

# **IDENTIFICACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA ARROZ, PERÍODO 2000-2003, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, MEDIANTE TELEDETECCIÓN Y S.I.G.**

**Griselda Elena Carñel y Emilia Corina Romero**

Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Entre Ríos  
Ruta 11 km 10 y 1/2 , Oro Verde, E. Ríos. Tel.: 0343-4975083, Fax: 0343-4975096  
[griselda@fi.uner.edu.ar](mailto:griselda@fi.uner.edu.ar) - [cromero@fca.uner.edu.ar](mailto:cromero@fca.uner.edu.ar)

## **RESUMEN**

La disponibilidad de datos e información sobre el recurso hídrico de una región se hace relevante para lograr de manera racional y sostenible su gestión y manejo. Es por ello que uso de la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG) se convierten en una herramienta poderosa al permitir la identificación, el almacenamiento, la cuantificación, la dinámica y la gestión de los datos involucrados en tiempo real y operativo.

El estudio tuvo por objetivo identificar espacialmente el agua subterránea utilizada para riego agrícola, así como también la dinámica registrada en el territorio provincial en las últimas tres campañas agrícolas. El período seleccionado se debió tanto a razones de oportunidad como de complementariedad con otros trabajos realizados.

Desde 1999 el grupo de Teledetección Aplicada y Sistemas de Información Geográfica, perteneciente a la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos viene realizando las estimaciones del área sembrada con arroz en la Provincia de Entre Ríos a solicitud de la Fundación PROARROZ.

En el área de estudio que incluye a la región arroceras provincial, se identifican tres zonas: Norte, Noroeste y Centro-Sur y que están definidas fundamentalmente por el origen del agua utilizada en el riego.

El comportamiento reflectivo del agua, permite una separación espectral con otras cubiertas lo cual facilita la identificación y cuantificación de áreas agrícolas regadas por inundación mediante el uso de imágenes TM y ETM+ del satélite Landsat 5 y 7.

Los resultados obtenidos para la superficie cultivada con arroz y regada con agua subterránea en Entre Ríos para las últimas tres campañas fueron de 44.736 ha., 26.566 ha, y 28.703 ha respectivamente para las zafas 2000-01, 2001-02 y 2002-03. Lo que significa que el área regada con aguas subterráneas disminuye a pesar de que en la última campaña se noto una recuperación en el área de siembra provincial.

### **Palabras claves:**

**Teledetección – SIG (Sistema de Información Geográfica) – Presas - Riego**

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento y la gestión de los recursos hídricos conforman una prioridad a la hora del desarrollo de políticas territoriales y en todos los procesos de gestión medioambiental. Principalmente por la influencia que la presencia del agua tiene en el uso del suelo y por lo tanto en el desarrollo socio económico de una región.

En Argentina, corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio, lo que implica que las mismas son propietarias de sus recursos hídricos (Jouravlev, 2000).

Estar prontos a una gestión mejorada del recurso y a proteger el agua es una preocupación nacional que se ha visto evidenciada en diversos ámbitos. La RIGA -Red de Investigación y Gestión Ambiental de la Cuenca del Río de la Plata- dice en la Declaración de Posadas "... la importancia de lograr el mejoramiento de las condiciones de uso y desarrollo sostenible de los recursos hídricos así como la gestión integrada del ambiente ...". Y se encuentra en tratativas la ejecución del Plan Maestro de Recursos Hídricos para Argentina, con un alcance de 25 años, dentro del cual se incluirán aspectos relacionados con la conservación de los recursos hídricos, especialmente en lo relativo a la contaminación, conservación de suelos, necesidad de fijar un caudal ecológico y protección de los acuíferos (FAO – AGL, 2003).

En la Provincia de Entre Ríos han sido sancionadas las leyes 8.958 y 9.172 denominadas "Antirepresas" y "Uso y aprovechamiento de las aguas" que regulan el uso, aprovechamiento y gestión del recurso hídrico.

En ésta Provincia el avance de la frontera agrícola se produjo a expensas de la ocupación de áreas tradicionalmente dedicadas a la ganadería sobre pastizales y montes naturales, siendo el cultivo de arroz una de las actividades agrícolas incorporadas, favorecida por el menor valor económico de la tierra, desarrollando un nuevo modelo productivo basado en el uso de agua superficial a través de presas para el almacenaje de agua para riego (Carñel et al., 2002).

