

IDENTIFICACIÓN Y MONITOREO MULTITEMPORAL DE AGUA REPRESADA PARA RIEGO MEDIANTE TELEDETECCIÓN Y SIG

MULTITEMPORARY IDENTIFICATION AND MONITORING OF WATER DAMMED FOR IRRIGATION BY MEANS OF REMOTE SENSING AND GIS

Ing. Agr. Griselda Elena Carñel^{1,2}

Federico Abel Vouilloud¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER, Oro Verde, Entre Ríos

² CIOMTA (Centro de Investigación, Observación y Monitoreo Territorial y Ambiental. Santa Fe

RESUMEN

El conocimiento y la gestión de los recursos hídricos conforman una prioridad para el desarrollo de políticas territoriales y procesos de gestión medioambiental, principalmente por la influencia que el agua tiene en el uso del suelo y el desarrollo socio económico de una región.

Las imágenes de satélites, por su amplia cobertura espacial, multiespectral y temporal, al igual que la aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG), se constituyen en la mejor forma de almacenar, administrar y gestionar dinámicamente datos regionales.

En este estudio cuyo objetivo fue el seguimiento del agua embalsada para riego, y su dinámica en la provincia de Entre Ríos durante las campañas agrícolas 2003-2004 y 2004-2005, se detectó una importante disminución del agua disponible dada las condiciones de escasas precipitaciones registradas en la zona en el período analizado.

Palabras claves: teledetección; SIG; embalses de agua; cuencas.

SUMARIO:

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSIONES

REFERENCIAS CITADAS

INTRODUCCIÓN

El manejo de los recursos hídricos es de fundamental importancia en las producciones agrícolas, como así también para el consumo e higiene humana. En las aplicaciones agrícolas debe considerarse que tanto la falta como el exceso de agua en determinado momento pueden ser perjudiciales para nuestras producciones. El hombre fue supliendo la falta de precipitaciones con la implementación del riego, pero estas prácticas también han repercutido desfavorablemente cuando no fueron manejadas en forma racional y sustentable con contaminación del agua, erosión del suelo y la salinización con agua subterránea de alto tenor salino. El monitoreo periódico de las fuentes de agua utilizada con fines agrícolas permite mejorar el manejo de estos recursos y conocer sus potencialidades y limitaciones, sobre todo cuando son dependientes de factores meteorológicos (e.g. presas para el riego de arroz en la provincia de Entre Ríos).

Para una mejor gestión es necesario un abordaje coordinado con los diferentes actores involucrados en el uso de estos recursos y con aquellos que rigen las decisiones políticas (Rowshon et al. 2003^a). En lo referente al marco político, en los Principios de Política Hídrica de la República Argentina (Magnani, C. et al., 2003) puede leerse "... la visión compartida por la comunidad hídrica argentina es que el aprovechamiento de los recursos hídricos debe realizarse armonizando los valores "social",

"económico" y "ambiental" que la sociedad le adjudica al agua". La consideración aislada de estos tres valores puede provocar acciones antagónicas o excluyentes entre sí. La única forma de utilizar el agua en beneficio de toda la sociedad es encontrar el balance justo en la aplicación de estos tres valores, que rigen la política hídrica brindando los lineamientos técnicos, sociales, económicos, legales, institucionales y ambientales para guiar a los legisladores y orientar a los administradores del sector público hacia una gestión moderna y eficiente.

Al respecto, en la Provincia de Entre Ríos están vigentes 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 esta 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, y desarrollando un nuevo modelo productivo basado en el uso de agua superficial a través de presas para el almacenaje de agua para riego. El sistema de pequeñas presas surge aproximadamente en los años 1991/92, siendo el establecimiento San Luis de las Mulas (Departamento Feliciano) el primero en implementar este tipo de embalses (Reggiardo, 1999).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las imágenes satelitales, son extensivamente usados en estudios de recursos naturales, agricultura y medio ambiente, donde monitorear la distribución espacial de diversas variables, es el principal objetivo (Rowshon et al. 2003^b). Su capacidad para integrar datos de diferentes fuentes, con diversos formatos, estructuras, proyecciones o niveles de resolución constituye su principal característica, facilitando la tarea de quienes deben tomar decisiones.

Este trabajo tiene como objetivo identificar espacialmente el agua embalsada utilizada para riego, así como su dinámica durante las campañas agrícolas 2003-2004 y 2004-2005.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio, corresponde a los departamentos de Federación, Feliciano, Federal, Norte de Villaguay y en menor medida Concordia. Es ésta zona, donde el menor valor de las tierras permitió la construcción de embalses de agua para riego del cultivo del arroz, y es allí donde se concentra la mayor parte de las 56 presas que componen este estudio.

