

# APLICACIÓN DE LOS SIG AL ESTUDIO DEL TERRITORIO DE SEGEDA

*Application of the GIS to the Study of Segeda's Territory*

Raúl LÓPEZ ROMERO<sup>1</sup>

Universidad de Zaragoza/Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda

## **Resumen**

El desarrollo de la denominada Arqueología Espacial siempre se ha encontrado muy influida por los estudios geográficos, puesto que nunca ha dudado en recoger las teorías, conceptos y herramientas desarrolladas por la geografía para aplicarlos en el análisis e investigación de un territorio habitado en el pasado. En este caso mostramos una serie de aplicaciones y análisis realizados para el estudio del territorio rural de la ciudad-estado de Segeda utilizando los Sistemas de Información Geográfica como herramienta de apoyo a la investigación arqueológica de un territorio.

*Palabras clave:* arqueología espacial, sistemas de información geográfica (SIG), celtiberos, Segeda, Aragón.

## **Abstract**

The development of Spatial Archaeology has always been quite influenced by geographical studies, since it has never hesitated to adopt the theories, concepts and tools developed by Geography in order to investigate a territory inhabited in the past. In this paper several of these approaches are presented. They have been carried out during the analysis of the rural territory of the town-state of Segeda, using Geographical Information Systems as a supporting tool in the archaeological research of a territory.

*Key words:* spatial archaeology, geographical information systems (GIS), celtiberians, Segeda, Aragon.

---

1. Becario FPU del Departamento Ciencias de la Antigüedad, Universidad de Zaragoza. Investigador del Grupo de Excelencia Hiberus (Gobierno de Aragón), del Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda y del Seminario de Arqueología y Etnología Turodense. Correo electrónico: ralopez@unizar.es  
Fecha de recepción del artículo: 22 de septiembre de 2006. Fecha de aceptación: 22 de noviembre de 2006. Versión final: febrero de 2007.

## 1. INTRODUCCIÓN

El artículo presentado es un resumen del trabajo defendido para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados en septiembre del 2005 dentro del programa de doctorado «Nuevas Tendencias en la Investigación Prehistórica» del departamento de Ciencias de la Antigüedad de la Universidad de Zaragoza, y realizado bajo la dirección del profesor Francisco Burillo Mozota. La temática de este trabajo se debe encuadrar dentro de los estudios que se están realizando en el Proyecto Segeda cuyo objetivo principal es el estudio de la ciudad-estado celtibérica de Segeda y su territorio<sup>2</sup>.

Las diferentes investigaciones realizadas en el yacimiento de Segeda han ofrecido numerosos datos de interés para conocer la realidad histórica de este territorio en el momento anterior a la llegada de Roma. Estos trabajos nos han mostrado que existía una frontera económica y cultural entre la denominada Celtiberia Citerior y la Celtiberia Ulterior, afirmación confirmada por los datos ofrecidos por los trabajos arqueológicos que actualmente se están llevando a cabo, ya que destaca la ausencia en la Celtiberia Ulterior de una serie de elementos culturales y económicos para la etapa anterior al 153 a.C., como va a ser la acuñación de moneda, el cultivo de vid o las importaciones de productos de lujo, caso de la cerámica campaniense y las ánforas grecoitalicas, productos relacionados con el comercio de vino itálico. Unos elementos que si se localizan en la vecina Celtiberia Citerior, lo que nos indica claramente que Roma había establecido una frontera político-militar en la cara Este del Sistema Ibérico, que había tenido su consiguiente influencia económica (Burillo *et alii*, en prensa).

Además, la ciudad de Segeda fue una de las ciudades de la Celtiberia Citerior que acuñe tanto moneda de bronce como de plata. Una moneda de plata que por su alto valor y por la escasez de sus hallazgos va a indicar que no fue utilizada para su uso rutinario o de mercadeo como la de bronce sino seguramente para pagar una fiscalización a Roma. De este modo, la ciudad celtibérica de Segeda se va a ver obligada a aumentar la presión fiscal sobre el territorio rural, es decir, sobre los pequeños castros agropecuarios y mineros de su territorio. Ello demuestra que este núcleo urbano celtibérico,

---

2. Este trabajo se ha realizado gracias a la concesión de una beca de Formación de Profesorado Universitario (FPU) por parte del Ministerio de Educación y Ciencia y gracias al apoyo del Proyecto I+D: HUM 2005-03369/HIST financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y los fondos FEDER.

por diversas razones, debió ejercer un dominio y jerarquización sobre su comunidad natural, lo que le llevó a controlar un extenso territorio rural con el cual mantendría una serie de relaciones recíprocas socio-económicas conducentes a la formación de un sistema estatal que se vería roto con la llegada y conquista de estos territorios por Roma (Burillo, 1998).

La formación del estado segedense tuvo que experimentar una serie de procesos evolutivos en el territorio desde el Bronce Final, que posibilitaría la paulatina formación de una jefatura territorial en Segeda que culminará con el enfrentamiento con Roma en el año 154 a.C. y que marcará el declive y final de esta ciudad-estado, en su ubicación en el Poyo de Mara, y de la aparición de un nuevo paisaje político, con desplazamiento de la ciudad al inmediato Durón de Belmonte de Gracián.

Estos estudios se han visto cercenados por el vacío en el conocimiento del territorio rural circundante a la ciudad de Segeda. La necesidad de

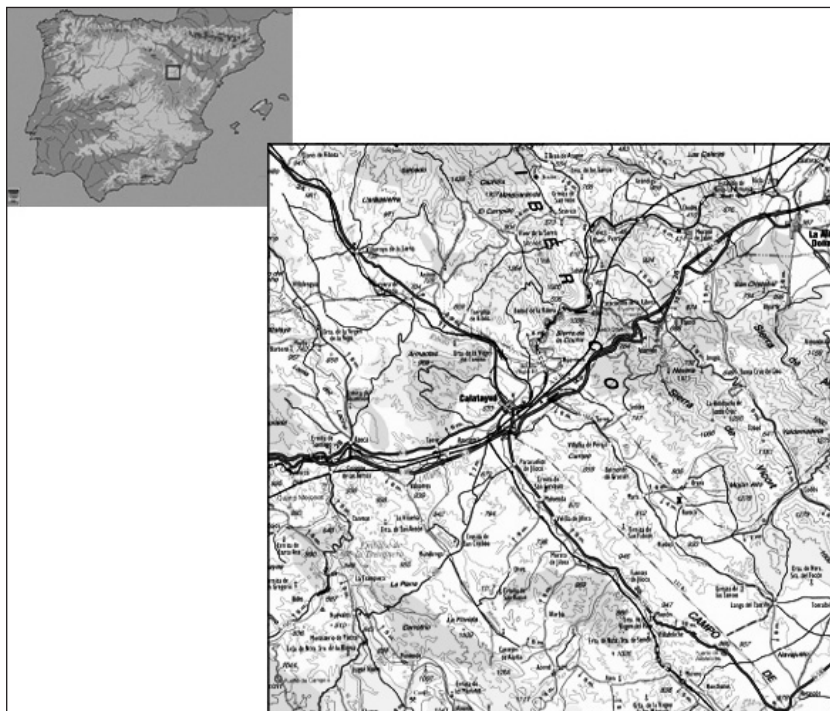


Figura 1. Mapa del territorio analizado

cubrir ese vacío, dio lugar al ofrecimiento por parte del director del Proyecto de Segeda, Francisco Burillo, de realizar un análisis de la evolución histórica del territorio de Segeda desde su etapa de formación hasta la etapa de interacción con Roma con el fin de buscar aclarar como afectó estos importantes cambios históricos en el entorno rural celtibérico.

Si bien, el territorio sobre el que se está aplicando la investigación de nuestra tesis doctoral es bastante mayor, en este primer avance de investigación nos centramos en un rectángulo de 37,1 km x 42,1 km, (1561,91 km<sup>2</sup>) en torno al yacimiento de Segeda (Mara-Belmonte de Gracián, Zaragoza). Esto fue debido a que con este estudio buscábamos, por un lado, un primer acercamiento al conocimiento del territorio rural de la ciudad de Segeda y, por otro, acercarnos a las posibilidades de apoyo que nos ofrecían las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica para los estudios territoriales arqueológicos. De este modo, los límites del territorio seleccionado se centró especialmente en la comarca de Calatayud. Zona que destacará por encontrarse en un terreno orográficamente muy escarpado con fuertes cortes o saltos producidos por el paso del río Jalón que durante años se ha ido encajonando en el terreno.