Datos e información sobre localización, cuantificación y disponibilidad de los recursos naturales y productivos son imprescindibles al encarar proyectos de planificación territorial. Por lo cual las imágenes de satélites se presentan como una alternativa válida para la toma de datos regionales, fundamentalmente por su amplia cobertura espacial, multiespectral y temporal. De esta forma la teledetección, al igual que la aplicación de la filosofía metodológica de los sistemas de información geográfica (SIG), se constituyen en la mejor forma de almacenar, administrar y gestionar dinámicamente datos territoriales.

Es por ello que estas técnicas contribuyen ampliamente en el estudio de regiones extensas, como en la dinámica del área ocupada con el cultivo de arroz y las fuentes de agua utilizadas para su riego.

El grupo de Teledetección Aplicada y Sistemas de Información Geográfica perteneciente a la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, realizó en el período 1999-2003 las estimaciones del área sembrada con arroz en la Provincia de Entre Ríos a solicitud de la Fundación PROARROZ (Brizuela et al., 2001; Carñel et al. 2002).

El estudio tiene por objetivo identificar espacialmente el agua subterránea utilizada para riego agrícola, así como también la dinámica registrada en el territorio provincial en las últimas tres campañas agrícolas. El período seleccionado se debe tanto a razones de oportunidad como de complementariedad con otros trabajos realizados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio, aproximadamente 3.470.000 hectáreas, incluye a la región arrocerá provincial, en la cual se identifican tres zonas muy definidas, que hoy ya se puede decir está dado por el tipo de riego.

a) Norte: donde el menor valor de las tierras permitió la construcción de embalses de agua para riego y que comprende los departamentos de Federación, Feliciano, Federal, Norte de Villaguay y en menor medida Concordia.

b) Noroeste: abarca el departamento La Paz, siendo el riego con agua superficial principalmente del Arroyo Guayquiraró.

c) Centro-Sur, donde la extracción de agua corresponde al acuífero subterráneo denominado “Puelche-Ituzaingó”, que se halla entre los 60 y 90 metros de profundidad,

La teledetección, técnica que permite la obtención de datos de la superficie terrestre a distancia, y que se basa fundamentalmente en el comportamiento de los cuerpos ante la energía radiante es la herramienta ideal para el monitoreo de grandes regiones.

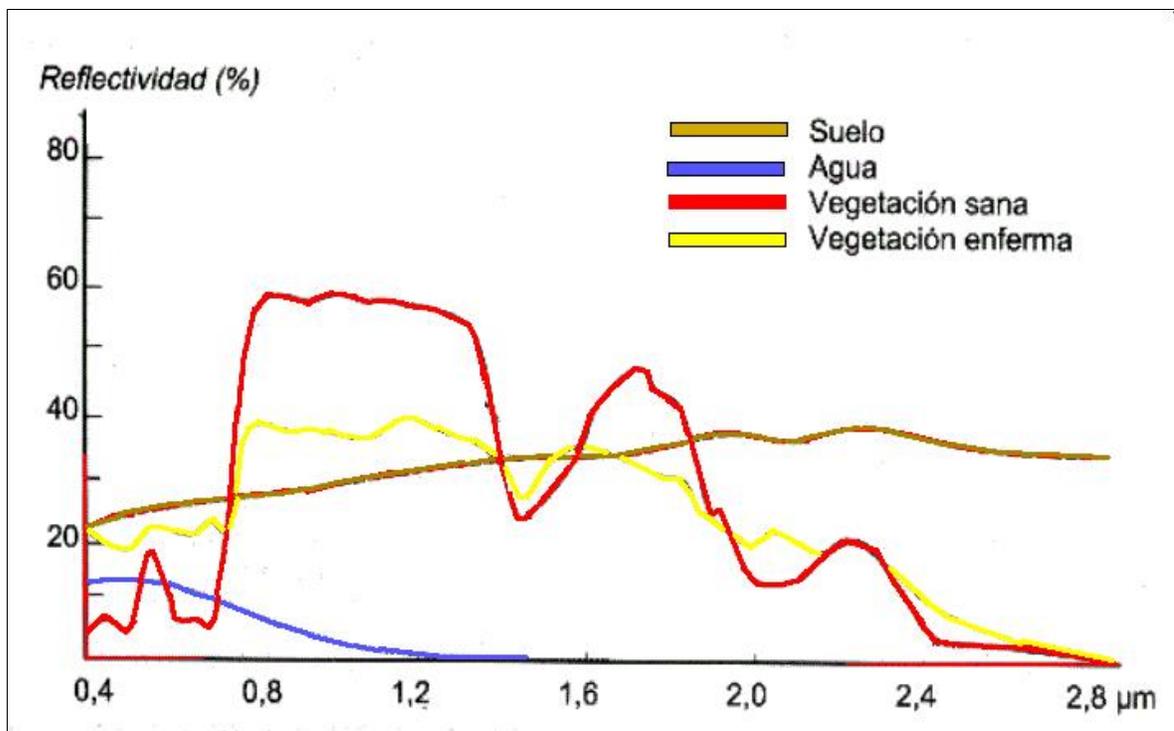


Figura 1.: Comportamiento reflectivo de varias coberturas ante diversas longitudes de onda.

