tradicionales, debido en parte al buen drenaje de los suelos. También existe una buena aptitud para la vid y los frutales en la llanura aluvional, de nuevo siempre que se mejore la capacidad de drenaje en estas zonas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Agencia Española de Cooperación Internacional el apoyo financiero proporcionado (proyecto conjunto de investigación A/1512/04), a los miembros de la Sección de Cartografía de la Municipalidad de Berisso y a los productores entrevistados por la información y datos facilitados.

BIBLIOGRAFÍA

- Cavallotto J.L. (1995). *Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en la margen sur del Río de la Plata*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Univ. Nac. De La Plata.
- Lanfranco, J.W., R.M.Marlats, y J.E.Baridón. (1996). Definición de la calidad de sitio forestal para *Populus sp.*, *Salix sp.* y *Eucalyptus camaldulensis* en rendoles e hidrácuentes. Aplicación de índices edáficos. p. 78-83. *XVº Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. La Pampa. Argentina.
- Ruiz, L.A., Iñán, I., Baridón, J.E., Lanfranco, J.W. (1998). Combining multispectral images and selected textural features from high resolution images to improve discrimination of forest canopies. *Image & Signal Processing for Remote Sensing IV*. SPIE (ISSN: 0277-786X). Vol. 3500, pp. 124-134.
- USDA, United States Department of Agriculture. (2003). *Keys to Soil Taxonomy*. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. Ninth edition.