Históricamente nos encontramos ante una zona de paso del Valle del Ebro a la Meseta Castellana y Levante, a través del Jiloca. Una encrucijada de caminos, que en la actualidad se manifiesta por vías de comunicación tan importantes como la Autovía A-II que une Madrid con Barcelona y la línea de AVE Madrid-Lleida.

## **2. PROCESO DE TRABAJO**

Es evidente, que para el desarrollo del estudio de un territorio de una sociedad pretérita es necesario realizar un reconocimiento de los datos existentes para su posterior análisis. Al igual que en otras disciplinas de las ciencias sociales es imprescindible una recogida y preparación exhaustiva de los datos, que darán paso a su posterior análisis e interpretación. De este modo, cualquier proyecto arqueológico de análisis de un territorio viene precedido de una fase de prospección y recogida de datos en la zona designada para la investigación.

En el territorio a estudio tuvimos la fortuna en la elaboración de la Carta Arqueológica de Calatayud (Burillo, *en prensa*). Estos trabajos de inventario, catalogación y hallazgo de evidencias arqueológicas en la comarca bilbilitana se iniciaron a finales de los años 80, siguiendo los cri-

terios metodológicos desarrollados por el equipo dirigido por Francisco Burillo, que a través del *Seminario de Arqueología y Etnología Turolense* (S.A.E.T.) empezó a realizar a finales en esta década las prospecciones en las comarcas de Daroca, Cuencas Mineras, La Litera y Calatayud, trabajos encuadrados dentro de la Carta Arqueológica de Aragón (C.A.A.)<sup>3</sup>. En la comarca bilbilitana se llegó a prospectar la mayor parte del territorio, sin embargo, la paralización de la misma no permitió que se finalizasen los trabajos (Burillo *et alii*, 1993).

Posteriormente el Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda (C.E.C.S.), también bajo la dirección de F. Burillo, recogerá en el año 2004 el testigo de estos trabajos pero sólo aplicado a la comarca de Calatayud, limitándose a los términos municipales que se encontraban aún sin prospectar o que no se habían completado en su totalidad, siendo finalizados estos trabajos en el siguiente año.

El extenso territorio de estudio y la indefinición de una frontera, llevó a considerar esencial para el desarrollo de nuestra investigación la aplicación de los *Sistemas Informáticos Geográficos* (S.I.G.), no solamente por las altas capacidades que suelen tener estas herramientas informáticas para integrar y gestionar con bases de datos toda la información arqueológica recogida del territorio, sino también por las capacidades de edición y diseño asistido de los datos, pero sobre todo por las grandes posibilidades de análisis y de obtención de nueva información que esta herramienta nos permite obtener del territorio a estudio (Bermúdez, 2000), tal y como han demostrado otros autores en el estudio de la evolución histórica de un territorio como Ignacio Grau (2002) en la Contestania Ibérica o Parceró Oubiña (2002) en su análisis de la evolución de la edad del Hierro en el Noreste peninsular.

## 2.1. Documentación cartográfica digital. Modelizar la realidad

La aplicación de las herramientas SIG en los estudios territoriales arqueológicos va a depender en gran medida de los datos digitales cartográficos que podamos manejar. Estos son la materia prima que modelan estas herramientas informáticas convirtiéndose en la base para la abstracción y repre-

---

3. La Carta Arqueológica de Aragón quedó interrumpida, sin terminar de completarse, pero llegó a reconocer más de 7000 km<sup>2</sup> y localizó cerca de 1900 yacimientos a los que hay que sumar el inventario de 5000 yacimientos conocidos.

sentación del mundo real, es decir, el *modelo* sobre el que vamos a aplicar nuestros análisis. Los SIG se distinguen de otros *Sistemas de Información* por trabajar con *Información Geográfica*, por ello es indispensable conocer la naturaleza de estos datos, dado que la información geográfica tiene unas características propias que obligatoriamente tenemos que conocer previamente al manejo de cualquier SIG debido a que de la calidad y resolución de ésta dependerán los resultados finales obtenidos.

## 2.2. Cartografía vectorial

Este tipo de abstracción de la realidad se basa en considerar que existen unidades individualizadas en el espacio geográfico en tanto que poseen determinadas propiedades de entidades del mundo real. Estas pueden ser naturales (un río, un lago, etc.) o artificiales (una carretera, un polígono industrial, etc.). La representación de esas entidades se realiza por medio de los elementos geográficos básicos que son los *puntos*, las *líneas* y los *polígonos* utilizados en la cartografía tradicional. Los *puntos* se definen por sus coordenadas (x, y), según el sistema de coordenadas cartesianas, las *líneas* o *polilíneas* por una sucesión de puntos y los *polígonos* son polilíneas cerradas, es decir, que la coordenada del primer y último punto son las mismas. A cada una de estas entidades se le da un identificador.

En los modelos vectoriales, la aproximación a la realidad, difiere de la raster porque la individualización de las unidades espaciales se realiza en base a propiedades para posteriormente medir la localización de las unidades resultantes. Para realizar nuestra investigación la cartografía vectorial de la que hemos dispuesto será básicamente:

*Curvas de nivel.* Son elementos polilineales. Se ha contado con curvas de nivel del territorio a diferente escala dependiendo de la superficie del territorio a analizar. Para el estudio macroespacial se han utilizado curvas de nivel a escala 1:25000. Estos datos provienen de la digitalización de los mapas de la serie 25000 del IGN, donde las distancias entre curvas equivalen a 10 metros. Para análisis semiespaciales de yacimientos específicos contamos con curvas de nivel a 1:5000 del Ministerio de Agricultura (SIG-PAC), donde la equidistancia de la curva equivaldrá a 5 m, consiguiendo una resolución más detallada del terreno (1 x 1 m). Por último, como ejemplo de los microanálisis de yacimientos hemos tenido la posibilidad de contar para el yacimiento de Segeda I con curvas de nivel a escala 1:500, con una equidistancia entre cada curva de 0,5 metros. Datos procedentes

de un vuelo fotográfico realizado específicamente sobre el yacimiento de Segeda I por encargo de la Dirección General de Patrimonio.

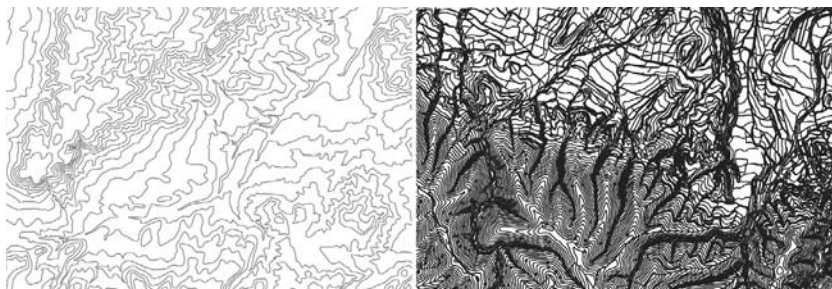


Figura 2. Ejemplo de la calidad de cada tipo de curvas.  
A la izquierda curvas a escala 1:25000, a la derecha a escala 1:5000

*Hidrografía: Polilíneas.* Se ha tenido acceso a varios tipos. Por un lado los obtenidos de la Confederación Hidrográfica del Ebro a escala 1:50.000 de toda la cuenca del Ebro. Además se contaba con la digitalización de la capa de los ríos a escala de 1:25.000 y a 1:10.000.

*Usos del suelo: Polígonos.* Del mismo modo, hemos utilizado los usos del suelo a escala 1:100.000 procedentes del Ministerio de Agricultura. Estos usos del suelo fueron obtenidos a partir de imágenes de satélite. Para simplificar su uso los hemos reclasificado en cuatro categorías dependiendo de la idoneidad de los suelos para los cultivos agrícolas (clasificados en: Muy Buenos, Buenos, Regular y Malos), siguiendo la clasificación utilizada en la Carta Arqueológica de Aragón (Burillo *et alii*, 1993)

*Yacimientos arqueológicos. Puntos y polígonos.* Son el elemento esencial del trabajo. Los datos de localización de los yacimientos fueron tomados, como hemos indicado más arriba, del proyecto de Carta Arqueológica de Aragón desarrollado por el Seminario de Arqueología y Etnología Turolense (SAET) durante los años 90, trabajo continuado por el Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda (CECS) en el año 2004. Dado que el origen de los datos de campo era de diferentes autores la localización ha sido desigual, teniendo que ser las coordenadas revisadas mediante ortofoto georreferenciada.

Además los restos arqueológicos sin límites bien definidos han sido referenciados con un punto que representaba una coordenada central del yacimiento. En los que se ha podido definir el perímetro arqueológico han

sido delimitados con un polígono. La coordenada de estos será tomada del centroide del polígono. De este modo conseguimos mejoras sustanciales en el análisis, por ejemplo nos permite obtener mejores cálculos de las visibilidades, ya que se tiene en cuenta todas las posiciones posibles sobre cada asentamiento.

Otros datos vectoriales utilizados serían los límites de los términos municipales, de las provincias y de las CC.AA.

### 2.3. Cartografía raster

En la cartografía raster la individualización de las unidades se realiza atendiendo a un criterio posicional, o lo que es lo mismo, su localización en el espacio. Los SIG que utilizan para abstraer el territorio el método *raster* son aquellos que trabajan con unidades artificiales que se van a corresponder con celdas de igual tamaño y forma, obtenidas mediante la superposición de una malla regular sobre el área de estudio. El espacio enmarcado por cada una de esas celdas constituye la unidad de observación para la que se recoge, en distintas capas, la información temática que necesitamos para su estudio (la vegetación, hidrología, tipos de suelos, etc.). De este modo, podremos seleccionar cualquiera de esas celdas y conocer qué tipo de objeto existe en la porción de espacio que representa esa celda (tipo de vegetación, hidrología o suelo hay en esa celda). El hecho de que las distintas capas que utilizemos tengan la misma distribución regular de celdas hace que se ajusten sin ningún problema, lo que llamaríamos *ajuste perfecto*, lo que facilitará las operaciones de superposición de mapas, y por ende de diversos análisis.

Los sistemas basados en el método raster centran la atención en la componente temática, ya que los límites de las celdas son artificiales, estando sobrepuestas a la realidad. Sobre los datos raster utilizados tenemos que diferenciar las ortofotos cedidas y los datos generados a partir de la documentación vectorial. De los primeros hemos tenido en cuenta:

1. Ortofotos a escala 1:10000, en escala de grises, realizadas durante los años 1999 y 2000. Su origen proviene de los vuelos del Ministerio de Agricultura para la realización del SIG oleícola y traspasados al Gobierno de Aragón quien a su vez las facilitó al proyecto Carta Arqueológica de Aragón. Tienen una buena escala para trabajos territoriales. Se puede usar como base cartográfica y para el reconocimiento aéreo del terreno.



2. Ortofotos a color a escala 1:5000, utilizados para trabajos *intra-site* e incluso microprospecciones, realizadas por el Ministerio de Agricultura y la DGA para el control de cultivos, y la actualización del catastro rural (SIGPAC).



Figura 3. Ejemplo de ortofotos de la hoja 437 a diferentes escalas de resolución. La imagen de la izquierda a 1:5000, la de la derecha a 1:10.000

Por último, se ha tenido acceso al vuelo experimental realizado sobre el yacimiento de Segeda I, a escala 1:500, bajo el patrocinio de la Dirección General de Patrimonio de la DGA, idóneo para microanálisis territoriales. Acerca de los datos raster generados tenemos que hablar únicamente de los MDT (*Modelo Digital del Terreno*), generados a partir de las *curvas de nivel* vectorizadas, sobre los que se realizaron los diferentes análisis.

### 3. ANÁLISIS DEL TERRITORIO DE LA CIUDAD-ESTADO DE SEGEDA

La función básica de un SIG es la construcción de análisis y operaciones espaciales, asociar y relacionar datos y modelar fenómenos geográficos.

Con ello podremos efectuar diferentes análisis, operaciones o cálculos que tradicionalmente se habían realizado manualmente con la consecuente dificultad y coste de tiempo.

Durante nuestro trabajo se elaboraron diferentes cálculos y operaciones que precisaron de unos datos adecuados y estructurados, así como el conocimiento del funcionamiento de los módulos aplicados y de la naturaleza del programa. La intención de esta parte del trabajo no fue llegar a conclusiones finales definitivas, sino explorar las posibilidades que nos ofrecen las herramientas SIG como apoyo a la investigación del territorio en su dinámica histórica.

Este proceso necesitó de la conversión de los datos en información válida para conocer la evolución histórica del territorio a estudio. Los análisis y cálculos efectuados son múltiples, entre ellos debemos destacar la generación de mapas temáticos, combinaciones entre mapas, búsqueda y selección de determinados atributos, cómputo de medidas (distancia, área, perímetros, volúmenes, etc.), análisis estadísticos espaciales, realización de cálculos personalizados, Modelos Digitales del Terreno y derivados de éstos como cálculo de visibilidad, pendiente, intensidad solar, isócronas, energía de cauces, etc.

Lógicamente el trabajo inicial fue el trasvase de la información arqueológica del territorio de estudio a formato digital. Para ello se trasladaron los datos más importantes a una tabla relacional donde se hacía mención de los siguientes campos: el topónimo del yacimiento, término municipal, ubicación en coordenadas UTM, altitud máxima y cronología del yacimiento.

Los yacimientos seleccionados eran todos los conocidos en el territorio a estudio desde la Edad del Bronce hasta los momentos finales del Hierro II. De este modo los análisis realizados permitirán ver, *grosso modo*, la evolución de la estructura poblacional desde el inicio del doblamiento estable hasta la inmediata llegada de Roma. En total se ha manejado 77 yacimientos, subdivididos en tres periodos generales como son la Edad del Bronce, Hierro I y Hierro II.

La capa creada de yacimientos necesitaba de un modelo de la realidad, es decir, la representación digital del relieve del territorio a estudio. Esta representación se realizó con un Modelo Digital del Terreno (MDT) construido mediante curvas de nivel a una equidistancia de 10 m, digitalizadas de los mapas del IGN 1:25.000. Existió la posibilidad de crearlo a partir de curvas a distancia de 5 m (escala 1:5.000). No obstante, diversos ensayos mostraban que para los análisis y cálculos que se iban a aplicar los resul-

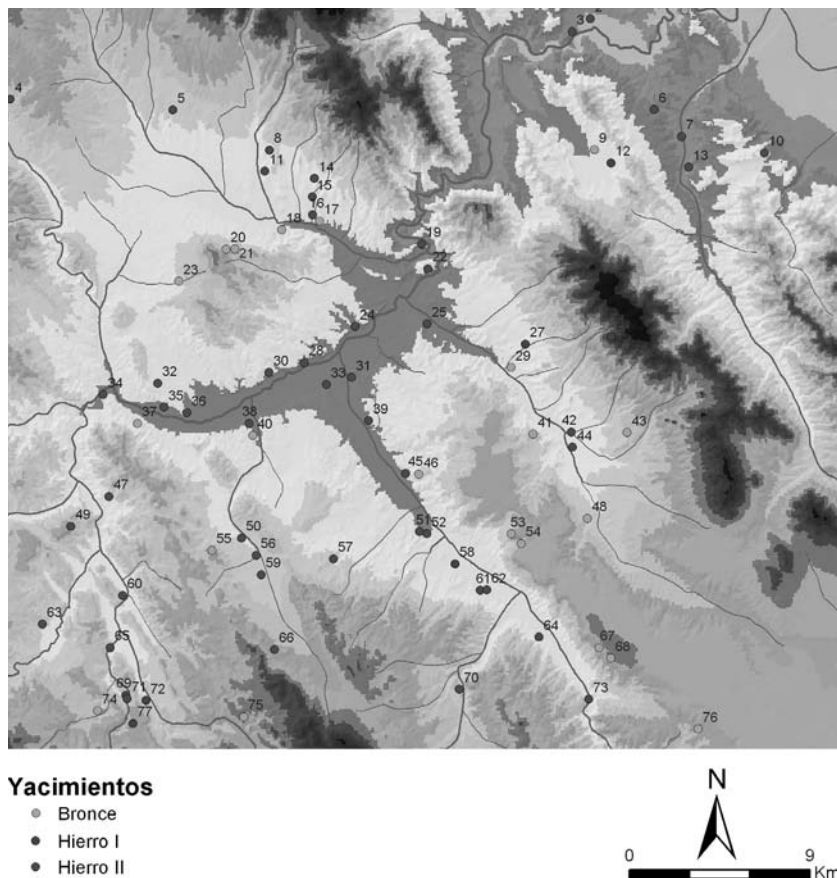


Figura 4. MDT y yacimientos arqueológicos de la zona a estudio

tados finales obtenidos eran muy similares y las diferencias casi imperceptibles, pero el tiempo de cálculo era considerablemente mayor, por ello decidimos utilizar este MDT para otro tipo de análisis más detallado como será el microespacial.

Sobre este Modelo Digital de Elevaciones se han sobrepuesto diferentes ortofotos del terreno, a escala 1:5.000 y 1:10.000, georreferenciadas en coordenadas UTM, lo que posibilitó que se acoplasen perfectamente estas ortofotos con el MDT y la capa de yacimientos. Así obtuvimos una representación conjunta del territorio, muy aproximada a la realidad. Algunos

programas SIG nos permiten realizar con los MDT representaciones 3D de nuestro territorio a estudio obteniendo resultados finales de gran calidad, no sólo para la comprensión de los análisis u operaciones realizadas sino para su difusión y divulgación.

La introducción de nuevas capas de información o de la combinación de estas aumentaron considerablemente las posibilidades de un SIG. De este modo, a esta primera fase de preparación de la base digital de los datos se van a incorporar otras capas de información territorial como la hidrología, los usos del suelo, etc. con la cual conseguiremos un modelo aproximativo del territorio a analizar.

### **3.1. Los SIG como herramienta para el estudio del territorio del yacimiento de Segeda**

#### *3.1.1. Análisis de la variable de la «distancia de los yacimientos al agua»*

La intención de este análisis es dar a conocer la distancia y acceso de los distintos asentamientos a los recursos hídricos de la zona. Los SIG actuales nos permiten mejorar la toma de datos de las relaciones entre la hidrología y los diferentes asentamientos, otorgándonos nuevos datos que pueden mejorar las investigaciones de un territorio histórico.

El estudio de esta variable busca conocer la distancia existente de cada yacimiento con respecto a un curso hídrico de caudal continuo, el cual permitiría no sólo el abastecimiento estable de agua a los habitantes del asentamiento sino también al ganado. Del mismo modo la cercanía a estos cauces permitiría la explotación de los suelos aluviales posibilitando el cultivo de determinadas especies. Además en esta zona del Sistema Ibérico, los ríos se convierten en caminos naturales por donde discurrirán las rutas comerciales a media y gran escala, no sólo entre los asentamientos más cercanos, sino a su vez con otras regiones próximas.

Para la realización del análisis fue necesario la reclasificación de la capa hidrográfica según el caudal de los ríos y barrancos, dividiéndolos en cinco grupos, de menor a mayor categoría dependiendo de su caudal (fig 5).

El análisis practicado se basó en la aplicación de dos variables sobre cada grupo de yacimientos arqueológicos. La primera el estudio de la distancia existente de cada asentamiento a los cursos de agua continuos (grupos 3, 4 y 5). La segunda la accesibilidad de los asentamientos a cualquier punto de agua, como serían tanto los ríos como barrancos y cauces de bajo caudal, por lo que se decidió analizar la distancia a los grupos 1 y 2.

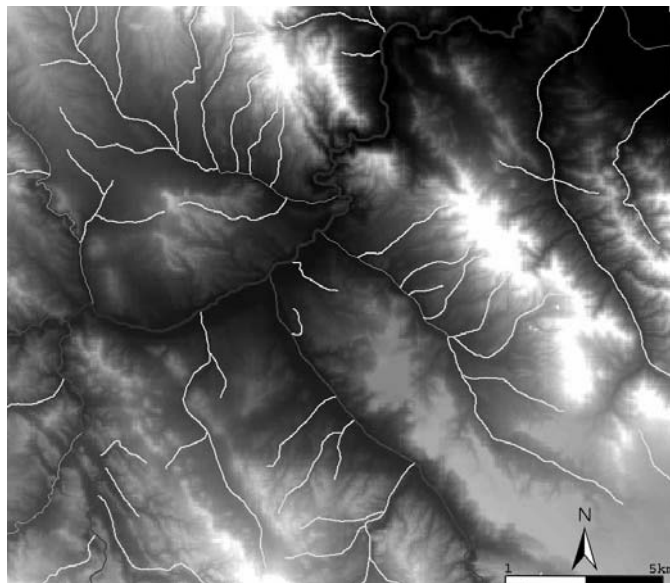


Figura 5. Mapa de ríos y altitud, reclasificado. En el grupo 1, y 2 se clasificaron los barrancos estacionales, los arroyos y los ríos de bajo caudal. En los grupos 3, 4 y 5, los ríos de caudal medio, los de caudal medio-alto y los de caudal alto.

FUENTE: Confederación Hidrográfica del Ebro

Los resultados obtenidos nos mostraron como los emplazamientos de la Edad del Bronce, que se encontraban en su mayoría a más de 1,5 km de distancia de los cursos fluviales, no tienen como prioridad la cercanía a los cauces fluviales principales, sino que en la elección de los asentamientos van a predominar otras variables. Frente a esto los asentamientos del Hierro II muestran una elección del lugar siempre próximos a estos cursos fluviales continuos, siendo su distancia normalmente menor de los 500 m, lo que indica una intención clara de ubicarse cerca de los ríos con fines agrícolas y comerciales aprovechando los valles fluviales como rutas naturales. Aspecto ya observado por Burillo (1981) en su estudio del poblamiento del río Huerva. En general, podemos indicar que la ubicación de los asentamientos de la zona ha ido paulatinamente cambiando según han variado los intereses socioeconómicos, creándose un nuevo paisaje en que la proximidad a los valles fluviales va ganando importancia como variable para la ubicación de los asentamientos.

### 3.1.2. Análisis de las variables de la altitud y visibilidad

Este segundo análisis se ocupará del estudio del *dominio visual* que tiene cada uno de los yacimientos sobre su entorno más próximo. Es un método aplicado numerosas veces, ya que los puntos elevados suele ser una variable importante para la selección del emplazamiento de los yacimientos, debido a que esta ubicación en alto posibilitaría la defensa natural del asentamiento, pero también la vigilancia y defensa del territorio próximo, como la intercomunicación entre asentamientos que posibilitaría la creación de una cuenca visual acumulativa que controlase en su totalidad un extenso territorio. Las herramientas SIG han facilitado estos cálculos, posibilitando la obtención de numerosos análisis sobre morfología de un yacimiento y su entorno circundante de una forma fácil, rápida y con una relación tiempo-coste muy positiva. Estos sistemas nos permitirán análisis tan variados como la obtención de la cota de un determinado punto, la media de altura de un radio determinado, la cuenca visual de un yacimiento, cálculos de intervisibilidades, etc.

En este caso sólo analizamos los yacimientos del Hierro II debido a que eran el conjunto más grande, permitiéndonos una amplia variedad de datos. Además en muchos de ellos se pudo precisar su cronología y diferencias de tamaño-rango, diferenciando ciudades de lo que serían poblados rurales o casas de labor lo cual nos permite realizar comparaciones entre ellos.

#### a) Altitud relativa o porcentaje de dominio visual

La altitud relativa o porcentaje de dominio visual no corresponde con una preponderancia visual, sino que analiza en qué medida un determinado asentamiento ocupa un punto elevado con respecto a su entorno próximo. De este modo, aunque conocemos que la mayoría de los asentamientos se encuentran en una posición elevada (sobre cerros testigos, laderas, escarpes, etc.), podremos matizar en qué medida variará esta elevación en cada caso, pero también ver cuáles son los que se sitúan más por encima de su entorno o si esta posición dominante es algo ceñido únicamente al territorio inmediato.

Este cálculo se basa en la resta de la *altitud máxima* del yacimiento por la *media* del entorno, donde se encuentra situado, en un radio determinado (en este caso se realizarían sobre radios de 800 y 3000 m.) El resultado obtenido será la diferencia existente entre la cota de cada asentamiento con respecto a su entorno. Estos podrán ser valorados de forma binaria, sien-

do los valores positivos indicativo de un predominio de la altura del yacimiento con respecto a su entorno, es decir, el yacimiento sobresale posibilitando una buena visibilidad, por el contrario los resultados negativos indicaran que ocupa una posición relativamente baja.

Sin embargo, aunque los resultados serían evidentes, podrían ser bastante engañosos porque dos asentamientos pueden tener una altitud media similar, pero su posición relativa con respecto al entorno puede ser muy diferente, como se observa en el cuadro n.º 1.

CUADRO 1. Utilizando la fórmula del yacimiento–media de altitud del entorno, se puede establecer el dominio visual de un asentamiento sobre su entorno

**Dominio = (Altitud máxima – Media del entorno) / Media del entorno**

Ej:  $(1010 - 990) / 990 = 0,022$  (Sobre el entorno)  
 $(905 - 910) / 910 = - 0,0054$  (Por debajo del entorno)

FUENTE: Parcero Oubiña, 2002.

Para estandarizar estas posibles desviaciones se ha introducido una segunda medida, con el fin de valorar si los valores de altitud del entorno de un asentamiento tendían a estar por encima o por debajo de la altura del asentamiento. De este modo se decidió la división de los resultados obtenidos entre la propia media del entorno.

Con esta fórmula se consigue un reparto más equitativo, donde los valores positivos reflejan que la mayor parte de los puntos del entorno están más bajos que el yacimiento, y un valor negativo que indica que el asentamiento se encuentra por debajo de este. De este modo se corrigen los falsos porcentajes que nos da una orografía variable.

La base sobre la que se han realizado los cálculos ha sido sobre un MDE con un tamaño de píxel de 5 m de lado, por tanto cada uno representa 25 m<sup>2</sup> de la realidad. Para ello primero se ha recogido las cotas máximas de cada yacimiento y posteriormente se han realizado buffers sobre cada uno de 800 y 3000 m. Estos buffers han sido pasados a formato raster con el fin de posibilitar el cálculo con el MDT. Posteriormente se ha dividido el MDT con los buffers raster, delimitando únicamente el radio deseado. De este modo se ha podido conseguir la media de la altura de todos los píxeles de cada radio delimitado.

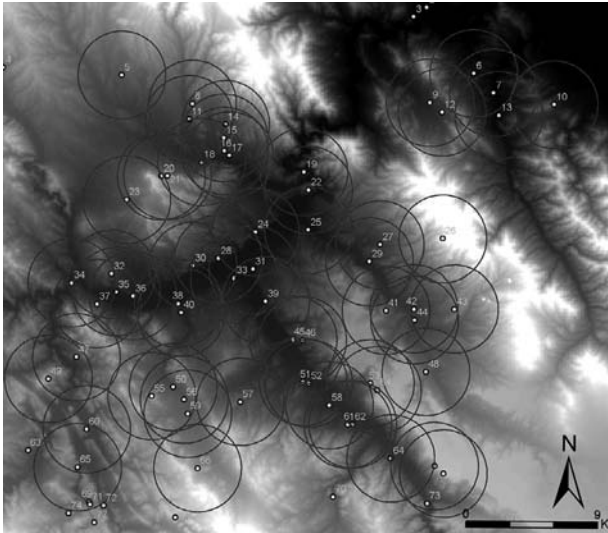


Figura 6. Cálculo de la altitud relativa sobre MDT con buffers de 3000 m sobre los yacimientos del Hierro II

El estudio de la altitud relativa o dominio del entorno de los yacimientos del Hierro II nos dio importantes datos sobre las características de la ubicación de estos yacimientos, indicándonos que no serán los yacimientos situados en cotas absolutas más altas los que registren un mayor grado de resalte sobre su entorno. De este modo podemos indicar que la aplicación del índice de Altitud Relativa, nos ayuda a la interpretación del control o dominio del territorio por parte de los asentamientos o utilizarse como variable diferenciadora entre yacimientos permitiéndonos interpretar su posible función dentro del territorio.

#### b) Visibilidad e intervisibilidad

El estudio visual es utilizado por las sociedades pretéritas no sólo como instrumento de vigilancia y control del territorio sino que también se encuentra ligado a su gestión y organización socioeconómica. Además nuevos estudios han demostrado la importancia de las propiedades visuales de los monumentos prehistóricos en términos de su dimensión escénica y panorámica, como elemento integrador de una comunidad (Villoch 2001: 16). La aplicación de los programas SIG han permitido el cálculo de cuencas visuales muy precisas sobre cartografía topográfica digital de gran detalle.



Nuestro análisis de las visibilidades se aplicó únicamente a los asentamientos urbanos de nuestro territorio de estudio. Y ello porque estas ciudades cubren un amplio espectro cronológico y cultural, desde el Poyo de Mara, identificada por sus excavadores como la ciudad-estado celtibérica de Segeda I (fecha *ante quem* del 153 a. C.) hasta la ocupación Alto imperial del cerro de Bámbola, donde se asienta Bilbilis Itálica. De este modo pudimos estudiar la evolución de las cuencas visuales.

Para todos estos cálculos la cartografía base fue el MDT de 5 x 5 m de lado ya mencionado. Los resultados se representaron sobre un modelo de sombras en escala de gris. El estudio conjunto de las visibilidades de los asentamientos urbanos de esta zona permite observar como los asentamientos urbanos celtibéricos de este primer periodo, el Poyo de Mara, identificada con la ciudad de Segeda I y los restos celtibéricos localizados bajo la actual ciudad de Calatayud, que según algunos autores habría que identificar con una primera fase de Bilbilis I (Royo y Cebolla 2007) visualmente dominan su entorno más inmediato, y de forma conjunta las rutas principales de accesos a este territorio. Durante el traslado de estos asentamientos a ciudades en llano Bilbilis celtibérica, localizada en el páramo de Valdeherrera, Calatayud (Burillo y Ostalé 1983-1984) y Segeda II, ubicada en Durón de Belmonte (Belmonte de Gracián, Zaragoza) el control visual debió seguir siendo una variable básica para la elección de las nuevas ubicaciones, vigilando las principales rutas, incluso, como en el caso de Bilbilis celtibérica, mejorará su cuenca visual con respecto a la primera fase (fig. 7). Para llegar a la tercera fase, donde el asentamiento urbano de Segeda ha desaparecido y solamente existirá una gran ciudad, Bilbilis Itálica en el cerro de Bámbola. Su posición dominante le va a permitir aumentar considerablemente la cuenca visual sobre todos estos puntos de accesos determinantes desde este único punto urbano (fig. 8).

c) Otros cálculos visuales: *cuenca visual total* y *cuenca visual acumulativa*

Del mismo modo, con el desarrollo de los SIG, se han podido realizar nuevos cálculos de visibilidad del territorio. Dos de los más aplicados son los de la *Cuenca Visual Total* (CVT) y la *Cuenca Visual Acumulativa* (Cumulative viewshed).

El primero se basa en la suma de la visibilidad de todos los asentamientos de un mismo momento histórico obteniendo una capa final raster donde el valor de cada celda expresa el número de sitios desde la cual es visible. Es un cálculo realizado sobre todos para el estudio de la visibi-

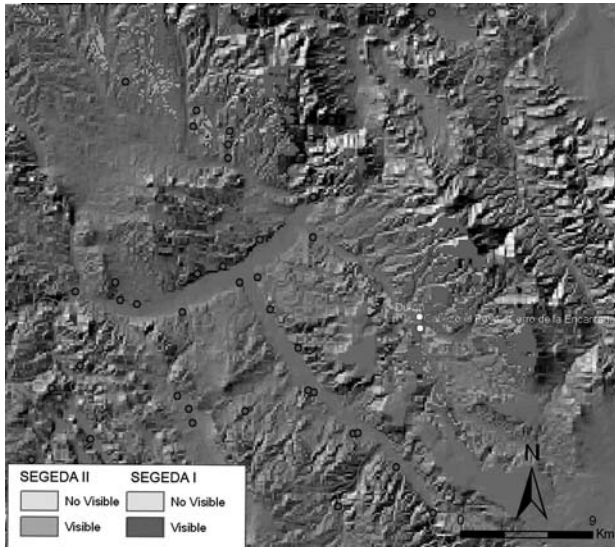


Figura 7. Comparativa entre las dos cuencas visuales: Segeda I y II (Mara–Belmonte de Gracián, Zaragoza)

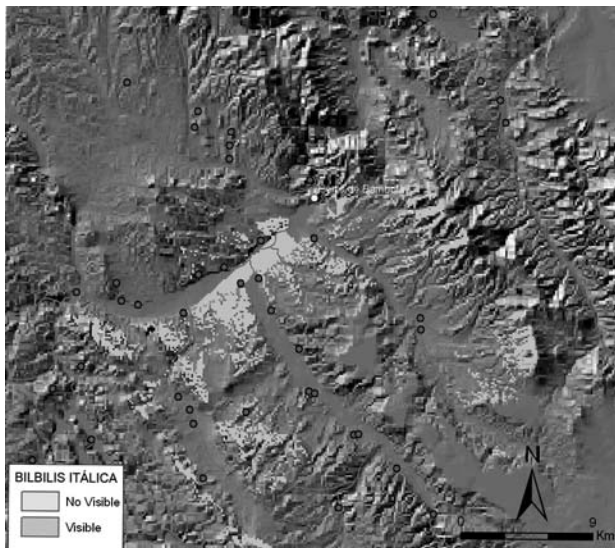


Figura 8. Cuenca Visual de Bilbilis Itálica, Cerro de Bámbole (Calatayud)

lidad de monumentos e hitos del paisaje que pudiesen estar encuadrados en lugares estratégicos del paisaje, por tanto, que adquiriesen una especial prominencia paisajística y simbólica (fig 9).

Por el contrario, la Cuenca Visual Total (CVT), aunque es generada del mismo modo que la acumulativa, se diferencia fundamental en que para su cálculo se emplean todas las celdas del territorio estudiado, en este caso en vez de proporcionar una imagen de la estructura visual de una serie de puntos o localizaciones determinados, la CVT nos mostrará una descripción de la estructura visual inherente a un territorio en su totalidad (fig. 10).

Es importante saber distinguir la función de estos dos tipos de cálculos de visibilidades que generalmente suelen crear confusión entre los investigadores. El primero sería para conocer que determinadas zonas son más visibles desde los asentamientos seleccionados, mientras que el CVT nos muestra la unión de la visibilidad de todos los asentamientos seleccionados. No obstante, debido a la falta de precisión en las dataciones cronológicas, estos últimos análisis únicamente se aplicaron como modelo de trabajo, no pudiendo llegar a datos concretos aunque esperamos que durante la realización de nuestra tesis doctoral este problema sea subsanado y corregido.

### *3.1.3. Análisis de las Áreas de Captación (SCA): recursos agrícolas y ganaderos*

Con este análisis intentamos aproximarnos a los aprovechamientos económicos de los diversos asentamientos objeto de estudio. Para ello centramos nuestra atención exclusivamente en las posibilidades agrícolas y ganaderas del entorno próximo de los asentamientos, dejando de lado otro tipo de recursos susceptibles de ser explotados (metales, minerales, arcillas, etc), puesto que consideramos que las actividades productivas de estos asentamientos se centraron principalmente en la explotación agrícola y ganadera de su entorno.

No obstante, este análisis no es preciso porque existe el problema de la carencia de estudios paleoambientales, de palinología, carpología, antracología o paleofauna que nos permitan conocer con un cierto grado de exhaustividad las especies y cultivos existentes y producidos por los agricultores en este periodo a estudio. Ella es, claramente, la principal limitación para el estudio de las actividades agropecuarias.

Por esta razón las fuentes cartográficas que utilizamos para este análisis contienen datos actuales y deben ser consideradas meras hipótesis de

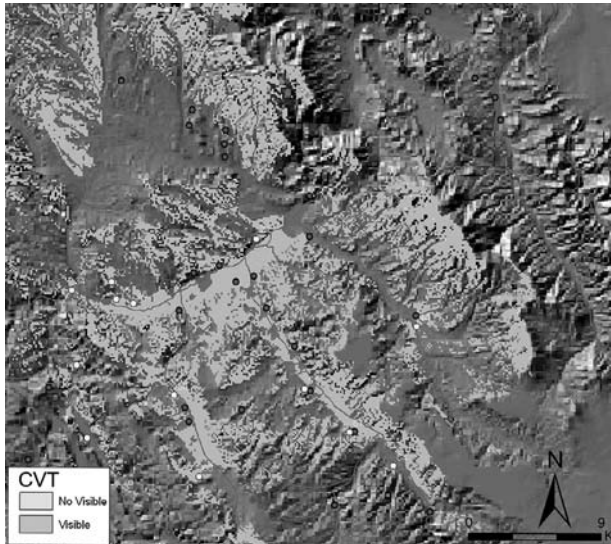


Figura 9. Mapa de Cuencas Visuales Acumuladas de los asentamientos coexistentes a Segeda I

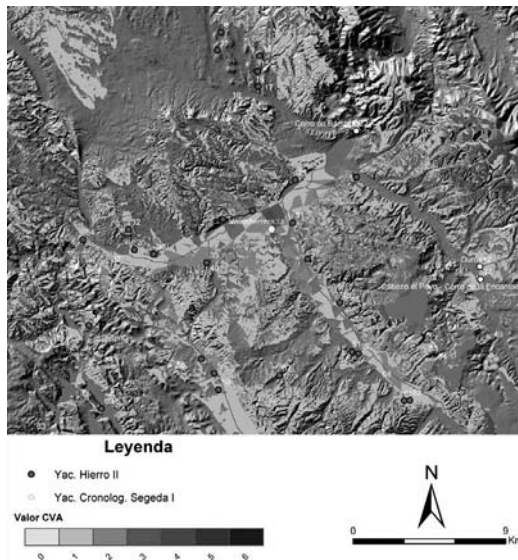


Figura 10. Mapa de Visibilidad Total del yacimiento de Segeda I y los asentamientos rurales coetáneos

trabajo orientativas a la espera de que el avance de las investigaciones en esta línea permita contrastar nuestras apreciaciones.

La aplicación del SCA (*Site Catchment Analysis* o análisis del área de captación económica), busca conocer las posibilidades de desarrollo de diversas actividades agropecuarias de los asentamientos seleccionados en función de las capacidades del entorno próximo de cada uno de ellos. Estos se fundamentan en el principio de que los recursos básicos de un asentamiento se obtienen de su entorno próximo o inmediato, y que el tamaño de este territorio de explotación dependerá del esfuerzo derivado del recorrido desde el sitio de habitación hasta las fuentes de recursos (Hodder y Orton 1976).

El objetivo de este análisis no era realizar una descripción exhaustiva de los suelos que circunvalan cada yacimiento, sino que pretendíamos hacer un estudio comparativo de las posibilidades de explotación del terreno de cada periodo cultural y con ello la exploración de las pautas que regirán las economías de los asentamientos durante las diferentes fases culturales.

Con los asentamientos urbanos realizamos un estudio más completo sobre los usos del suelo. Además de analizar sus características productivas añadimos la variable de la accesibilidad al territorio de captación próximo (coste de desplazamiento desde un punto a su entorno) para comprobar posibles cambios de la productividad dependiendo de la distancia existente al yacimiento. Este último análisis será el que se desarrolle en investigaciones posteriores (fig. 11).

Debido al gran número de usos del suelo actual optamos por caracterizar los recursos dentro del espacio de explotación, estableciendo una reclasificación de los suelos dependiendo de sus posibilidades agropecuarias. Para ello se agruparon los suelos en cuatro categorías (fig. 12).

Los resultados nos mostraron como los yacimientos del periodo del Bronce y los del Hierro II, tienen una buena distribución de recursos agropecuarios que les permitiría un autoabastecimiento de las necesidades económicas primarias, tanto agrícolas como ganaderas. No obstante, documentamos que los asentamientos del Bronce se encuentran situados en terrenos de predominio del cultivo de secano y cercanos a zonas de pastos, frente a los yacimientos del Hierro II que seleccionarán terrenos aptos para el cultivo agrícola intensivo (duplica los valores de los otros grupos). El considerable aumento que van a sufrir los suelos para el cultivo intensivo indica la elección de la ubicación de los asentamientos cerca de estos terrenos para su explotación directa. Estos datos reflejan las nuevas necesidades de este periodo donde el surgimiento de grandes ciudades van a demandar

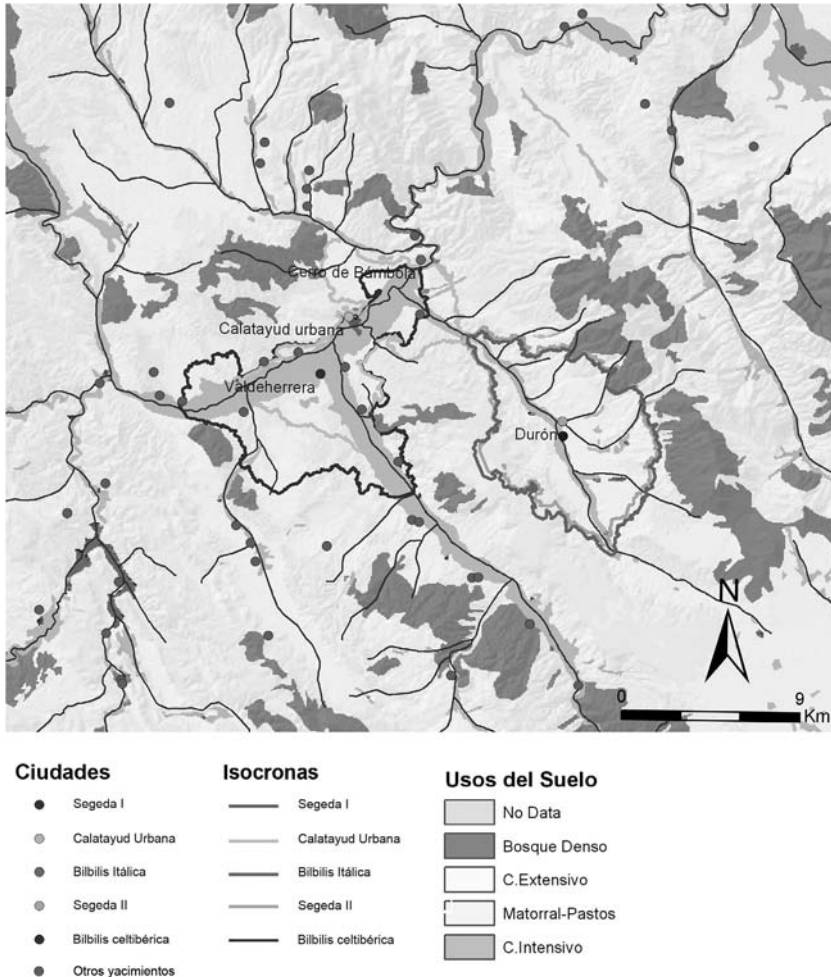


Figura 11. Mapa de SCA de los diferentes asentamientos urbanos del territorio a estudio aplicando valores de accesibilidad

una serie de productos agrícolas para el abastecimiento de la población, por tanto probablemente la agricultura del Hierro II irá encaminada a abastecer el mercado urbano, pasando del sistema de autosubsistencia que debieron tener los poblados del Bronce a una explotación agropecuaria encaminada tanto para el autoconsumo como para la comercialización del excedente agrícola.

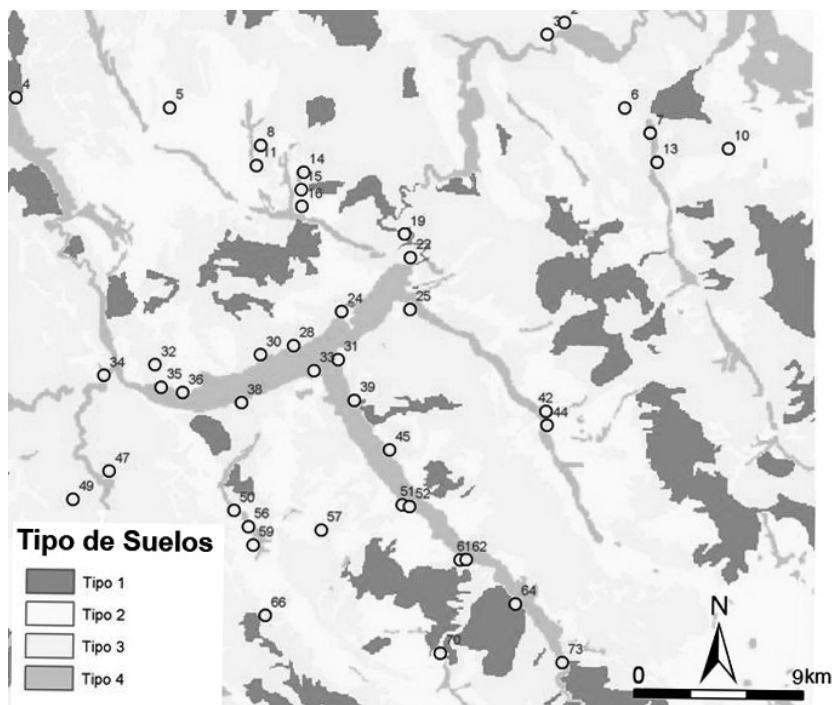


Figura 12. Capa obtenida de suelos agropecuarios tras su reclasificación. Los suelos *tipo 1* se relaciona con las zonas de cultivo denso, los de *tipo 2* con las zonas idóneas de pastoreo, los de *tipo 3* para el cultivo de secano y los de *tipo 4* para el cultivo intensivo

### 3.1.4. Otros cálculos realizados

En este apartado introducimos otras posibilidades de trabajo que permiten las nuevas herramientas SIG para el estudio de un territorio arqueológico, no tanto con el fin de realizar análisis interpretativos sino más bien como apoyo a la investigación territorial.

#### a) Aplicación de los Polígonos Thiessen

La utilización de los Polígonos Thiessen (también conocidos como Polígonos *Voronoi*) ha sido fundamental para establecer zonas teóricas de influencia de los diferentes yacimientos de un mismo periodo histórico dentro de un determinado territorio. La mayoría del software SIG existente permite la aplicación de los Polígonos Thiessen, aunque como veremos no suelen corregir los problemas intrínsecos de estos análisis. Sin

embargo, la rapidez de generación de estos modelos y la posibilidad de modificarlos, aplicando nuevas variables como ponderaciones por tamaño y distancia, junto con la combinación con otros análisis y cálculos nos llevará a que su utilización se siga considerando muy rentable para la investigación espacial arqueológica.

#### b) Cálculo de extensiones

A pesar de la sencillez de su propuesta la posibilidad del cálculo del perímetro de un determinado yacimiento es para los arqueólogos una herramienta muy importante. De modo sencillo se puede conocer con precisión datos morfológicos de los yacimientos, los cuales en los estudios espaciales se convierten muchas veces indispensables porque la mayoría de las veces el perímetro o el área es un elemento clasificador de la importancia de un asentamiento, es decir, un yacimiento de 20 ha de extensión siempre tendrán una posición dominante sobre un asentamiento de 5 ha. (Teoría Rango-Tamaño). Desde la introducción de los programas SIG el cálculo de los perímetros y área de un nacimiento va a facilitarse.

No obstante, debemos ser conscientes de las limitaciones que supone valorar la extensión de los yacimientos, no porque estos cálculos contengan errores sino sobre todo por la dificultad de reconocer con precisión la extensión o potencia de la ocupación, ya que los yacimientos han podido sufrir fenómenos de superposición de ocupaciones, destrucción y ocultación por procesos geomorfológicos y alteraciones antrópicas. Por ello, de la precisión de los datos originarios dependerá la valoración de los resultados obtenidos.

#### c) Modelos 3D

Estos modelos van a permitir obtener una perspectiva tridimensional de un yacimiento, pero también la aplicación de algunos análisis sobre ellos que mejoran nuestra comprensión del territorio a estudio. Una de las posibilidades de análisis de estas imágenes consiste en realizar visiones oblicuas de los yacimientos para apreciar restos estructurales como fosos o murallas que desde la visión vertical de las ortofotos o en el trabajo de campo no se podrían divisar.

También existe la posibilidad de sobreponer las capas de visibilidades, pendientes o usos de suelos, así observar que punto son realmente visibles con una perspectiva más cercana a la realidad. Igualmente permiten realizar líneas de intervisibilidades de los yacimientos y análisis estadístico como cálculos de áreas, volúmenes de tierras, etc.





Figura 13. Ejemplo de visión oblicua con 3D sobre los yacimientos de Segeda I y Segeda II

#### 4. CONCLUSIONES

El trabajo de investigación desarrollado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados intenta aportar una visión de conjunto de las posibilidades de apoyo que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica para el estudio de un territorio pretérito como es el del entorno rural de la ciudad-estado celtibérica de Segeda. Para ello el trabajo tuvo dos vías de desarrollo principales. Por un lado, la exposición de las características esenciales del territorio que controló la ciudad-estado de Segeda, recopilando los trabajos arqueológicos desarrollados en este territorio y avanzando las pautas de trabajo de futuras investigaciones. La segunda vía se encaminó a analizar los SIG como herramienta de apoyo a la investigación espacial de un territorio.

Los primeros trabajos realizados sobre esta porción del territorio nos han permitido desarrollar unas primeras hipótesis de trabajo que futuras investigaciones deben confirmar o desechar. La primera hipótesis surge

tras el análisis de las variables de los asentamientos de forma diacrónica desde la Edad del Bronce hasta el celtibérico tardío. A grandes rasgos podemos afirmar que documentamos dos paisajes distintos en el territorio. El primero de ellos es el que se viene produciendo en la Edad del Bronce, donde se ha documentado una selección de variables para su ubicación donde predomina la búsqueda de asentamientos en alto, lejos de las principales rutas de los ríos y con un territorio de captación con preeminencia de los cultivos de secano y de las zonas de pastos. Frente a este tipo de paisaje, durante el transcurso del Hierro I se observa que existe un progresivo traslado de los asentamientos a nuevas ubicaciones, quedando abandonadas definitivamente en el periodo siguiente estas posiciones y con ello la defensa natural que ofrecían. Pero, en contraposición, se asentarán cerca de las cuencas de los ríos principales para la explotación de suelos agrícolamente de mejor calidad y mucho más productivos.

Por tanto, el mundo rural del Hierro II parece adaptarse a las necesidades del nuevo orden socio-económico originado por el surgimiento de las ciudades-estado, que conllevará a la necesidad de producir un excedente agrario para abastecer a los grupos sociales no-productivos de la ciudad y a los gremios de artesanos de estas urbes. De este modo, la proximidad a las vías naturales de los ríos empezará cobrar su importancia para la mejora del intercambio comercial entre la ciudad y el mundo rural.

Estos cambios evidencian dos hechos. Por un lado, la existencia de una nueva estructuración del territorio, donde unos asentamientos mayores predominan y jerarquizan otros menores; y, por otro lado, el cambio de los sistemas productivos de los asentamientos, que evolucionan de una economía de subsistencia y autoabastecimiento a una economía de mercado precapitalista donde el comercio y el intercambio de productos empiezan a tener una importancia tanto a corta como a larga distancia.

La segunda hipótesis de trabajo, relacionada con la anterior, dirige al investigador a dilucidar si la búsqueda de mejores terrenos agrícolas para la producción de un excedente va a permitir liberar una mano de obra que influirá en el desarrollo de los nuevos grupos sociales de artesanos o si, por el contrario, la aparición de ciudades-estado va a conllevar a la planificación de una política de colonización de nuevas tierras agrícolas de alta calidad. En este último supuesto, se hace necesario rastrear en qué momento se produjo la colonización y si, además de centrarse en los valles del Jalón y Jiloca, esta política se pudo extender a otros territorios de control de la ciudad segedense.

La tercera hipótesis está en conexión con la ausencia de asentamientos del Hierro I en la zona de estudio. Una de las posibilidades que se ha barajado es

que este traslado a terrenos agrícolas de mayor productividad ya se empezó a realizar durante la fase anterior del Hierro I, culminando durante el Hierro II, localizándose solamente aquellos asentamientos que tuvieron una continuidad con la política de autoabastecimiento del Bronce Final y que son abandonados definitivamente en el siguiente periodo. Sin embargo, solamente se han documentado restos de una fase anterior del Hierro I en el yacimiento del Poyo de Mara, identificado con Segeda I, donde se localizaron restos de un torreón con aporte de materiales del s. VI a. C. (Burillo 2003), en el resto de asentamientos es muy complicado identificar esta fase únicamente con la prospección. A pesar de estas limitaciones, nuestro trabajo debe ir encaminado a realizar prospecciones intensivas capaces de evidenciar si el inicio del cambio de paisaje se empezó a producir durante los siglos VIII-VI a.C.

El trabajo realizado ha planteado nuevas líneas de desarrollo de nuestra investigación. Por un lado, tras el análisis de los terrenos de producción primaria, se ha visto la importación del conocimiento de los recursos próximos de un asentamiento, por eso se vuelve necesario aplicar estos análisis sobre otros recursos de captación como los recursos metalúrgicos (hierro, cobre, etc.) o de arcillas y rocas, productos que se explotaron en esos momentos y que son susceptibles de explicar la orientación económica de muchos asentamientos sin necesidad de su excavación.

Del mismo modo, estas primeras aplicaciones han demostrado la importancia que tiene para realizar interpretaciones el conocimiento detallado de cronologías absolutas y no tan genéricas o relativas como las que tradicionalmente se utilizan en las catalogaciones de yacimientos. Igualmente, es necesario que en futuros trabajos se comparen los resultados obtenidos con otros territorios para observar si las variables aquí descritas son generales al mundo celtibérico o es un proceso interno diseñado por un estado emergente como sería el de Segeda.

De manera general, los SIG proporcionan una ayuda importante en los estudios del territorio arqueológico. Han permitido avanzar en el conocimiento de la dimensión territorial de los grupos culturales prehistóricos completando una serie de operaciones y cálculos que no hubiese sido posible llevar a cabo sin estos programas. No obstante, siempre debemos ser críticos con la calidad de los datos que se manejan pues unos datos defectuosos o parciales lógicamente llevan a resultados erróneos y sesgados de la realidad. Es recomendable, pues, estudiar bien su idoneidad para los cálculos a los que se desean aplicar. Con todo, los Sistemas Informáticos Geográficos son una buena herramienta de apoyo que posibilita analizar una enorme cantidad de información, que de otra manera sería poco factible analizar debido al costoso esfuerzo y tiempo que conllevaría.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- ARANDA MARCO, A., 1986, *El poblamiento prerromano en el S.O. de la comarca de Daroca (Zaragoza)*, Zaragoza/Daroca, IFC/Centro de Estudios Darocenses.
- ARENAS ESTEBAN, J. A., 1999, *La Edad del Hierro en el Sistema Ibérico Central, España*, Oxford, BAR Internacional Series 780.
- BERMÚDEZ SÁNCHEZ, J., 2000, *La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Arqueología*, Tesis inédita.
- BOSQUE SENDRA, J., 1992, *Sistemas de Información Geográfica*, Madrid, Rialp.
- BURILLO, F., 1981, «Hallazgos de la Primera Edad del Hierro en el curso final de la Huerva (Zaragoza)», *Bajo Aragón, Prehistoria III*, Zaragoza, Grupo Cultural Caspolino, pp. 63-82.
- 1998, «Segeda», en *Celtíberos*, Zaragoza, DPZ, pp. 32-35.
- 1998, *Los Celtíberos. Etnias y Estados*, Barcelona, Crítica.
- 2003, «Indicadores cronológicos para la datación del nivel de destrucción de Segeda», *Kalathos*, 20-21, Teruel, SAET, pp. 215-238.
- BURILLO, F. coord., en prensa, *Carta arqueológica de la comarca de Calatayud*.
- BURILLO, F., IBÁÑEZ, E. J. y POLO, C., 1993, *Ficha General de yacimientos de la Carta Arqueológica de Aragón 1: Localización y Descripción física del yacimiento y su entorno*, Teruel, SAET (col. Cuadernos del Instituto Aragonés de Arqueología, II).
- BURILLO, F., CANO, M.A., LÓPEZ, R. y SAIZ, M.E., en prensa, «Procesos de cambio cultural en la cultura celtibérica ante la llegada de Roma. Un análisis a partir de las excavaciones de Segeda I, Área 3», en *IV Congreso de Arqueología Peninsular*, Algarve, Universidade.
- GRAU, I., 2002, *La organización del territorio en el área central de la Contestania Ibérica*, Alicante, Universidad, Serie Arqueología.
- HODDER, I. y ORTON, C., 1976, *Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- PARCERO OUBIÑA, C., 2002, *La construcción del paisaje social en la Edad del Hierro del Noroeste Ibérico*, Santiago de Compostela, Fundación Federico Maciñeira/Instituto de Estudios Galegos «Padre Sarmiento» (monografías. Ortegalia 1).
- ROYO, I. y CEBOLLA, J. L., 2006, «Bilbilis I: una nueva ciudad celtibérica bajo el casco histórico de Calatayud», en F. Burillo, ed.: *Segeda y su contexto histórico. Entre Catón y Nobilior (195 al 153). Homenaje a Antonio Beltrán Martínez*, Zaragoza/Mara.
- WANSLEEBEN, M., 1988, «Applications of Geographical Information System in archaeological research», en S.P.Q. Rahtz, ed., *Computer and Quantitative Methods in Archaeology 1988*, Oxford, B.A.R. Inter. Ser. 446, II, pp. 435-451.
- WHEATLEY, D. y GILLING, M., 2002, *Spatial Technology and archaeology. The Archaeological Applications of GIS*, New York, Taylor & Francis.
- VILLOCH VÁZQUEZ, V., 2001, «El emplazamiento tubular como estrategia de configuración del espacio social: Galicia en la prehistoria reciente», *Complutum*, 12, Madrid, pp. 35-50.