Los sensores utilizados con mayor frecuencia en el relevamiento de recursos naturales, son los que instalados en plataformas satelitales trabajan con energía reflejada en las longitudes de onda del visible y del infrarrojo. Las imágenes más usadas en Argentina son las correspondientes a los satélites Landsat 5 y 7 (NASA), SPOT (Unión Europea) y SAC-C (Argentina).

El comportamiento reflectivo del agua según se puede observar en la Figura 1, permite una separación espectral con otras cubiertas. Es éste comportamiento el que facilita la identificación y cuantificación de áreas agrícolas regadas por inundación.

Las estimaciones de área sembrada y la identificación de las presas de agua superficial se basó en las imágenes TM del satélite Landsat 5 (1999 a 2001) y las ETM+ del satélite Landsat 7 a partir del año 2002 que se describen en el cuadro 1.

Las imágenes, obtenidas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), fueron provistas por la Secretaría de la Producción provincial a través del Instituto de Investigaciones Científicas, Tecnológicas y Formación de Recursos Humanos de la Provincia de Entre Ríos.

**Cuadro 1. Imágenes LANDSAT Path y Row.**

<b>UBICACIÓN GEOGRAFICA</b>	<b>LANDSAT 5 ó 7 ESCENA TM ó ETM<sup>+</sup></b>
Noreste (Feliciano-Federación- Federal)	225/081
Noroeste (La Paz – Feliciano- Federal)	226/081
Centro-Oeste (Paraná – Villaguay – Federal –Tala – Gualaguay )	226/082
Centro-Este (Concordia-	225/082
Sureste	225/083

En el procesamiento digital de los datos se emplearon los programas ERDAS IMAGINE 8.4 (Duke et al., 1999), idrisi32-2 (Eastman, 1999) CartaLinx (Hagan et al., 1998) y ArcView GIS 3.2 (ESRI , 1998).

Los trabajos de campo para la recolección de datos de verdad terrestre usados en las clasificaciones digitales, se realizaron en tiempo operativo y real en las respectivas campañas. Para éstos se usaron diversos diseños estadísticos, con el objeto de cubrir el área arrocerá provincial.

En todas las campañas se procesaron las imágenes de forma tal de trabajar con las ventanas correspondientes a la Provincia. Todas las imágenes fueron georreferenciadas a la Proyección Gauss-Krüger en faja 5, Sistema Campo Inchauspe Referencias tomadas de las cartas 1:50.000 y 1:100.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM) que corresponden a la provincia de Entre Ríos. Las georreferenciaciones se efectuaron con un promedio de 50 puntos de control y un RMS de 0.84.

Para la identificación digital de las categorías buscadas “arroz” y “presas” se usó el clasificador de Máxima Verosimilitud y de las visitas de campo los datos para crear los sitios de entrenamiento. Los datos de campo no incorporados como sitios de entrenamiento fueron usados como testigos de verdad terrestre al realizar las pruebas de precisión de las clasificaciones efectuadas.

Se recodificaron las imágenes clasificadas realizándose las máscaras “arroz” y “presas” que permitieron la visualización únicamente de los lotes cultivados con arroz en una y las presas en otra. Estas imágenes representativas únicamente de una clase, se logran al convertir la imagen clasificada en una imagen booleana, donde los píxeles toman valores de 0 y 1.

A posteriori se realizó el volcado de los datos obtenidos en un sistema de información geográfico (SIG) dando lugar a las bases de datos y archivos vectoriales de cada campaña. Las bases de datos cuentan con tantos registros como lotes ocupados por arroz hubiera en las distintas zafras. Los campos de la base son: superficie, perímetro, Departamento, Distrito, número de lote, nombre del establecimiento o propietario, tipo de riego, ocupación en la campaña respectiva, presa de la que se extrae agua en el caso de riego superficial y observaciones.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos para la superficie sembrada con arroz en Entre Ríos para las últimas tres campañas en forma digital (clasificaciones de las imágenes de satélite) fueron un 5 % inferior respecto a las obtenidas por “vectorización” de los lotes arroceros. Las áreas estimadas fueron de 62.826 ha., 40.977 ha, y 49.730 ha respectivamente para 2000-01, 2001-02 y 2002-03.

