

Utilización conjunta de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la detección de superficies de agua en la cuenca del Guadiana

J. SORIANO CARRILLO (*); F. FERNÁNDEZ GARCÍA (**);
E. GARCÍA HERNÁNDEZ (**); F. ALLENDE ÁLVAREZ (**); M. A. GARCÍA CALLEJA (*)

RESUMEN En el presente trabajo se describe la metodología seguida para la ubicación de superficies de agua mediante la utilización conjunta de los S.I.G. y técnicas de teledetección. Se muestra su aplicación a la cuenca del Guadiana.

JOINT UTILISATION OF TELEDETECTION AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN THE DETECTION OF AREAS OF WATER IN THE GUADIANA BASIN

ABSTRACT The aim of this paper is to describe the methodology of the water surfaces location by means G.I.S. and of remote sensing techniques. An application on the Guadiana hydrographic basin is shown.

Palabras clave: Localización superficies agua; Teledetección; S.I.G; Guadiana.

I. INTRODUCCIÓN

La localización y ubicación de superficies de agua, es un objetivo prioritario de la Administración ya que debe controlar las superficies de agua existentes en el territorio nacional para llevar a cabo una gestión y planificación adecuada de los recursos hídricos existentes y mantener una información actualizada de fácil consulta y localización.

Es necesario localizar y referenciar aquellas superficies de agua de las que no se tiene conocimiento. El control, inventario y cartografía de las superficies de agua, se ha realizado hasta ahora, por métodos tradicionales de interpretación y campañas de campo, siendo difícil, en ocasiones, la adquisición correcta de datos, debido a que en algunos casos, el estudio se realiza en zonas de difícil acceso.

La teledetección permite la adquisición de información de un objeto a distancia, esto es, sin que exista contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador. Así pues, la utilización de esta técnica va a facilitar el estudio de la ubicación y referenciación de las superficies de agua, así como el de su evolución temporal.

II. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

El estudio realizado tiene por objeto la localización y ubicación geográfica de las superficies de agua existentes en la

cuenca del Guadiana, mediante el uso de técnicas basadas en el análisis digital de las imágenes registradas por el sensor Thematic Mapper, a bordo del satélite Landsat-5, y su integración en un sistema de información geográfica.

Para alcanzar los objetivos citados se ha realizado el siguiente plan de trabajo:

1. Elección de las imágenes obtenidas por el sensor Thematic Mapper, a bordo del satélite Landsat-5, de una fecha en la que no existan interferencias de la atmósfera para la observación de las superficies de agua existentes en la cuenca del Guadiana.
2. Corrección geométrica de las imágenes.
3. Ajuste de los histogramas entre imágenes.
4. Creación del mosaico de imágenes de la cuenca.
5. Cálculo de un índice que permita la detección de las superficies de agua.
6. Identificación del rango de valores correspondientes a las superficies de agua.
7. Crear la máscara de las láminas de agua.
8. Importar la información obtenida por análisis digital de imagen a un sistema de información geográfica vectorial (ARC/INFO).
9. Vectorizar la información.
10. Generación de topología y corrección de errores gráficos.
11. Generación de etiquetas-centroides.
12. Creación de la base de datos alfanumérica con identificadores, nombre de las superficies de agua, etc.

(*) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Ministerio de Fomento).

(**) Universidad Autónoma de Madrid.



Composición coloreada de la zona de las Vegas Bajas [Bodajoz]. Cuenco del Guadiana. TM3, TM4, TM5 [RGB].

13. Elaboración de informes sobre los centroides, las superficies y el uso de suelo asociado de las distintas superficies de agua.
14. Generación de la cartografía de superficies de agua.

III. EQUIPAMIENTO INFORMÁTICO

3.1. HARDWARE

Se ha utilizado una estación de trabajo Hewlett Packard Apollo 715 a 50 Mhz con 32 Mb de RAM, un Xterminal Hewlett Packard 700 /RX. También se han empleado, vía red TCP/IP, los medios del Sector de Apoyo Informático del CEDEX donde se dispone de un cluster de 6 estaciones de trabajo Hewlett Packard 735 a 93 Mhz. con 32 Mb de RAM cada una, en una de las cuales reside el software ARC/INFO que es el que se ha utilizado principalmente para el desarrollo del presente trabajo.

Como periféricos de entrada y almacenamiento de la información digital se han utilizado:

- Una unidad lectora de cintas de carrete abierto de 1/2 pulgada o CCT (Compatible Computer Tape) de baja densidad (1600 b.p.i -bits por pulgada) y alta densidad (6250 b.p.i).
- Sistema de Almacenamiento Masivo Automatizado (SAMA).

Este periférico es un robot de la casa Metrum modelo RSS-48-b que permite almacenar mas de 700 Gigabytes de información en cintas de video VHS, esta información es accesible mediante FTP y NFS.

Para la salida gráfica se utilizó un plotter de inyección de tinta en color HP 650C.

3.2. SOFTWARE

El sistema de información geográfica utilizado ha sido el sistema ARC/INFO. ARC/INFO es un sistema de información geográfica vectorial-topológico con capacidad para la captura, integración, análisis y presentación gráfica y alfanumérica de resultados.

El tratamiento digital de las imágenes de satélite (importación, realces y extracción de la información) se ha realizado con el módulo GRID.

Conceptualmente el sistema ARC/INFO responde a lo que se denomina Integrated Geographic Information System (IGIS), por soportar modelos de datos vectoriales y raster, pudiendo realizarse análisis topológicos vectoriales y análisis raster.

La conversión de información entre ambos sistemas aunque no es transparente al usuario esta perfectamente resuelta mediante herramientas que permiten la conversión entre los dos tipos de estructuras.

Los módulos principales de este paquete de programas son los siguientes:

ARC

Es el gestor principal del sistema y permite realizar las siguientes funciones:

- Crear y gestionar coberturas de la base de datos espacial.
- Convertir datos desde y hacia otros formatos digitales.
- Gestionar datos gráficos y alfanuméricos.
- Realización de análisis espacial.

ARCEDIT

Es un editor gráfico interactivo que se utiliza para las tareas siguientes:

- Digitalizar y editar capas de información.
- Corrección de errores gráficos y alfanuméricos.

ARCPLLOT

Es un módulo orientado tanto a la producción cartográfica como a su consulta. Sus principales aplicaciones son:

- Visualización de datos espaciales y alfanuméricos.
- Consulta de la base de datos espacial.
- Composición cartográfica y generación de ficheros gráficos.

INFO-TABLES

Es un sistema gestor de bases de datos para la creación y mantenimiento de la base de datos alfanumérica. permite realizar las siguientes funciones:

- Crear, almacenar y editar datos alfanuméricos.
- Realizar consultas a la base de datos temática.

GRID

El subistema GRID es un SIG raster completo que permite la realización de análisis de superficies continuas como puede ser la altimetría o las propias imágenes de satélite.

Las funciones principales que permite este módulo son:

- La captura de imágenes mediante la importación de numerosos formatos.
- El preproceso y corrección geométrica de las imágenes.
- Álgebra de mapas y análisis raster de elevadas prestaciones.

- Herramientas para la vectorización de la información raster.

IV. MATERIAL DIGITAL

Se han utilizado nueve escenas completas, corregidas geométricamente, con la denominación WRS (World Reference System) siguiente: TM 200-32; TM 200-33; TM 201-33; TM 201-34; TM 202-32; TM 202-33; TM 202-34; TM 203-33 y TM 203-34.

Donde las letras TM hacen referencia al sensor Thematic Mapper la primera cifra hace referencia al path o columna WRS (World Reference System), la segunda cifra indica la fila o row WRS.

La fecha de adquisición de las imágenes oscila entre el 4 de junio de 1994 y el 6 de julio del mismo año, no apreciándose en ninguna de las mismas cobertura nubosa alguna sobre la superficie de la cuenca.

V. METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1. TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Las imágenes utilizadas, fueron imágenes Thematic Mapper procedentes del Instituto Geográfico Nacional ya corregidas geométricamente y con un tamaño de pixel remuestreado a 25 m en la fase de interpolación, por lo que no fue preciso realizar corrección geométrica alguna. Para la corrección de los cuartos de escena se utilizan 25 - 30 puntos, con un error medio cuadrático de las correcciones geométricas de los distintos cuartos de escena que componen el mosaico oscila entre 0.5 y 1 píxel (30 m.). Por último una convolución cúbica transfiere los valores de los píxeles a su posición en la imagen corregida.



Banda 1 (azul) del sensor Thematic Mapper del Landsat-5 (Vegas Bajas, Badajoz). Cuenca del Guadiana. (TM1).



Banda 5 (infrarrojo próximo) del sensor Thematic Mapper del Landsat-5 (Vegas Bajas, Badajoz). Cuenca del Guadiana. (TM5).

El cociente (I) elegido para la detección de las superficies de agua es el resultante de dividir la banda uno entre la banda cinco del sensor Thematic Mapper:

$$I = \frac{TM1(0.45 - 0.55\mu m)}{TM5(1.55 - 1.75\mu m)}$$

El resultado de este cociente entre las bandas correspondientes al azul y al infrarrojo medio, es una imagen en la que las superficies de agua tienen los valores mas altos, lo que permite su individualización o enmascaramiento para generar una imagen binaria en la que solo figuren las superficies de agua para su posterior vectorización.

5.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El sistema de información geográfica utilizado en el presente trabajo ha sido el sistema ARC/INFO, en su versión para estación de trabajo.

Los pasos seguidos han sido los siguientes:

- Conversión de las imágenes índice al formato raster propio de ARC/INFO.
- Vectorización de las imágenes.
- Transformación de las imágenes a un sistema de coordenadas común y estándar (sistema de coordenadas UTM).
- De la imagen de superficies de agua se extraen dos capas de información; una la línea de costa y otra de las superficies de agua.
- Generación de topología de polígonos para cada una de las superficies de agua de la cuenca, lo que permite la cuantificación de las mismas tanto en perímetro, área y centroide asociado a la superficie de agua.

- Integración de la capa correspondiente a las superficies de agua, con una base de datos gráfica a escala 1:50.000 de la cuenca del Guadiana, con las siguientes capas de información gráfica y sus atributos alfanuméricos asociados:

- Red hidrográfica
- Núcleos de población
- Vías de comunicación

Para completar la base de datos existente se digitalizaron las siguientes capas de información:

- Límite de cuenca
- Zonas de explotación
- Línea de costa
- Límites provinciales
- Diseño y creación de la base de datos alfanumérica asociada a la base de datos gráfica.

La tabla consta de los siguientes campos:

- Atributos propios del sistema
- AREA
- PERIMETER
- CAPA-ID (identificador de polígono)

Para completar la tabla citada, se añadieron una serie de campos, utilizando el análisis visual de las imágenes de la cuenca, la cartografía de la cuenca a escala 1:50.000 y de las herramientas SIG disponibles.

- HECTAREAS (calculado a partir de AREA)



Imagen resultante de efectuar un cociente entre las bandas 1 y 5 (Vegas Bajas, Badajoz). Cuenca del Guadiana. [TM1/TM5].

- USO-ASOCIADO (uso de la masa de agua por análisis visual)
- NOMBRE (superficies de agua con toponimia conocida)
- X-COORD (longitud en UTM)
- Y-COORD (latitud en UTM)

VI. RESULTADOS

Se han obtenido dos tipos de resultados finales. Por una parte, la cartografía del territorio de la cuenca del Gua-

diana, en la que se reflejan las superficies de agua detectadas por teledetección, junto con los elementos geográficos necesarios para su correcta ubicación. Por otra parte, se han realizado tablas de datos alfanuméricos en las que se describen las características (coordenadas, extensión, uso asociado, etc.) de cada una de las superficies de agua detectadas.

A modo de resumen, puede indicarse que el número total de superficies de agua detectadas en el territorio de la

TAMAÑO EN HECTÁREAS	NÚMERO DE SUPERFICIES DE AGUA
INFERIOR A 0,25	3930
ENTRE 0,25 Y 0,5	604
ENTRE 0,5 Y 1	387
ENTRE 1 Y 10	518
ENTRE 10 Y 20	55
ENTRE 20 Y 30	24
ENTRE 30 Y 40	6
ENTRE 40 Y 50	7
ENTRE 50 Y 100	28
MAYOR DE 100	22

TABLA 1. Tamaño de las superficies de agua de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana.

USO ASOCIADO	NÚMERO SUPERFICIES DE AGUA
REGO	1493
PRESAS	818
LAGUNAS	104
SALINAS	41
POZAS	2718
ISLAS	437
CULTIVOS INUNDADOS	40
MARISMAS	367

TABLA 2. Uso asociado de las superficies de agua de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana.

información espacial de calidad. Un software potente de vectorización automática, permite la perfecta integración de los datos procedentes de la teledetección en sistemas de información geográfica con una estructura de datos diferente como son los SIG vectoriales.

Además de la información espacial generada mediante el tratamiento digital de las imágenes, la interpretación visual de las mismas, junto con la utilización de cartografía convencional, ha permitido una primera aproximación a la identificación del uso de suelo asociado a las superficies de agua, sin pretender en ningún momento restar la importancia que tiene el trabajo de campo.

Una aplicación adicional que se ha desarrollado en este trabajo ha sido la de actualización cartográfica y verificación de errores de digitalización de bases de datos gráficas ya creadas. La superposición de capas de información procedentes de teledetección y procedentes de digitalización en un entorno SIG permite la detección de errores que hayan podido pasar inadvertidos al control de calidad de la digitalización. Así mismo, es posible actualizar información de tipo lineal o superficial registrada por la imagen y no recogida por la base de datos cartográfica.

La aplicación de inventario espacial ha sido a nuestro juicio conseguida plenamente, pero consideramos que estudios multitemporales para distintas fechas en un mismo año o para años diferentes, suponen un enfoque que puede ayudar a una mejor comprensión del comportamiento de una cuenca

hidrográfica si se intentan buscar correlaciones con parámetros meteorológicos e hidrológicos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ÁNGEL, M^o C. (1994). *Aplicación de la teledetección en la localización de superficies de agua*. Madrid. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (MOPTMA).
- BARRET, E. C.; CURTIS, L. F. (1982). *Introduction to Environmental Remote Sensing*. London. Chapman & Hall.
- BOSQUE, J. (1992). *Sistemas de información geográfica*. Madrid. Ediciones Rialp.
- BOSQUE, J.; ESCOBAR, F. J.; GARCÍA, E.; SALADO, M^o. J. (1994). *Sistemas de información geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI*. Madrid. RA-MA Editorial.
- BURROUGH, P. A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment*. Oxford. Oxford University Press.
- CHUVIECO, E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid. Ediciones Rialp.
- JENSEN, J. R. (1986). *Introductory Digital Image Processing. A remote sensing perspective*. New Jersey. Prentice-Hall.
- ROBINOV, C. (1981). The logic of multispectral classification and mapping the land. *Remote Sensing Environment*, 11, 231-244.
- SCHNEIDER, S. (1990) Interpretation of satellite imagery for determination of land use data. *Int. Jour. Remote Sensing*, 1, 85-90.

Angel Díaz Chomón, Director General de inypsa



La empresa española de ingeniería Informes y Proyectos, S.A. (INYPSA), presidida por José M^o Pineda, ha nombrado nuevo Director General a Angel Díaz Chomón, ingeniero industrial.

Desde que se incorporó en 1973 a la Sociedad, ha ocupado puestos de responsabilidad, desde Jefe de División y Director Técnico a Subdirector General. Además, el nuevo Director General ha desarrollado una intensa labor

docente como profesor de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid durante siete años. Con este nombramiento, INYPSA refuerza su staff directivo a la vez que potencia su estructura interna con un profesional de la Compañía que conoce a fondo la problemática del sector.

Fundada en 1970, INYPSA es una de las empresas españolas de ingeniería más importantes. Desarrolla el grueso de su actividad en los sectores de Agronomía, Ordenación del Territorio, Medio Ambiente, Industrial y Obra Civil. Durante los primeros diez meses de 1996, ha obtenido unos beneficios netos de 42,5 millones de pesetas, cifra superior a la conseguida por igual concepto en todo el ejercicio de 1995.



Agua limpia, ciudad viva

El conocimiento y control del agua son decisivos para operar en óptimas condiciones y contribuyen, en términos económicos y medioam-



experiencia en el diagnóstico, proyecto, diseño, construcción, mantenimiento, explotación y gestión de plantas de trata-

bientales al desarrollo y futuro de nuestras ciudades. Para elegir el proceso de depuración más adecuado para el tratamiento de las aguas, CADAGUA pone a su disposición, ingeniería,

miento y depuración de aguas. Porque usted es el primer beneficiado, haga un trato con el agua. Trate con CADAGUA.



ETAP VENTA ALTA,
BIBAO.



ETAP AGRIAGUA,
OIAH CANARIA.


Cadagua

Tel: (942) 481 73 00 • Fax: (942) 481 73 01 • Email: cadagua@telefonos.es