El trabajo se basó en las imágenes TM del satélite Landsat 5 (cuadro 1) obtenidas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). En el procesamiento digital de los datos se emplearon los programas ERDAS IMAGINE 8.4 (Duke et al, 1999), Idrisi 32 (Eastman, 1999), CartaLinx (Hagan et al, 1998) y ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1998).

| Departamentos cubiertos por las imágenes | Escena | Fecha 2003-2004 | Fecha 2004-2005 |
|--|--------|-----------------|--------------------------|
| La Paz, Feliciano, Federal | 226/81 | 12/12/2003 | 27/10/2004 30/12/2004 |
| Federación, Feliciano, Concordia, Federal | 225/81 | 5/12/2003 | 23/12/2004 |
| Paraná, Villaguay, Federal | 226/82 | 12/12/2003 | 30/12/2004 |
| Concordia, Colón, San Salvador, Villaguay, Federal | 225/82 | 5/12/2003 | 23/12/2004 |

Cuadro 1: Listado de imágenes Landsat 5.

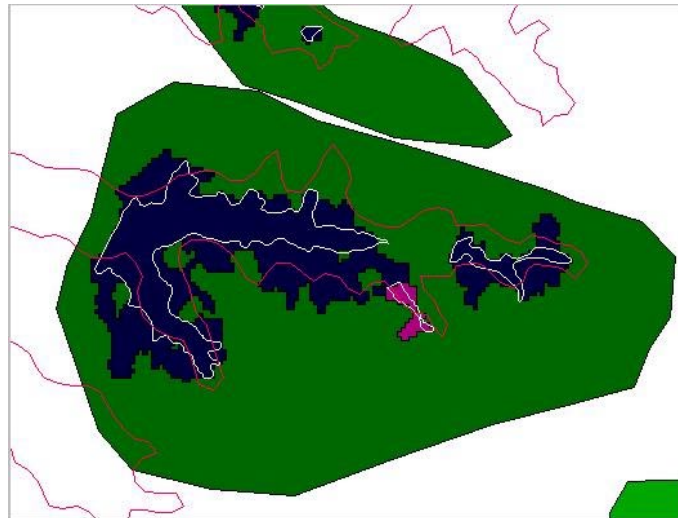
Las imágenes fueron georreferenciadas al sistema de Posicionamiento Geodésico Argentino – POSGAR94- Sistema Geocéntrico (WGS 84) de proyección Gauss-Krüger en faja 5, conservando el píxel una resolución espacial de 30 x 30 metros. La georreferenciación se basó en las cartas imágenes del Instituto Geográfico Militar (IGM) que corresponden a la provincia de Entre Ríos.

Para la mejor identificación de los embalses se realizaron composiciones color y el índice verde normalizado para separar la "categoría" agua, fundamentalmente sobre las imágenes correspondien-

tes a la última campaña. Sobre estas se vectorizaron los espejos de agua correspondientes a cada presa, como así los lotes de arroz que son irrigados por estas.

Se utilizaron los modelos de cálculo de cuencas de aporte provistos por el programa Idrisi, para lo cual se confeccionó un modelo digital de elevación del terreno. Este módulo identifica áreas que contribuyen con su escurrimiento a un punto de la red de drenaje. Para ello se indica el tamaño mínimo de cuenca deseado y el módulo divide la imagen entera en cuencas de este tamaño o más grandes, o bien se puede incorporar una imagen denominada "semilla" desde dónde se calculan todas las celdas que pertenecen al área de escurrimiento para una celda destino, evaluando cada píxel para determinar si recibe o no flujo de una celda vecina a partir de un mapa que representa las orientaciones del terreno. Si un píxel recibe flujo, éste es clasificado como parte de la cuenca. Este proceso continúa hasta que se alcanza una división que limita las áreas de aporte. Este método automático que delimita las líneas divisorias de las aguas fue corrido teniendo como base el modelo de elevación del terreno confeccionado a partir de las curvas de nivel en las cartas del Instituto geográfico Militar (IGM) y reajustado manualmente mediante vectorización en pantalla, superponiendo la capa vectorial correspondiente a las curvas de nivel y los embalses (Figura 1).

Figura 1: Delimitación de cuencas de aporte (sector verde) utilizando el módulo Watershed de Idrisi (zona azul), las capas de las curvas nivel (líneas rojas) y las presas (líneas blancas).



RESULTADOS

En el área estudiada, que concentra el 95 % de los embalses para riego de la zona arrocera de Entre Ríos, se identificaron 56 presas, las que cubrían una superficie de 8.500 ha en la campaña 2003-2004 y 5.364 ha en la última zafra 2004-2005 (Figura 2). Esta disminución en la cantidad de agua disponible para el riego, se debió a las escasas precipitaciones ocurridas en el 2004 que no permitieron una recarga normal de los embalses.

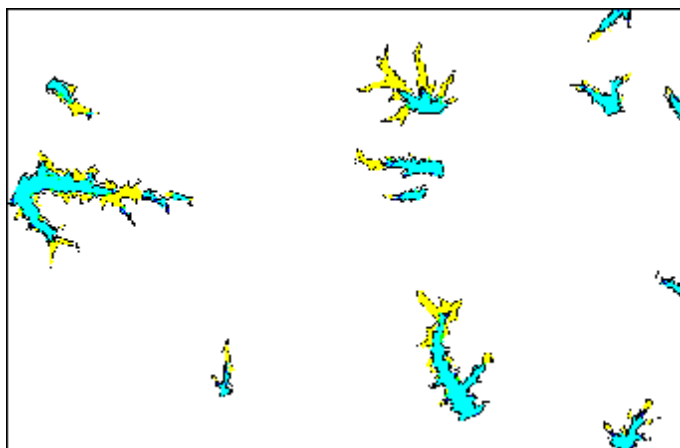


Figura 2: Diferencias entre las superficies ocupadas por los embalses de agua en dos años consecutivos.

Para la vectorización de los espejos de agua correspondientes al año 2004, se utilizaron las imágenes resultantes de los índices verdes normalizados (Figura 3), ya que la discriminación allí obtenida fue óptima, respecto a las coberturas aledañas. En tanto que para la campaña 2003-2004 la vectorización se realizó sobre un falso color compuesto.

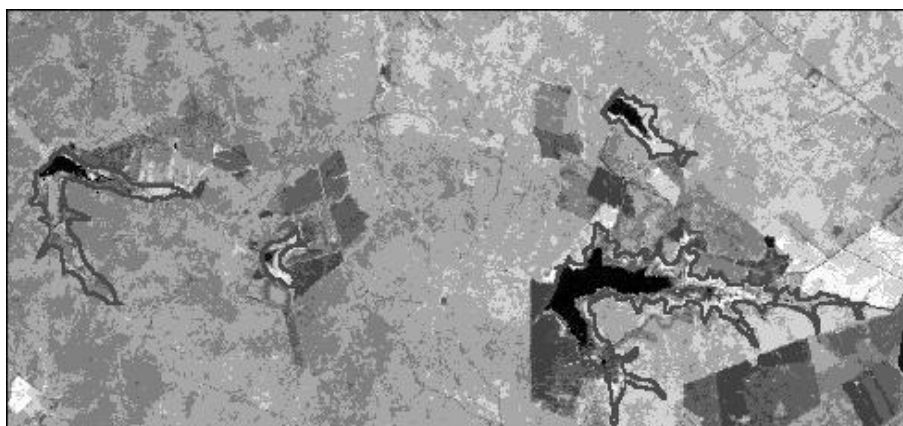
Una vez identificados y vectorizados los embalses se confeccionaron las bases atributivas que alimentan el SIG. Se complementaron con las capas correspondientes a las estimaciones de área sembrada con arroz para las campañas en estudio, que fueran realizadas por este grupo de trabajo bajo contrato con la Fundación ProArroz.

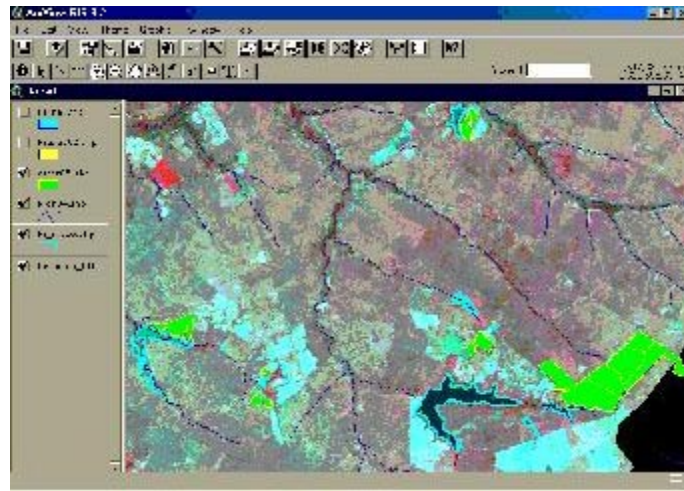
De esta forma se pudo identificar la cantidad en hectáreas y número de lotes regados por estos embalses en ambas campañas como puede observarse en el cuadro 2. En la figura 4 se muestra un sector del departamento Feliciano con las capas vectoriales de lotes arroceros, red hidrográfica y embalses.

| Campaña | Nº Lotes | Superficie regada (ha) |
|----------------|-----------------|-------------------------------|
| 2003-2004 | 197 | 19.590 |
| 2004-2005 | 117 | 9.708 |

Cuadro 2: Superficie de riego por represas.

Figura 3: Sector de NDVI 2004 y capa embalses 2003.





El modelo de elevación del terreno (Figura 5) fue confeccionado con las curvas de nivel de las cartas del IGM y en base a él se calcularon las áreas de aporte de las diversas presas, resultado que se puede apreciar en el cuadro 3.

| | Superficie Promedio (ha) | Superficie Total (ha) | Desvío Estándar (ha) |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Total de cuencas delimitadas | 33.596 | 1.646.200 | 29.629 |

Cuadro 3: superficie promedio, total y desvío estándar de las superficies indicadas como cuencas de aportes a las diferentes presas.