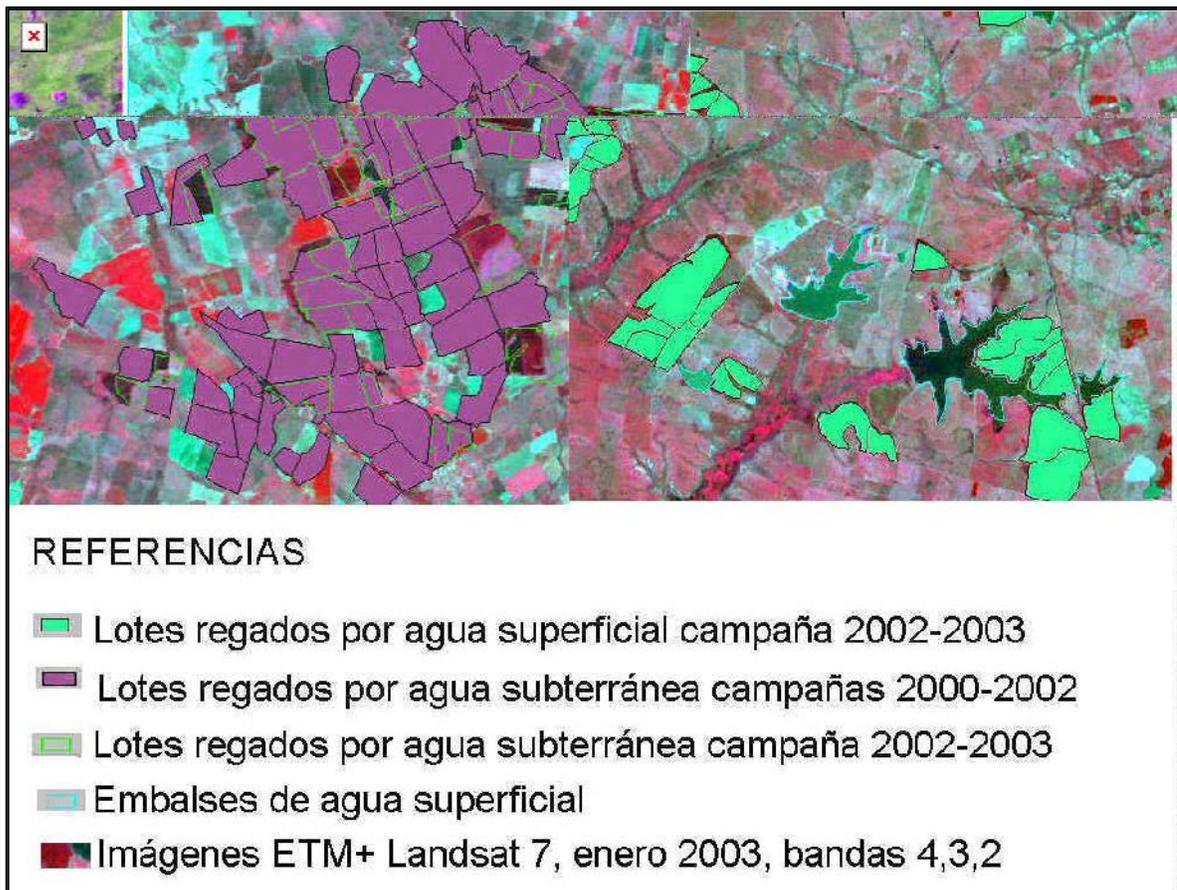


Figura 2.: Vistas parciales de las capas componentes del SIG.

En cuanto a las presas de agua superficial, han sido identificadas 59 en Entre Ríos, ubicadas la mayor parte en el área de producción arroceras. Vale aclarar que se vectorizaron únicamente aquellas que por su tamaño se identificaban fácilmente en la imagen satelital y que estaban directamente vinculadas al riego agrícola. No se tomaron en cuenta los embalses de agua superficial de menor tamaño, estilo tajamar, generalmente dedicados al consumo de animales (Carriell et al. 2002 op. cit.).

La capa de “presas” tiene asociada una base de datos con los siguientes campos: identificador numérico, nombre (generalmente del propietario o establecimiento), Departamento, Distrito, longitud de la presa (m), perímetro (m), y superficie embalsada (ha).

De la consulta al SIG, Figura 2, se obtuvo la información correspondiente a la fuente de agua utilizada en el riego y las superficies involucradas, como puede verse en el cuadro 2.

**Cuadro 2.: Superficie regada por agua de distinta fuente en tres campañas agrícolas.**

<b>Campaña</b>	<b>Fuente de agua</b>	<b>Nº de lotes</b>	<b>Superficie</b>	<b>Porcentaje %</b>
2000-2001	Represa	183	14.722	23,43
	Superficial	28	3.368	5,36
	<i>Subterránea</i>	778	44.736	71,21
2001-2002	Represa	149	11.980	29,24
	Superficial	19	2.431	5,93
	<i>Subterránea</i>	531	26.566	64,83
2002-2003	Represa	199	16.287	32,75
	Superficial	44	4.740	9,53
	<i>Subterránea</i>	602	28.703	57,72

## CONCLUSIONES

Mediante la utilización y procesamiento de las imágenes satelitales, vectorización, técnicas estadísticas, y trabajo de campo se pudieron estimar las áreas de siembra con arroz y específicamente la superficie regada con agua subterránea, siendo de 44.736 ha., 26.566 ha, y 28.703 ha respectivamente para las campañas 2000-01, 2001-02 y 2002-03. Al analizar los datos se ve que disminuye el área regada con aguas subterráneas.

Las imágenes de satélite constituyen una herramienta importantísima para la identificación y cuantificación de la ocupación del suelo en regiones extensas, así como el seguimiento en la dinámica territorial y temporal.

El hecho de tener los datos incorporados a un SIG permite la obtención de información espacial y temporal sobre el manejo de los recursos naturales y productivos, en este caso del cultivo del arroz y el origen de agua para riego.

## BIBLIOGRAFIA

- BRIZUELA ARMANDO B. Y G. E. CARÑEL.** *"Relevamiento del área sembrada con arroz, campaña 2000-2001 en la provincia de Entre Ríos"* Revista PROARROZ: Resultados experimentales 2000-2001 Vol X, pag. 84-92, Concordia 2001.
- CARÑEL G. E, A. B. BRIZUELA Y E. C. ROMERO.** *"Estimación del área de siembra de arroz 2001-2002 en la Provincia de Entre Ríos mediante teledetección y SIG"* RESULTADOS EXPERIMENTALES 2001-2002, VOLUMEN XI, editado por INTA EEA C. Del Uruguay y Fundación Proarroz, agosto de 2002, p: 39-44, Concordia, Argentina.
- CARÑEL G. E, A. B. BRIZUELA Y E. C. ROMERO.** *"Relevamiento arrocero en la Provincia de Entre Ríos mediante teledetección y SIG"* IV COLOQUIO SOBRE TRANSFORMACIONES TERRITORIALES. Sociedad, Territorio y Sustentabilidad: Perspectivas desde el Desarrollo Regional y Local. CD editado por Asociación de Universidades Grupo Montevideo, agosto de 2002, Montevideo, R. O. Del Uruguay.
- CARÑEL, G. E., E. DIAZ, O. C. DUARTE, M. G. WILSON Y L. LENZI.** *"Identificación y cuantificación de las Presas para riego en la Provincia de Entre Ríos"* Congreso Argentino de Presas y Aprovechamiento Hidroeléctrico 2002, 18 al 22 de junio de 2002. San Juan, Argentina.
- DUKE M., MARTINEZ M. Y J. SKELTON.** *IMAGINE Developers Toolkit Software Development.* ERDAS, Inc. Atlanta, Georgia, USA., 1999.
- EASTMAN, J. R.** *idrisi 32, Guide to GIS and Image Processing.* Clark Labs, Clark University, Worcester, MA USA. 1999.
- ESRI.** 1998. *ArcView GIS 3.2. Redlands, California, USA.*
- FAO- AGL Dirección de Fomento de Tierras y Aguas.** *Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO.* 2003.
- HAGAN J. E., J.R. EASTMAN Y J. AUBLE.** *CartaLinx The Spatial Data Builder User's Guide.* Clark Labs, Clark University, Worcester, MA USA. 1998.
- JOURAVLEV ANDREI.** *"Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI"* serie Recursos naturales e infraestructura, N° 27 (LC/L.1564-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas.