

# La altura de los faros de época romana en relación con su visibilidad marítima: El Faro de Brigantium y el posible Faro de la campa Torres (Gijón)

Mar ZAMORA MERCHÁN

Universidad Autónoma de Madrid - Dpto. Prehistoria y Arqueología - mar.zamora@uam.es

## Resumen

Aunque son muy escasos los restos arqueológicos de faros costeros de época romana documentados hasta la fecha, parece que, al menos en la zona entre el Cantábrico y el sur de Inglaterra, existían dos categorías de faros en función de sus dimensiones. Se ha planteado el interrogante de si esta dualidad edilicia se debía a causas objetivas (como la importancia del puerto para el Estado romano o las dificultades particulares de la visibilidad del faro), o si por el contrario respondía a diferentes soluciones constructivas propuestas por el arquitecto de la obra (Fernández Ochoa, Morillo, 2009:132).

En este trabajo, a través del estudio de dos de los casos de Hispania (el faro de Brigantium, conocido como Torre de Hércules, y el posible faro de la Campa Torres), pretendemos mediante procedimientos SIG arrojar luz sobre la cuestión de si las dimensiones de los faros estaban o no relacionadas con aspectos particulares de su visibilidad desde el mar.

**Palabras clave:** faros romanos, visibilidad, SIG

## Summary

Very few archaeological remains of Roman coastal lighthouses have been documented to date. However, in respect to building height, it seems that there were two groups of lighthouses in Northern Spain, France and Southern England. C. Fernández Ochoa and A. Morillo recently raised the question of whether this fact was due to Roman State decisions, to visibility practice or to particularities of every building works (Fernández Ochoa, Morillo, 2009:132).

This paper deals with Roman lighthouses height related to visibility. The aim is to assess if visibility practice was the main reason to set lighthouses height. GIS viewshed analysis has been applied to the lighthouse of Brigantium (A Coruña, Spain) and to the hypothetical lighthouse of La Campa Torres (Gijón, Spain).

**Keywords:** Roman lighthouses, viewshed, GIS.

## 1. INTRODUCCIÓN: LOS FAROS DE HISPANIA Y LA PROBLEMÁTICA DE SU ESTUDIO ARQUEOLÓGICO.

La visibilidad de la costa desde el mar desempeñó un importante papel en la navegación marítima antigua, y también lo hicieron los faros costeros.

La información literaria e iconográfica (en monedas, mosaicos, pinturas y relieves) que nos ha llegado sobre los faros en el mundo antiguo es

relativamente abundante (Fakharani, 1974:258; Fernández Ochoa, Morillo, 2009:125), y gracias a dicha información se conoce la existencia de importantes faros como los de Alejandría, Ostia y *Puteoli* (Morillo, 2003). Pero la interpretación de estas fuentes no está exenta de problemas, sobre todo en relación a la distinción entre imágenes reales y estereotipos iconográficos con valor simbólico (Martínez Maganto, 1990:77).

Mucho menor es la información aportada por el registro material acerca de los faros costeros. En toda la cuenca Mediterránea son poco más de una veintena los ejemplos documentados (Bernal Casasola, 2009:87), mientras que en el Atlántico sólo se han conservado algunos restos constructivos de los faros de *Brigantium* y *Duvis* (Morillo, 2003:29; Fernández Ochoa, Morillo, Villa, 2005:142; Fernández Ochoa, Morillo, 2009:125).

Entre lo aportado por unas y otras fuentes de información, los casos en España se reducen al mencionado de *Brigantium* (Hutter, 1973; Hauschild, 1976), a la *Turris Caepionis*, junto a la desembocadura del río Guadalquivir, y al faro de *Gades* así como a otros casos posibles en el entorno del sur peninsular (Martínez Maganto, 1990; Bernal Casasola, 2009).

Situados siempre en zonas visibles desde el mar, en la actualidad los faros costeros advierten a los navegantes de la presencia en sus inmediaciones de lugares peligrosos de los que alejarse. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre hoy, en la Antigüedad la finalidad de los faros costeros era la de indicar la localización de un puerto o lugar seguro para las naves (Martínez Maganto, 1990:72; San Claudio 2003:131; Morillo, 2003:29; Fernández Ochoa *et al.*, 2005:142; Bernal Casasola, 2009:87; Fernández Ochoa, Morillo, 2009:132-133).

No parece haber tanta certeza en cuanto al conocimiento preciso sobre la edificación de este tipo de construcciones (Martínez Maganto, 1990:71). Se les atribuye una morfología y altura variadas, siendo edificios que pueden combinar varios cuerpos geométricos (*Alejandría*, *Taposiris Magna*); torres cuadradas decrecientes (*Ostia*, *Cosa*, *Leptis Magna*); torres de cuerpos geométricos decrecientes (*Gesoriacum*); de un solo cuerpo (*Brigantium*) e incluso redondos (como el que aparece representado en la columna Trajana) (Martínez Maganto, 1990:74).

### 1.1 Faros de época romana en el Cantábrico

Tradicionalmente se ha pensado que en el Atlántico nunca existió un tráfico marítimo romano muy desarrollado debido a las dificultades naturales que esta región presentaba para la navegación. Sin embargo, en la actualidad la investigación supone la existencia de una ruta marítima específicamente

cantábrica enlazando los puertos de la costa Noroeste y Norte de la Península Ibérica como parte de un sistema de navegación de altura que conectaba el Mediterráneo con el Atlántico Norte desde fines de época julio-claudia y sin duda a partir de la época flavia (Fernández Ochoa, Morillo, 1994a:230, 1994b:149, 1994c:31 y ss., 2009:118; Morillo, 2003:19 y ss.).

En el contexto de dicha investigación, recientemente se ha planteado la hipótesis de la interpretación como torre de señales o faro de una torre monumental consagrada a Augusto situada en el extremo del cabo de Torres que señalaba el acceso al puerto de Gijón, el mejor puerto de la costa astur (Fernández Ochoa, Morillo, Villa, 2005).

La estructura de este posible faro de la Campa Torres podría haber alcanzado los 15 ó 20 m de altura, siendo un modelo muy característico de *turris* romana con antecedentes helenísticos y cuya aplicación se encuentra en monumentos funerarios, recintos defensivos, trofeos, monumentos conmemorativos y también faros (Fernández Ochoa, Morillo, Villa, 2005:139).

## 2. OBJETIVO DEL TRABAJO: EDIFICIA Y VISIBILIDAD DE LOS FAROS ROMANOS

C. Fernández Ochoa y A. Morillo (2009) refieren que en la zona atlántica que va desde el área cantábrica hasta el sur de Inglaterra se han identificado cuatro faros de época romana: de dos de ellos se conservan restos materiales inequívocos (el de *Brigantium* en La Coruña, y el de *Duvis*, Dover); de otro, el de la Campa Torres, Gijón, su existencia es una hipótesis coherente, y del cuarto, el faro de *Gesoriacum* (Boulogne-sur-Mer, Francia), existen testimonios literarios e iconográficos. Según los mencionados autores los cuatro monumentos pueden agruparse en dos categorías en función de sus dimensiones: por un lado estarían los casos de A Coruña y Boulogne, que presentan bases en torno a los 20 m de lado; frente a éstos estarían los edificios de Dover y Gijón con bases de módulo mucho menor (10 m de lado), tamaños de base que en los cuatro casos deberían estar proporcionados con la altura del

edificio. Y a continuación plantean el interrogante de si esta dualidad edilicia se debía a algún hecho objetivo (como la importancia del puerto para el Estado romano o las dificultades particulares de la visibilidad del faro), o si por el contrario respondía a diferentes soluciones constructivas propuestas por el arquitecto de la obra (Fernández Ochoa, Morillo, 2009:132).

En este trabajo, a través del estudio de dos de los casos del Norte de *Hispania* (el faro de *Brigantium* (La Coruña, conocido como Torre de Hércules) y el posible faro de la Campa Torres (Gijón), pretendemos mediante procedimientos SIG arrojar luz sobre la cuestión de si las dimensiones de estos dos faros estaban o no relacionadas con aspectos particulares de su visibilidad desde el mar.

El faro de la costa gallega encaja dentro del grupo de los faros de mayores dimensiones de los dos grupos identificados por Fdez. Ochoa y Morillo, con una base cuadrada de aproximadamente 18 m de lado y una altura que se estima superó ligeramente los 40 m (Latorre González-Moro, Caballero Zoreda, 2009). El posible faro de la costa asturiana, con una base de unos 10 m de lado, alcanzaría una altura máxima cercana a los 20 m (Fernández Ochoa, Morillo, Villa, 2005:139), aproximadamente la mitad de la altura que alcanzaba el faro de *Brigantium*.

Teniendo en cuenta esas dos posibles medidas para la altura de un faro (40 y 20 m), nuestro objetivo concreto será averiguar qué diferencia había entre la amplitud de la visibilidad del faro de *Brigantium* con la altura que se le atribuye (40 m) y entre la amplitud visual que hubiese tenido de haberse construido una torre del módulo menor, el de 20 de altura, a fin de encontrar o descartar en la visibilidad las razones tenidas por sus constructores para elevar tanto la torre del faro. Después haremos lo mismo con el caso de la Campa Torres, averiguar la distancia máxima de su visibilidad desde el mar en el caso de haber tenido 20 m de altura y también en el caso de haber alcanzado los 40 m, a fin de averiguar por qué en esta ocasión no se decantaron por construir una altura mayor (siempre teniendo en cuenta que la identificación de un faro en este lugar es aún una hipótesis de trabajo).

Las cuestiones particulares a resolver serán:

- 1.- Averiguar si existían determinadas zonas marítimas próximas a la costa (puntos en rutas de navegación) desde las que se podría haber divisado la luz del faro en el caso de que la estructura construida hubiese tenido 40 m de altura pero no hubiese ocurrido así de haber tenido una altura igual a 20 m, lo que justificaría la elección entre una altura u otra.
- 2.- Valorar la diferencia de alcance máximo de visibilidad posible desde el mar con una y otra altura en los dos faros analizados.

### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA: LOS SIG Y EL ANÁLISIS DE LA VISIBILIDAD

El estudio de la visibilidad del paisaje en contextos de la Antigüedad (sistemas de atalayas, control visual del entorno desde los *oppida*, etc.) ha recibido cierta atención por parte de la comunidad científica desde tiempo atrás (Schüle, 1968; Balil, 1977; Renfrew, 1979; Fraser, 1983, entre otros). El método de análisis consistía, básicamente, en la cuantificación de la cuenca visual (extensión del área visible) y de la intervisibilidad (positiva o negativa) de los asentamientos, y se hacía mediante la observación sobre el terreno con la ayuda de cartografía analógica (Renfrew, 1979; Fraser, 1983), o también con simulaciones tales como el uso en condiciones de oscuridad de una maqueta del terreno y un punto de luz situado en el lugar de observación (Felleman, 1986:57).

Sin embargo, en las últimas décadas hemos asistido a un notable aumento de publicaciones en las que aparecen análisis de visibilidad gracias a la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta de trabajo consistente en una base de datos alfanumérica asociada a información cartográfica mediante identificadores comunes, todo ello en soporte digital y procesado con programas informáticos exclusivos. Dichos programas permiten la captura y la gestión de datos, así como la simulación de situaciones espaciales reales sobre un modelo digital del terreno. Por un fenómeno de identificación de contenido y continente estos programas se conocen también con el nombre de

SIG o programas SIG. Su utilidad estriba en las facilidades que la informática otorga al tratamiento simultáneo de grandes cantidades de datos, y en la amplia gama de cuestiones de análisis espacial que el programa puede responder (por ejemplo cálculo de distancias entre dos o más localidades, cálculo de pendientes del terreno, de visibilidad en torno a un punto; realización de mapas temáticos en función del contenido de la base de datos; análisis estadísticos de datos y distribución espacial de los casos; además de la posibilidad de añadir módulos programados por el propio usuario)<sup>1</sup>.

Una de las funciones de los Sistemas de Información Geográfica es el llamado cálculo de visibilidad. En inglés recibe el nombre de *viewshed*, y consiste en la generación de la superficie potencialmente visible en torno a un punto de observación indicado por el usuario. Para su realización, además de un programa SIG que disponga del comando apropiado, es necesario disponer de un Modelo Digital del Terreno (MDT), es decir, una simulación dentro del ordenador de las formas del relieve terrestre en el área de estudio. Sobre este MDT el programa SIG trazará líneas imaginarias desde el punto de observación hasta todos aquellos puntos que constituyen el primer obstáculo topográfico encontrado en cada dirección, tanto en la vertical como en la horizontal, dando como resultado un área que teóricamente se corresponde con la superficie de la Tierra que en teoría se divisa desde el lugar de observación.

El resultado del cálculo es una imagen digital, normalmente una matriz de celdillas (píxeles), donde todas aquellas áreas de terreno (celdas o píxeles en la imagen digital) que son visibles desde el lugar de observación son codificadas con un número 1, mientras que las que quedan fuera de su alcance visual reciben un valor de 0. El resultado es una imagen binaria, un conjunto de píxeles codificados con ceros y unos que el programa transforma en una imagen más fácilmente legible por el usuario otorgando un distintivo gráfico entre ambos códigos, normalmente colores diferentes. Este sencillo cálculo puede hacerse mucho más complejo a medida que se introduz-

can variaciones en el mismo tales como aumentar el número de observadores potenciales (denominados cálculos de visibilidad múltiple), y también puede hacerse más definido, por ejemplo, limitando el radio de alcance visual, calculando si existe visibilidad desde el punto de observación hacia un lugar muy concreto del paisaje en vez de hacia un área extensa y poco definida, entre otras posibilidades (Ruggles *et al.*, 1993; Wheatley, 1995; Llobera, 1996, 2003; Madry, Rakos, 1996; Wheatley, Gillings, 2000, 2002; Zamora, 2006a, 2006b; entre otros muchos autores).

La aparición de la tecnología SIG ha venido a facilitar las tareas de cálculo popularizando el análisis de la visibilidad en Arqueología. Ello es debido, básicamente, a tres mejoras con respecto a los métodos de estudio tradicionales:

- 1.- la mayor rapidez y precisión en el cálculo del área visible que ofrecen los programas SIG frente a la laboriosa tarea de calcular la superficie visible desde un determinado lugar mediante la observación directa en el campo y/o con la ayuda de la cartografía analógica;
- 2.- la rapidez en el cálculo permite, a su vez, la posibilidad de realizar análisis de grandes extensiones de terreno, tarea que por el método tradicional resultaba inabarcable;
- 3.- la posibilidad de integrar en el SIG el resultado del cálculo informático de visibilidad junto con otra serie de datos espaciales, y realizar después otros nuevos análisis.

El éxito de la tecnología SIG en el estudio de la visibilidad ha sido tal que el cálculo informático de visibilidad tiende a ser considerado como el modo en el que más han contribuido los Sistemas de Información Geográfica al estudio del paisaje antiguo (idea recogida en Wheatley, Gillings, 2000:1). De hecho, en Arqueología se utiliza para arrojar luz sobre diversas cuestiones tales como la identificación de unidades territoriales (Montilla *et al.*, 1989; Lock, Harris, 1996), la conexión visual entre asentamientos (Grau, 1998; Swanson, 2003; Ruestes, 2006), la defensa del asentamiento (Berrocal Rangel, 2004) o la reconstrucción de

<sup>1</sup> Más información y comentarios sobre la definición, el origen de los SIG y su uso en Arqueología en Baena, 1993:13

y ss., Espiago, Baena, 1997 y Bermúdez, 2000:64-82.

antiguos suelos de ocupación en la actualidad erosionados (Bell, 1999).

Pero aunque el cálculo de visibilidad se realiza con un algoritmo simple y con equipos informáticos potentes, existen límites en las capacidades de ambos (Felleman, 1986:57). Así, la investigación viene demostrando que el resultado del cálculo informático de visibilidad puede variar según se utilice un programa informático u otro, según se utilice un tipo de Modelo Digital del Terreno u otro, o según los valores de los parámetros y/o la cantidad de parámetros elegidos para realizar el cálculo. Todo esto introduce un alto grado de incertidumbre en el resultado obtenido. En consecuencia, en los trabajos sobre visibilidad que utilizan herramientas SIG, ha sido frecuente encontrar comentarios al respecto de la existencia de estos desajustes, tanto los internos de la propia técnica como los existentes entre técnica y realidad, que lejos de ahuyentar al investigador han promocionado un viejo campo de investigación no demasiado popular en Arqueología hasta la fecha de aparición de los SIG<sup>2</sup>.

El estudio de la visibilidad marítima se ve afectado también por algunos de estos aspectos, tales como el contar o no con la curvatura de la Tierra, la resolución del MDT o el incumplimiento de la reciprocidad en la visión. Sin embargo, hemos tratado de minimizar la incertidumbre que aportan dichos aspectos en base a lo considerado en trabajos previos a los que remitimos (Zamora, 2006a, 2006b).

#### **4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO: LA VISIBILIDAD DEL FARO DE BRIGANTIUM Y DEL POSIBLE FARO DE LA CAMPA TORRES**

Una de las aplicaciones más útiles del cálculo de la visibilidad mediante SIG se produce en los casos en los que uno o ambos de los lugares supuestamente intervisibles ha perdido su altura

original. Mediante la asignación por parte del usuario de un valor conocido para el parámetro “altura del observador” (y también “altura de lo observado”), el programa informático simula una elevación hoy inexistente (por ejemplo una torre) en un lugar concreto sobre un modelo digital del terreno real, y calcula la amplitud de la visibilidad existente desde o hacia dicho lugar cuando aún conservaba la altura hoy perdida.

En el ámbito de la Arqueología, puesto que la gran mayoría de las estructuras destinadas en el pasado a la observación del territorio o a la emisión de mensajes visuales han sufrido la pérdida de su altura original esta aplicación informática resulta ser de gran utilidad.

#### **4.1- Procedimiento realizado: faro de Brigantium**

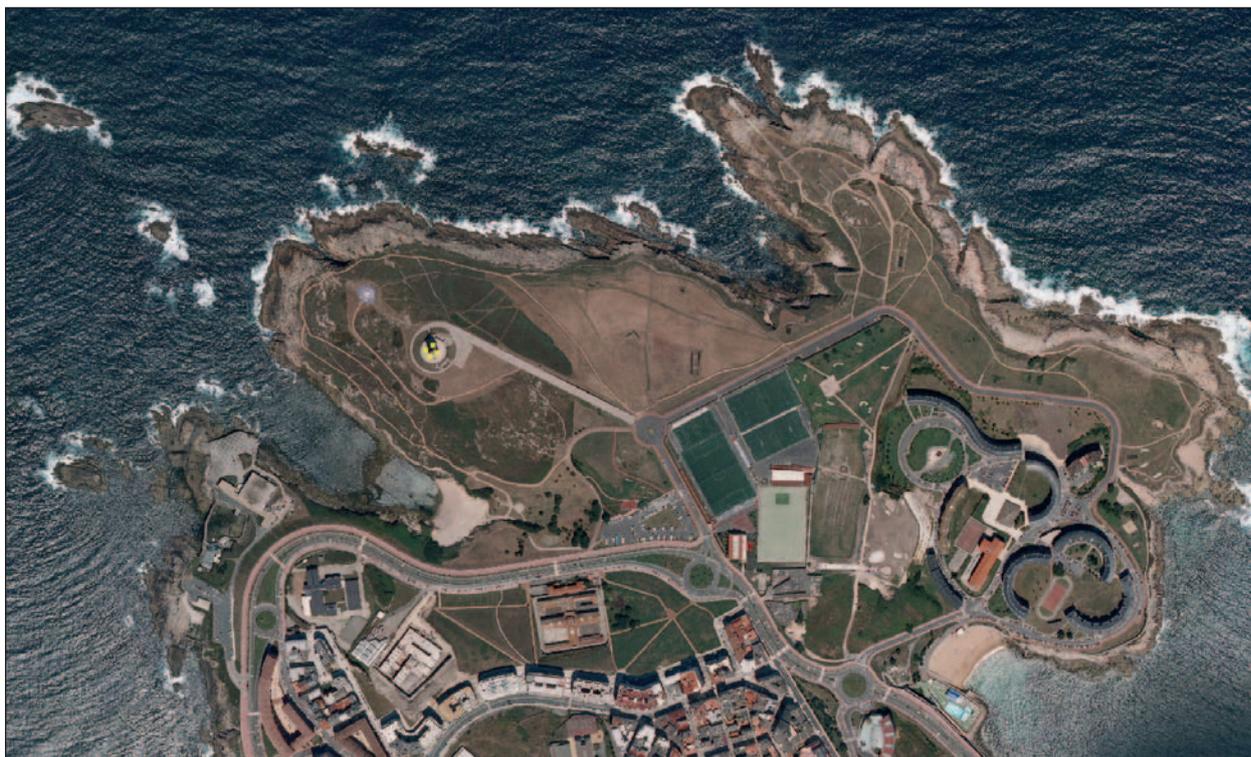
Para responder a la pregunta planteada en el epígrafe de objetivos procedimos a calcular la visibilidad desde el enclave del faro de *Brigantium* primeramente suponiendo para la torre una altura de 40 m, como así se estima que tuvo (Latorre González-Moro, Caballero Zoreda, 2009), y después como si hubiese sido una edificación del tipo menor de los registrados, el de 20 m de altura. Para ello se situaron varios puntos de observación sobre la localización del faro identificado a través de ortofotografía aérea georreferenciada (Figura 1)<sup>3</sup>.

Posteriormente se realizaron dos cálculos de visibilidad. El primero de ellos se realizó asignando una altura a la construcción del faro de 40 m (OFFSET A). Para el segundo cálculo se eligió una altura del faro de 20 m. En ambos casos se asignó una altura de 4 m a la hipotética nave sobre la superficie del mar (OFFSET B). Esta altura de 4 m es probablemente demasiado pequeña para determinados tipos de embarcaciones, y en gene-

<sup>2</sup> Una recopilación de los trabajos que han identificado éstas y otras cuestiones metodológicas del análisis de visibilidad mediante SIG en Zamora, 2006a.

<sup>3</sup> La cartografía digital vectorial utilizada en este trabajo para la realización de los cálculos de visibilidad ha sido la Base Cartográfica Nacional a escala 1:25.000 (BCN25) del Instituto Geográfico Nacional, que contiene curvas de nivel

y cotas de altitud. Las ortofotografías proceden del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), también del Instituto Geográfico Nacional. Dicha información cartográfica está disponible *online* a través del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) en <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>.



**Figura 1.** Ubicación del faro de *Brigantium* (Torre de Hércules) en A Coruña. Imagen: Ortofotografía del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, Instituto Geográfico Nacional.

ral muy discutible dado el movimiento irregular de la superficie marina. La hemos elegido como primera aproximación al problema, y puesto que será aplicada en todos los casos de faros analizados en este trabajo, los resultados de los análisis serán comparables entre sí en la misma medida.

Aunque en la realidad el ejercicio de la visibilidad ocurriría en sentido contrario (desde la nave hacia el faro, es decir, el OFFSET A en el cálculo debería ser 4 m y el OFFSET B 40 y 20 m en cada caso), la reciprocidad en la visión se cumpliría porque la altura del observador y altura de lo observado han sido intercambiadas en igual medida, y esta solución aligera sobremanera el tiempo requerido para el cálculo <sup>4</sup>.

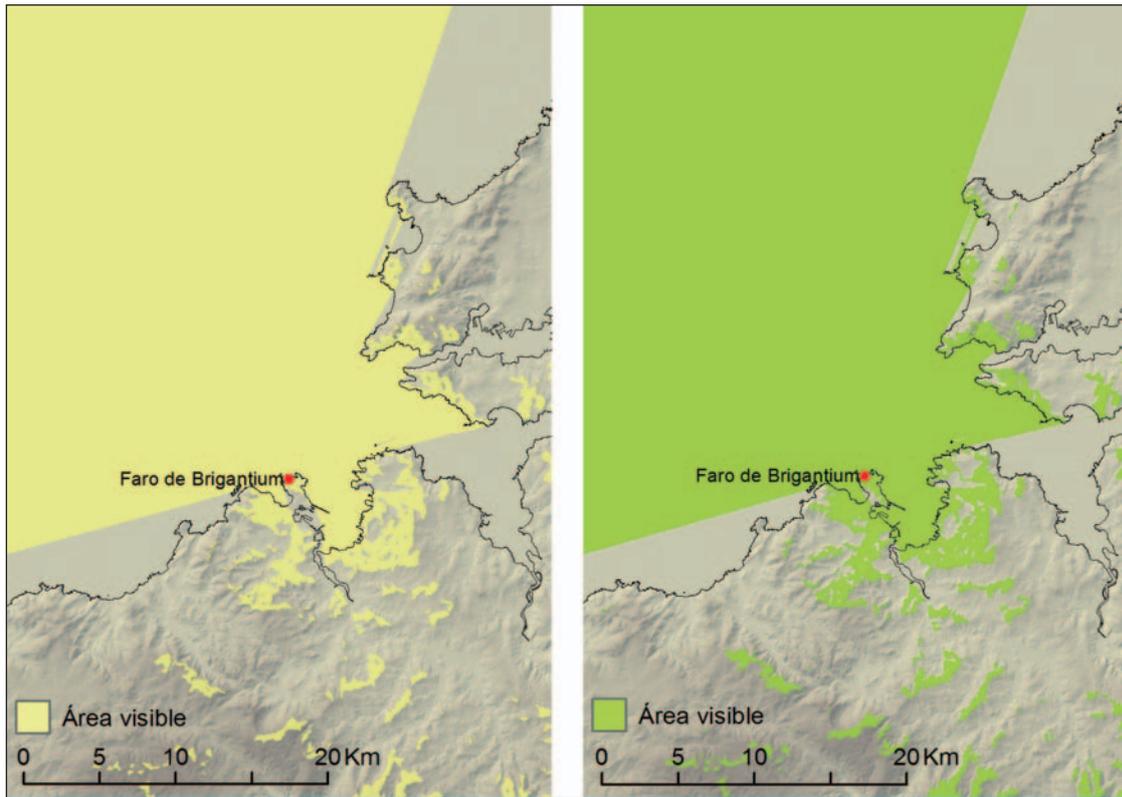
Se asignó un radio de alcance visual ilimitado, de modo que el límite de fin de alcance visual viene dado en todos los cálculos realizados por el efecto de la curvatura de la Tierra (Figuras 2 y 3).

#### **4.2.-Procedimiento realizado: caso de la Campa Torres**

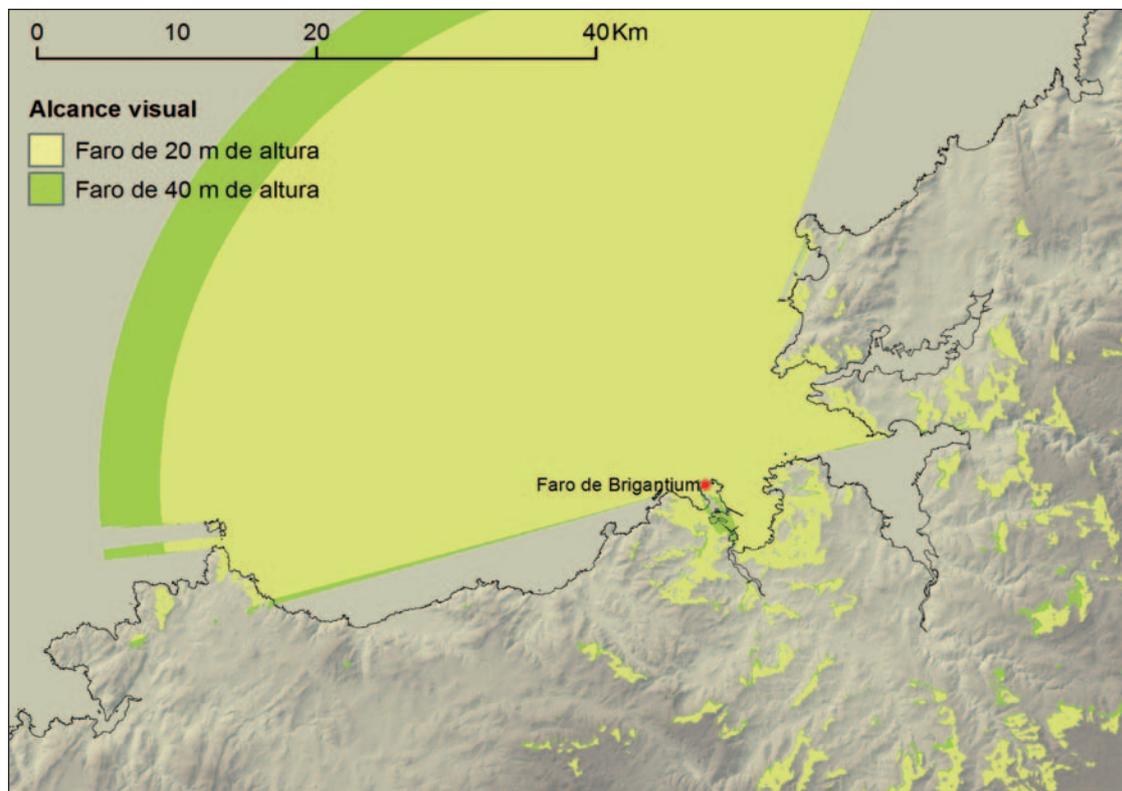
En el caso del posible faro de la Campa Torres (Gijón) o faro de Torres se ha seguido un procedimiento similar al del caso anterior. Como la ubicación exacta del posible faro se desconoce, hemos elegido un enclave basándonos en la información gráfica contenida en Fdez. Ochoa, Morillo y Villa, 2005:figs. 7 y 9.

<sup>4</sup> La reciprocidad en la visión entre dos enclaves no está asegurada con la comprobación de que desde uno de ellos se vea el otro (Fraser, 1983:301-303; Fisher, 1996:1298; Wheatley, Gillings, 2000, 2002:210-211; Gillings, Wheatley, 2001:32). Las posibles diferencias entre la altura de los observadores pueden provocar que la visibilidad se produzca tan sólo en un sentido. Sólo se puede deducir reciprocidad en la visión si se otorga un valor idéntico al *offset*

*a* y al *offset b* (Fisher, 1996:1298; Llobera, 2003:35), o también si se intercambian los valores entre ellos (Zamora, 2006:106) tal y como hemos hecho aquí. Pero hay que tener en cuenta que no todos los programas informáticos permiten al usuario definir la altura del observador y de lo observado al realizar los cálculos de visibilidad (Wheatley, Gillings, 2002:211).



**Figura 2.** Visibilidad costera desde el faro de *Brigantium*. Imagen de la izquierda: amplitud de la visibilidad del faro considerando una altura ficticia de la torre de 20 m (véase epígrafe de objetivos). Imagen de la derecha: amplitud de la visibilidad del faro considerando su altura real aproximada (40 m.).



**Figura 3.** Radio de alcance visual teórico, y en condiciones óptimas de visibilidad, del faro de *Brigantium*. Se han superpuesto los resultados de los 2 cálculos de visibilidad realizados (altura de la torre de 40 m y altura de la torre de 20 m) (véase epígrafe de objetivos).

Para recrear sobre el terreno la posible estructura del faro de Torres se generó una capa de información georreferenciada y se incluyeron en ella sobre la ubicación elegida los puntos de observación de una estructura de planta cuadrada de unos 10 m de lado (Figura 4).

Después se procedió a la realización de un cálculo de visibilidad de radio ilimitado contando con una altura del faro de 20 m y otro cálculo en el que la altura del faro se estableció en 40 m (Figuras 5 y 6).

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

### 5.1.- Caso 1: *Brigantium*

Los resultados obtenidos en el caso del análisis de visibilidad de faro de *Brigantium* pueden observarse en las Figuras 2 y 3.

La visibilidad de las zonas marítimas cercanas a la costa parece ser la misma independientemente de la altura asignada a la torre (20 ó 40 m); no hay ningún promontorio rocoso o cabo suficientemente alto y cercano al faro que impida su visibilidad desde zonas marítimas muy próximas a la costa tanto si la altura de la torre se establece en 20 m como si se eleva a 40 m.

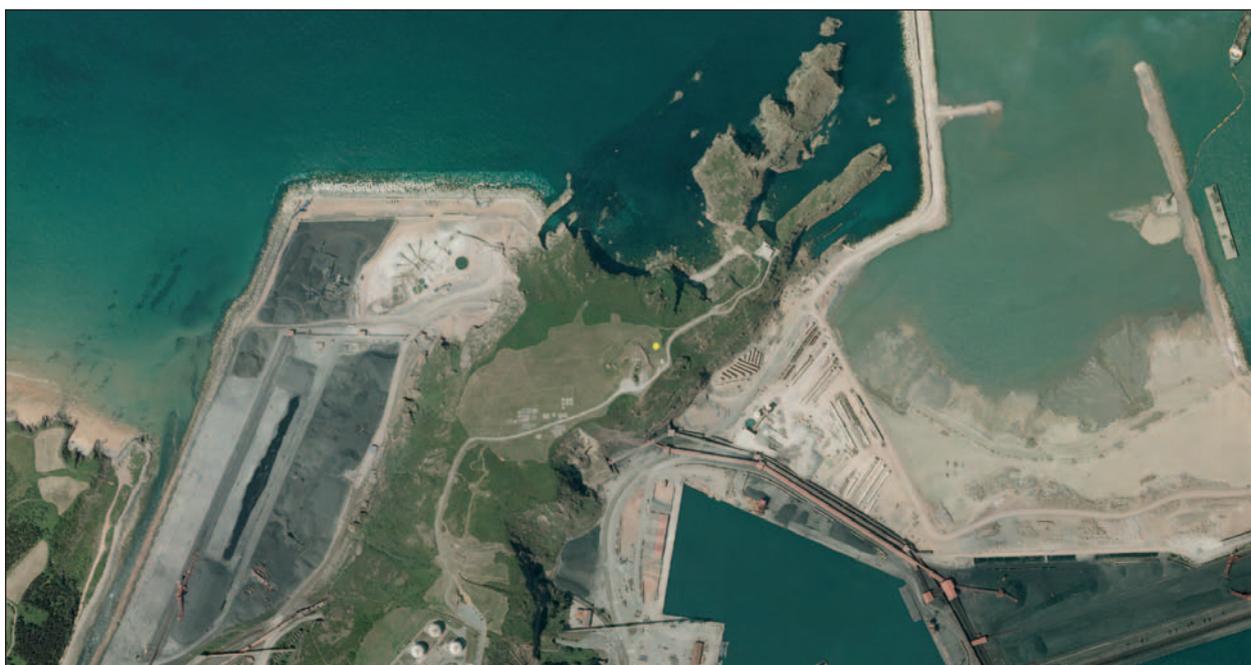
En cuanto a la visibilidad desde alta mar, si la luz señalizadora del faro de *Brigantium* se hubiese situado sobre una torre de 20 m de altura, la distancia máxima posible de visibilidad en condiciones climatológicas óptimas sería de unos 39 km mar adentro. Al elevarse sobre una torre de 40 m la distancia máxima de visibilidad hacia el mar se aumentaría hasta algo más de 43 km.

### 5.2. Caso 2: la Campa Torres

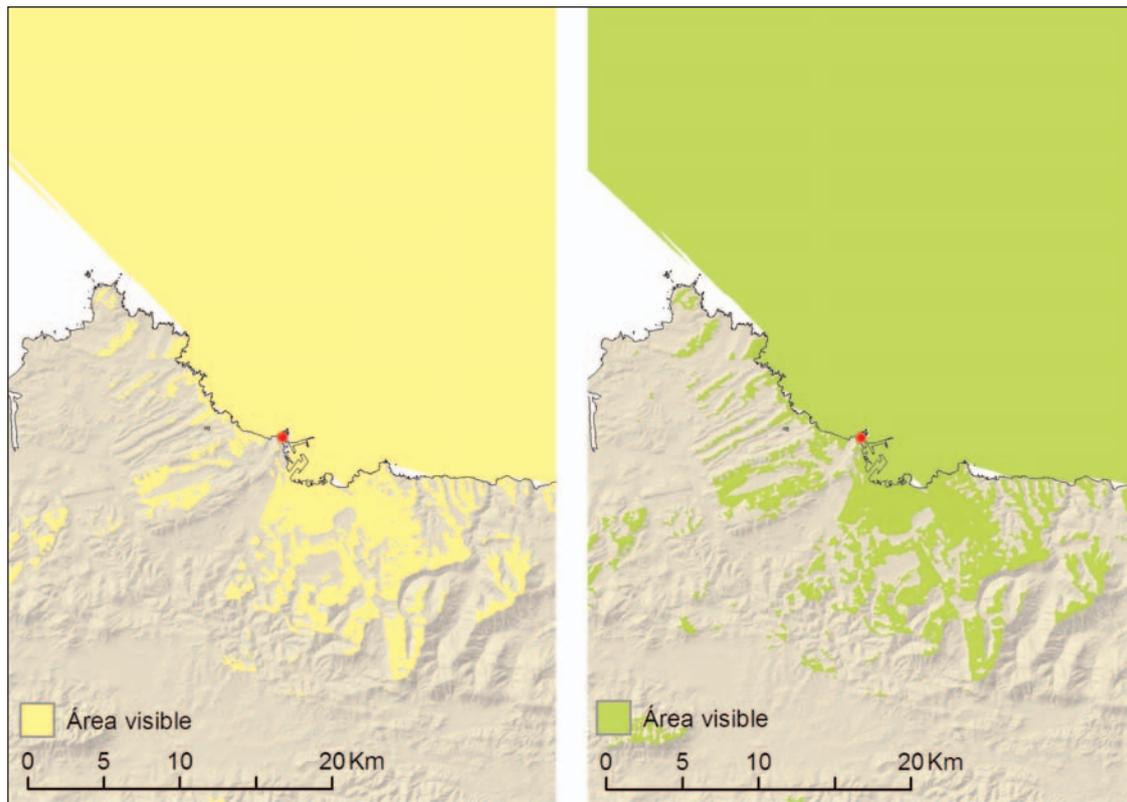
El resultado de los cálculos de visibilidad informáticos para el caso asturiano puede observarse en la Figuras 5 y 6.

Al igual que ocurría con el faro de *Brigantium*, desde las zonas marítimas próximas a la costa se divisaría la luz de un faro situado en la Campa Torres tanto si la estructura del faro tuviese 40 m de altura como si tuviese sólo 20 m, puesto que no parece existir una gran diferencia entre las zonas visibles costeras en ambos cálculos.

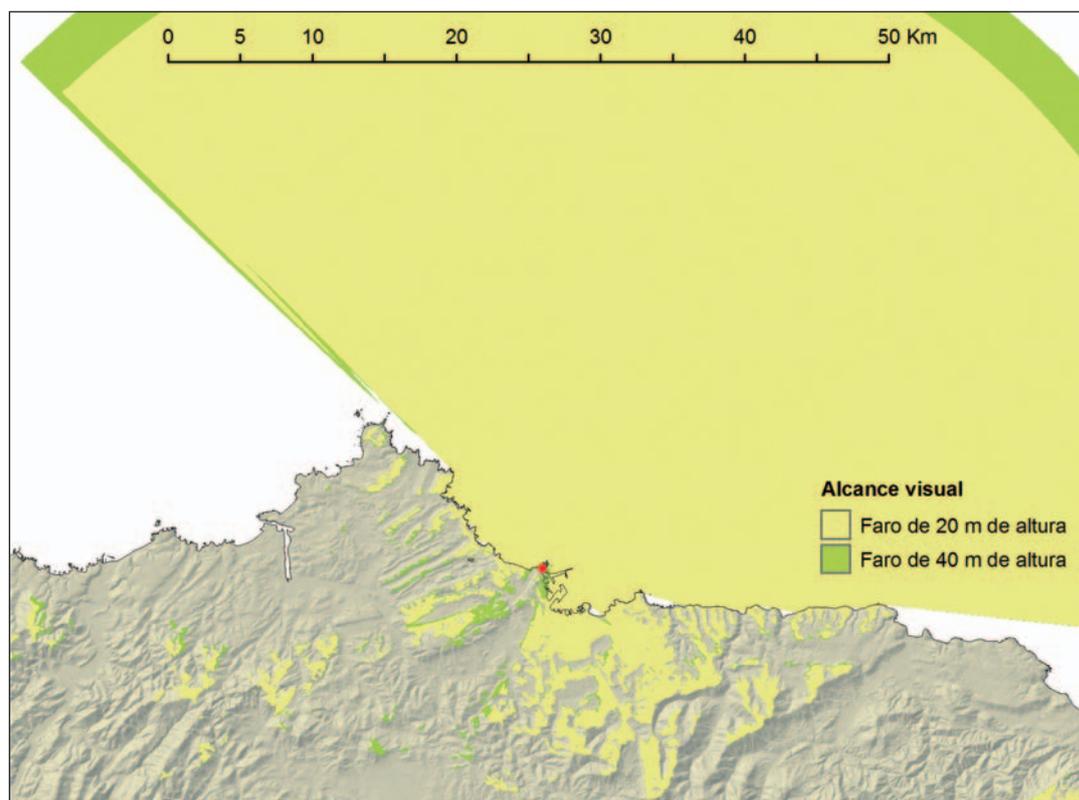
En cuanto al alcance máximo de la visibilidad mar adentro, en el caso de realizar los análisis asignando una altura de 20 m al posible faro la distancia máxima de alcance visual habría sido casi de 47 km. Si el faro hubiese sido del tipo de mayor altura, 40 m, en condiciones óptimas de visibilidad su visibilidad habría llegado a superar los 50 km de distancia.



**Figura 4.** Ubicación del posible faro de la Campa Torres (Gijón) según datos de Fernández Ochoa, Morillo y Villa 2005. Imagen: Ortofotografía del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, Instituto Geográfico Nacional.



**Figura 5.** Visibilidad costera desde el emplazamiento del posible faro de la Campa Torres. Imagen de la izquierda: amplitud de la visibilidad del faro considerando la máxima altura estimada para la torre (20 m). Imagen de la derecha: amplitud de la visibilidad del faro considerando una altura ficticia de 40 m (véase epígrafe de objetivos).



**Figura 6.** Radio de alcance visual teórico, y en condiciones óptimas de visibilidad, del posible faro de la Campa Torres. Se han superpuesto los resultados de los 2 cálculos de visibilidad realizados (suponiendo una altura ficticia de la torre de 40 m y una altura de 20 m) (véase epígrafe de objetivos).

## 6. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO

En función de los resultados obtenidos con los cálculos de visibilidad, se plantean al menos dos cuestiones (Figura 7):

FIGURA 7. Alcance de la visibilidad marítima		
	Faro de <i>Brigantium</i>	Campa Torres
Altura = 20 m	39 km	46,9 km
Altura = 40 m	43,4 km	50,5 km

- 1.- *Sobre la distancia máxima de visibilidad:* en lo que respecta a las distancias de visibilidad obtenidas, parece que la intención de la altura real de ambos faros era alcanzar una distancia que se dirime en el entorno de los 40-45 km de distancia. Pero ¿habría sido posible distinguir la señal luminosa de un faro a una distancia de la costa de 40 km o más? ¿Se trata de una distancia demasiado lejana como para ser significativa una diferencia de alcance visual de 4 km más o de 4 km menos (la diferencia aproximada de alcance visual que parece existir si se observa desde una torre de 20 o de 40 m de altura en los dos casos analizados)?
2. *Sobre la topografía del sitio y la visibilidad del faro:* según los resultados obtenidos, en el sitio de la Campa Torres, para igualar y hasta superar, la distancia máxima de visibilidad del altísimo faro de *Brigantium*, habría sido

suficiente con construir un faro de tan sólo 20 m de altura (de hecho habría bastado con que fuese de 15 m o incluso de 10 m). Ello se explica por la diferencia de altitud existente entre el enclave sobre el que se localiza el faro de *Brigantium* (a 50 m.s.n.m.) con respecto a la altitud del cabo de la Campa Torres (90 m.s.n.m.). De ello podría deducirse la conclusión lógica de que la altitud del enclave sobre el que situar un faro condicionaba la altura de la construcción.

### 6.1 Distancia máxima de visibilidad

Para dar respuesta a la cuestión de si era posible divisar la luz de un faro desde 40 ó más km de distancia a la costa haría falta, en primer lugar, conocer cómo era el tipo de señal luminosa empleada.

Según la información de las fuentes clásicas, la característica más generalizada en el ámbito greco-latino acerca de las señales visuales era el empleo de columnas de humo durante el día y de señales de fuego durante la noche (Balil, 1977:835; Woolliscroft, 2001:22; Martínez Maganto, 1990:75). Y entre ambos tipos era el de hoguera nocturna el que más largo alcance visual podía tener, siendo por tanto la noche el momento más adecuado para la transmisión de señales (Balil, 1977:839)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> “Los griegos fondeados en Artemisio se enteraron de lo ocurrido por señales que, con antorchas, les hicieron desde Esciatos. Y, ante aquellas noticias, levaron anclas, abandonando aterrorizados el Artemisio, y pusieron proa a Calcis, para custodiar el Euripo, si bien dejaron vigías en las alturas de Eubea” (Heródoto VII,183). “... sin embargo Mardonio no les prestó oídos: en su corazón había anidado un irresistible deseo de tomar por segunda vez Atenas, motivado, en parte, por una estúpida arrogancia y, en parte, porque, mediante señales transmitidas, de isla en isla, con hogueras, tenía pensado comunicarle al monarca, a la sazón en Sardes, que se había apoderado de Atenas” (Heródoto IX,3,1). “... y al caer la noche los fuegos de señales les anunciaron que desde Léucade se acercaban sesenta naves atenienses...” (Thuc. III,80,2). “Los atenienses, que estaban en Sesto con dieciocho naves, cuando los vigías hicieron fuegos de señales y vieron que de repente aparecían muchas hogueras en la costa enemiga, se enteraron de que los peloponesos se disponían a entrar en los estrechos” (Thuc. VIII,102,1). “Hay que dar a los guardias diurnos la orden de enarbolar de vez en cuando las señales convenidas, de manera similar a como alzan las antorchas durante la noche los portadores de las señales de fuego” (Aen. Tact. VI,7). “Es necesario, además, que nadie lleve linternas ni ninguna otra clase de

luz nocturna para ir a acostarse. En efecto, así ha ocurrido en otras ocasiones con ciertas personas que, puesto que se les ha impedido completamente promover una revolución y colaborar con los enemigos, como era su intención, han ideado el siguiente plan: llevando luces a los puestos de guardia —unos, antorchas, y otros, linternas—, con cestos y mantas para tener con qué acostarse, transmiten con estas luces las contraseñas convenidas. Por ello, es preciso desconfiar de todas estas artimañas.” (Aen. Tact. X,25). “Pero Aníbal transmitía señales de fuego, que hacía continuamente desde la ciudad, y enviaba constantes mensajes a Hannón advirtiéndoles que la masa ya no podía soportar el hambre, y que muchos de los suyos, empujados por la necesidad, estaban desertando hacia el enemigo” (Plb. I,19,7). “Algún tiempo después, César, dada la señal de fortín a fortín con humo, según costumbre, vino a aquel mismo lugar con algunas cohortes sacadas de las guarniciones” (Caes., BCiv. III,65). “... se apoderaran de cualquiera de las otras dos que pudieran y le hicieran una señal con humo. Y cuando fue divisado el humo, les atacó de frente y, después de luchar con denuedo durante tres horas, se apoderó de la ciudad” (App., BCiv. I,6,51).

En el caso particular de los faros, la torre construida servía para incrementar la señal de un fuego elevándolo en altura a fin de posibilitar un mayor dominio visual (Martínez Maganto, 1990:75). Pero aún no se tiene aún un conocimiento adecuado sobre los sistemas de iluminación.

La columna Trajana muestra torres con un sistema de iluminación muy sencillo en el que la señal visual se realiza mediante antorchas que asoman a través de los vanos superiores (Stevenson, 1959, tomado de Fernández Ochoa, Morillo, Villa, 2005:143). Pero también existen algunos testimonios del empleo de métodos de señalización más sofisticados, por ejemplo el uso de superficies (espejos) que actuasen como magnificadores de la luz encontró aplicación práctica en obras de ingeniería como el faro de Alejandría (Plantzos, 1997:461). El material más usado para la combustión sería la madera, contemplándose el uso de materias alternativas como el aceite y el carbón en zonas en las que aquella escasease (Martínez Maganto, 1990:75).

La escasa y dispar información disponible sobre los sistemas de iluminación de los faros de época romana hace que no estemos aún en condiciones de conocer en detalle cuál sería la intensidad ni características de la señal luminosa emitida, lo que limita considerablemente esta vía como medio de acercamiento para conocer la distancia máxima desde la que se podía identificar la luz de los faros analizados.

Por otro lado, la complejidad de los factores que intervienen en el ejercicio de la visibilidad (agudeza visual del observador, características del objetivo visual, condiciones atmosféricas, etc.) contribuye a dificultar la tarea de calcular a qué distancia un determinado objeto ha podido ser visible en la Antigüedad (Ogburn, 2006:8).

La distancia máxima de alcance visual del entorno que suele considerarse en los estudios arqueológicos del territorio oscila ampliamente entre unos casos y otros. En la mayoría de los trabajos que analizan redes de comunicación visual (normalmente entre atalayas aunque con frecuencia también entre asentamientos), la distancia máxima de visibilidad convenida, que en algunos de los casos se ha comprobado experimentalmente, suele corresponder con la distancia existente entre los dos nodos de la red más alejados entre sí. Así, en la bibliografía encontramos, por ejemplo, distancias adecuadas para la transmisión de señales visuales de 7 km (Salvatierra *et al.*, 1989), de 8 km (Ruiz, Molinos, 1984), de 10 km (Bonet, Mata, 1991), de 14 km (García Rincón, 1987:214), de 20 km (Ozawa *et al.*, 1995:159) y de más de 20 km incluso bajo condiciones climatológicas adversas (Allepuz, 2001:208)<sup>6</sup>.

Swanson (2003) realizó un estudio sobre la intervisibilidad en una red de atalayas en el área del yacimiento de Paquimé (México) (siglos XIII al XV). La distancia que utilizó como máxima para la comunicación visual entre atalayas fue de 60 km. Esa distancia de 60 km fue un término medio entre las distancias máximas para la comunicación visual registradas experimentalmente por Di Peso *et al.* (1974) y etnográficamente por Ellis (1991) (conocidos ambos trabajos por Swanson, 2003), y se refiere a la distancia máxima de visibilidad para distinguir señales de fuego durante la noche y bajo buenas condiciones de visibilidad (Swanson, 2003:760). Di Peso comprobó que, durante la noche, una planta de yuca seca ardiendo sobre un cerro cerca de Paquimé era visible desde al menos 42 km, distancia que podía aumentar si se aumentaba el tamaño del fuego (Di Peso *et al.*, 1974:867). Ellis refiere datos etnográficos y etnohistóricos registrados en el suroeste de EEUU y norte de México que indican una distancia máxima de 72 km para divisar

<sup>6</sup> En los casos en los que se considera una red de comunicación visual entre asentamientos (y no sólo entre torres atalayas) se corre el riesgo de deducir una distancia máxima para la comunicación visual de lo que en realidad podría ser “la

suma de los límites de territorio de los asentamientos” (Díes Cusí, 1991:175). Un comentario más amplio sobre esta cuestión en Zamora, 2006a, pp. 246-249.

un fuego (Ellis, 1991). Sin embargo, puesto que el fuego es más visible durante la noche, los experimentos realizados por Ellis durante el día con humo y espejos de selenita (yeso cristalizado) arrojaron una distancia máxima para la comunicación en torno a 8 km (Ellis, 1991:63 en Swanson, 2003), una diferencia de alcance visual entre el día y la noche sorprendentemente amplia.

En la superficie del mar, el efecto de la curvatura de la Tierra no permite ni en condiciones atmosféricas óptimas divisar un promontorio costero de 50 ó 100 m de altitud a tan larga distancia (72 km). Pero el testimonio resulta interesante a la hora de valorar el alcance visual de una hoguera nocturna, aunque no se especifica bien el tamaño de esa hoguera que es a todas luces un dato clave para valorar la distancia de alcance visual.

La navegación en época romana se realizaba sin perder de vista la costa, evitando travesías nocturnas, soslayando acantilados y rompientes (Fernández Ochoa, Morillo, 2009:132).

Schüle calculó que un escollo que se encuentre a 9 m.s.n.m. dejará de ser visible por un observador en el mar a una distancia de 11,4 km, y de 190 km si se trata de un pico terrestre de 2500 m de altitud, por lo que la navegación a vista de la costa en condiciones óptimas de visibilidad cubriría un amplio espacio en las aguas mediterráneas debido a la frecuente existencia de cadenas montañosas costeras (Schüle, 1968:458)<sup>7</sup>.

Díes Cusí, por el contrario, y refiriéndose también al Mediterráneo, discrepa de ello y afirma que la práctica “demuestra que a partir de diez millas, en condiciones normales, la costa desaparece de la vista, aun existiendo en ella grandes alturas” (Díes Cusí, 1994:11)<sup>8</sup>. Este mismo autor menciona que cuando las señales de visualización se emple-

an como medio de comunicación habitual, serían las condiciones visuales mínimas las que determinarían las distancias seguras para colocar un observador, y opina que en el mundo antiguo, salvo condiciones excepcionales, la capacidad de ver tierra firme desde el mar no superaría las quince o veinte millas<sup>9</sup>, descartando una navegación de altura a la vista de la costa (Díes Cusí, 1994:11).

Volviendo sobre los datos obtenidos para los casos analizados en este trabajo, sólo en condiciones óptimas de visibilidad sería relevante la diferencia de alcance visual entre un faro de 20 m de altura o de 40 m. Las condiciones climatológicas adversas impedirían beneficiarse de la visibilidad óptima que permite la inexistencia de impedimentos topográficos entre una nave en el mar y la luz o la torre del faro. Las brumas, la evaporación del agua y las nieblas bajas condicionan considerablemente la visibilidad del navegante en el mar, y aunque en la Antigüedad la navegación se limitaba a los meses de verano, las condiciones óptimas de visibilidad se producen durante muy pocos días (Luzón Nogué, Coín Cuenca, 1986:77). Por tanto, al verse reducida la visibilidad a entornos más próximos a la costa (por ejemplo, a 30, 20 o menos kilómetros de distancia), podría dejar de ser relevante la ventaja espacial conseguida con la altura mayor del faro en los dos casos particulares analizados.

## 6.2. Topografía del sitio y visibilidad del faro: otros casos de faros en *Hispania*

La ventaja del emplazamiento del posible faro de la Campa Torres, que permitía un dominio visual mayor que el del faro de *Brigantium* incluso teniendo una torre de la mitad de altura que el coruñés, se debía, como dijimos, a la diferencia de altitud existente entre el enclave sobre el que se localiza el faro de *Brigantium* (a 50 m.s.n.m.) con respecto a la altitud del cabo de la Campa Torres (90 m.s.n.m.).

<sup>7</sup> Hecha la comprobación con SIG, un promontorio de unos 9 m.s.n.m. deja de verse desde el mar a 12,5 km de distancia de la costa sólo contando con que el observador esté al nivel de la propia superficie marina. Desde una nave 4 m por encima del agua el promontorio dejaría de verse a 20 km de distancia. Respecto a las otras distancias mencionadas por

Schüle, se refieren a grandes elevaciones costeras, lo que deja al margen los, como mucho, menos de 100 m de altura sobre el mar a los que se encontraría la luz de un faro como los considerados en este trabajo.

<sup>8</sup> Una milla náutica = 1,852 km.

<sup>9</sup> Unos 27,8 km y 37 km respectivamente.

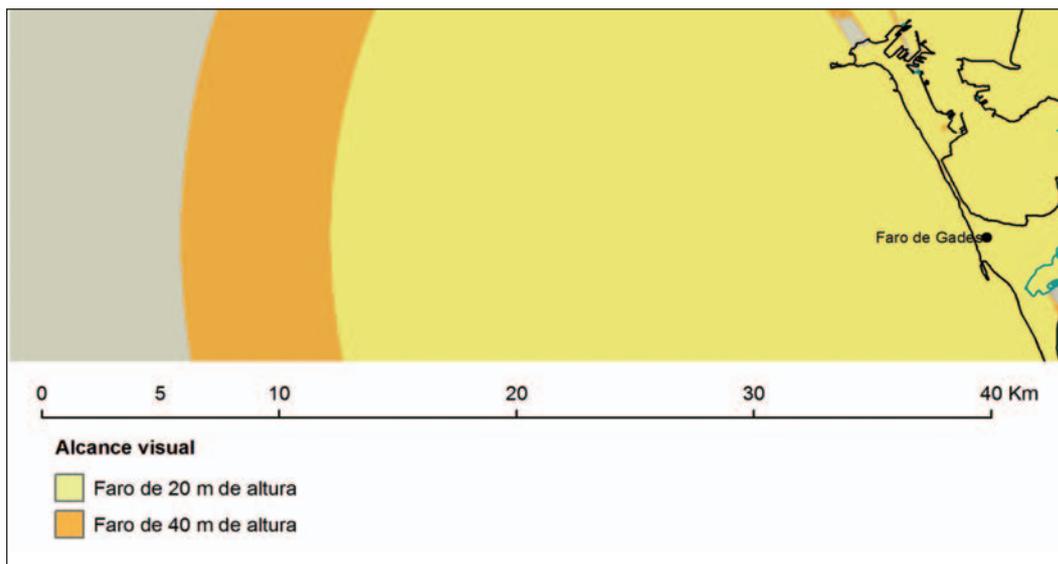
Pero no todas las costas son de altitud tan elevada como la cantábrica. Algunos de los faros que señalizaban puertos de gran importancia en el mundo antiguo se elevaban desde casi el propio nivel del mar. Ello debía de ocurrir, por ejemplo, en el caso del faro de *Gades*.

El faro romano de *Gades* (del que aún no se ha encontrado ningún resto material) debió tener aproximadamente unos 20 m de lado y una altura de 40 m (Bernal Casasola, 2009:97), similar a la altura del faro de *Brigantium*, hecho que lo convierte en un caso comparable al caso coruñés.

Hemos aplicado al caso de *Gades* el mismo procedimiento SIG aplicado en el caso de los faros cantábricos. Puesto que existe la hipótesis de que hubiese más de un faro en el entorno de la ciudad gaditana (Bernal Casasola, 2009), aquí hemos elegido la ubi-

cación del conocido como faro exterior, en el lugar denominado Torregorda, a una altitud sobre el nivel del mar de escasos 6 m. Los resultados de los cálculos pueden observarse en las Figuras 8 y 9.

Los valores de alcance máximo de la visibilidad marítima del faro de *Gades* estarían bastante por debajo de sus homólogos cantábricos en los dos supuestos casos, y sin embargo es obvio que cumpliría perfectamente con la finalidad para la que fue construido. También se comprueba cómo la diferencia entre el alcance máximo de visibilidad de una torre de 20 m y otra de 40 m de altura es mayor cuanto más cerca de la altitud del nivel del mar esté la base de la torre (*Gades* 6,4 km de diferencia entre la distancia de visibilidad que alcanzaría con un faro de 40 y con un faro de 20 m de altura; *Brigantium* 4,4 km; Campa Torres 3,6 km) (Figura 10).



**Figura 8.** Radio de alcance visual teórico, y en condiciones óptimas de visibilidad, del faro exterior de *Gades*. Se han superpuesto los resultados de los 2 cálculos de visibilidad realizados (altura de la torre de 40 m y altura de la torre de 20 m) (véase epígrafe de objetivos).

<b>FIGURA 9. Alcance de la visibilidad marítima</b>			
	Faro de <i>Brigantium</i>	Campa Torres	<i>Gades</i>
Altura del faro= 20 m	39 km	46,9 km	<b>27,6 km</b>
Altura del faro = 40 m	43,4 km	50,5 km	<b>34 km</b>

<b>FIGURA 10. Diferencia de alcance visual</b> (alcance desde torre de 40 m menos alcance desde torre de 20 m)			
	<i>Gades</i>	<i>Brigantium</i>	Campa Torres
Diferencia =	<b>6,4 km</b>	<b>4,4 km</b>	<b>3,6 km</b>
Altitud s.n.m.	6 m	50 m	90 m

En las fuentes medievales y de la Edad Moderna abundan los paralelos formales entre el faro de La Coruña y el de Cádiz, como ejemplos en altura, perfección y belleza sólo comparables entre sí mismos (Bernal Casasola, 2009:102).

Orosio menciona la excepcionalidad del tamaño del faro de *Brigantium* “construcción a resaltar entre pocas”, lo que ha llevado en ocasiones a atribuir a esta construcción un carácter propagandístico (San Claudio, 2003:131).

Asimismo, los restos arqueológicos encontrados indican que el enclave de *Flavium Brigantium* tuvo que tener un puerto de gran importancia, donde posiblemente existió una estación aduanera (Fernández Ochoa, Morillo, 1994a:227). Quizás la importancia del puerto tuviese mucho que ver en la magnitud de su faro.

## 7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

El interrogante inicial que motivó este trabajo, si las distintas dimensiones de los faros cantábricos estaban o no relacionadas con aspectos particulares de su visibilidad desde el mar, ha obtenido una respuesta provisional que habrá de ser perfilada en el futuro con estudios más amplios.

En principio, y en función de los resultados obtenidos con los análisis de visibilidad mediante SIG para el faro de *Brigantium* y el posible faro de la Campa Torres, la altitud del enclave sobre el que se situaba un faro condicionaba la altura de la torre construida. Dicha altura estaría relacionada de modo inverso con la altitud del enclave, de modo que a mayor altitud del sitio menor altura de la construcción.<sup>10</sup> Además, la altura de estos edificios parece que tendría que ser tal que la señal pudiese ser vista en condiciones óptimas de visibilidad a más de 40 km de distancia a la costa.

Sin embargo, al aplicar el mismo procedimiento que nos permitió obtener los datos anteriores a un faro costero situado casi a nivel del mar (*Gades*) comprobamos que este aspecto de la distancia máxima de visibilidad no siempre se cumple, existiendo faros en los que habría bastado una distancia máxima de visibilidad mucho menor que la existente en los casos del Cantábrico.

La diferencia total de altura sobre el nivel del mar contando con la altitud del enclave más la altura del faro sería de 46 m para el enclave aproximado elegido para el faro de *Gades*, 90 m para *Brigantium* y 110 para el posible caso de la Campa Torres. Es decir, que el faro gallego está mucho más próximo al caso de Gijón que al gaditano, y le habría bastado una torre de altura mucho menor que la documentada para conseguir el mismo alcance visual.

Ello podría deberse a diferencias en las condiciones climatológicas en ambas zonas (Norte y Sur peninsular), a la posibilidad de que las rutas de navegación discurriesen más alejadas de la costa en el Cantábrico que en la zona gaditana (y sus faros tenían que ser visibles desde una mayor distancia), o bien estar indicando que la causa de la altura de la construcción no estaba relacionada con aspectos prácticos del ejercicio de la visibilidad desde el mar y habría que buscarla en otros factores.

Al ser sólo tres los ejemplos analizados, se hace necesario extender este tipo de análisis al resto de faros de época romana conocidos, en primer lugar a los otros dos ejemplos mencionados por Fdez. Ochoa y Morillo (2009), los de *Duvris* y *Gesoriacum*, que se encuentran en el mismo ámbito atlántico que los casos de *Brigantium* y la Campa Torres, así como tratar de profundizar en las condiciones climatológicas particulares de cada caso.

Además, como la identificación de la existencia de un faro costero es un ejercicio de percepción sensorial, en trabajos más completos sobre la funcionalidad de los faros habría que considerar

<sup>10</sup> Por lógica la altura mínima debería ser la suficiente para almacenar el material combustible, proteger el fuego señalizador, y hacer la luz visible desde cualquier punto del

entorno cercano a menor altitud (para lo cual en muchos casos de relieve amesetado se haría necesario elevar la señal sobre el suelo).

también la posibilidad de emisión de señales sonoras desde los mismos (Martínez Maganto, 1990:75), ya que la orientación a través del sentido de la vista no era la única opción posible para llegar a puerto<sup>11</sup>.

Por otro lado, y aunque su función principal hubiese sido la señalización marítima, el estudio de la funcionalidad de estos faros como torres de señal de alarma hacia el interior terrestre (Hutter 1973:43) podría arrojar nuevos datos sobre el porqué de la altura de estos edificios.

## BIBLIOGRAFÍA

Autores clásicos:

- APIANO, *Historia Romana, Guerras civiles*, Biblioteca Clásica Gredos, 83, Editorial Gredos, Madrid, 1985, Introducción, traducción y notas de Antonio Sancho Royo.
- CAYO JULIO CÉSAR, *Guerra civil*, Libros III, *Colección Gredos Bilingüe*, Editorial Gredos, Madrid, 1983.
- ENEAS EL TÁCTICO, *Poliórcética*, Biblioteca Clásica Gredos, 157, Editorial Gredos, Madrid, 1991, Introducción, traducción y notas de José Vela Tejada y Francisco Martín García, pp. 7-143.
- HERÓDOTO, *Historia*, Libro VII, Biblioteca Clásica Gredos, 82, Editorial Gredos, Madrid, 1985, Traducción y notas de Carlos Schrader.
- Libros VIII-IX, Biblioteca Clásica Gredos, 130, Editorial Gredos, Madrid, 1989, Traducción y notas de Carlos Schrader.
- POLIBIO, *Historias*, Libros I-IV, Biblioteca Clásica Gredos, 38, Editorial Gredos, Madrid, 1981, 1ª reimpresión 1991, Introducción de A. Díaz Tejera, Traducción y notas de Manuel Balasch Recort.
- TUCÍDIDES, *Historia de la Guerra del Peloponeso*, Libros III y IV: Biblioteca Clásica Gredos, 151, Madrid, 1991, traducción y notas de J.J. Torres Esbarranch.
- Libros VII y VIII, traducción revisada y notas de F. Rodríguez Adrados, Centro de Estudios Políticos y constitucionales, Madrid, 2002.

Autores modernos:

- ALLEPUZ MARZÀ, X. (2001): *Introducció al poblament ibèric a la plana de l'Arc (Castelló)*, Diputació de Castelló, Col·lecció Universitària.
- BAENA PREYSLER, J. (1993): *El paleolítico inferior y medio en la región sur de Madrid: estudio de las facies de "talleres"*, Universidad Autónoma de Madrid, Tesis Doctoral Inédita.
- BALIL, A. (1977): "Comunicaciones ópticas del mundo antiguo", *XIV Congreso Arqueológico Nacional*, (Vitoria 1975), Zaragoza, pp. 833-842.
- BELL, T. (1999): "Reconstructing Archaeology from the Landscape: GIS, CAD and the Roman Signal Station at Whitby", en DINGWALL, L.; EXON, S.; GAFFLEY, V.; LAFLIN, S.; VAN LEUSEN, M. (Eds.): *Archaeology in the Age of the Internet: Computer Applications and quantitative Methods in Archaeology CAA97*, British Archaeological Reports, International Series 750, Oxford (UK).
- BERMÚDEZ SÁNCHEZ, J. (2000): *La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Arqueología*, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Tesis Doctoral inédita.
- BERNAL CASASOLA, D. (2009): "El faro romano de Gades y el papel de los *Thynnoskopeia* en el *Fretum Gaditanum*", *Brigantium*, 20, pp.85-107.
- BERROCAL RANGEL, L. (2004): "La defensa de la comunidad: sobre las funciones emblemáticas de las murallas protohistóricas en la Península Ibérica", *Gladius*, XXIV, pp. 27-98.
- BONET ROSADO, H.; MATA PARREÑO, C. (1991): "Las fortificaciones ibéricas en la zona central del País Valenciano", *Actas del Simposi Internacional d'Arqueologia Ibèrica*, Manresa, 6-9 diciembre, Publicacions del Centre d'Estudis del Bages, sèrie «Actes», pp.11-35.
- DI PESO, C.C.; RINALDO, J.B.; FENNER, G.J. (1974): *Casas Grandes: A Fallen Trading Center of the Gran Chichimeca*, The Amerind Foundation series n° 9, Northland Press, Flagstaff.
- DÍES CUSÍ, E. (1991): "Funcionalidad de las torres en las fortificaciones del Camp de Turia (Valencia): defensa, vigilancia y señales", *Actas del Simposi Internacional d'Arqueologia Ibèrica*, Manresa, 6-9 diciembre, Publicacions del Centre d'Estudis del Bages, sèrie «Actes», pp. 171-182.

<sup>11</sup> En la Antigüedad era conocida la práctica de soltar pájaros desde la nave para encontrar la dirección en la que se hallaba tierra firme cuando ésta no era visible desde la embarcación, puesto que los animales vuelan hacia ella en caso de divisarla, y si no la ven vuelven al barco de donde partieron

(Luzón Nogué, Coín Cuenca 1986; Díes Cusí 1994:11). Se han realizado experimentos en los que se ha constatado la posibilidad de encontrar la posición de la tierra más próxima desde una distancia de 65 km (Luzón Nogué, Coín Cuenca 1986:79).

- (1994): "Aspectos técnicos de las rutas comerciales fenicias en el Mediterráneo occidental (s. IX-VII a.C.)", *Archivo de Prehistoria Levantina*, Vol. XXI, Valencia, pp. 311-336.
- ELLIS, A. (1991): "Towers of the Gallina Area and Greater Southwest", en DURAN, M.S.; KIRKPATRICK, D.T. (Eds.): *Puebloan Past and Present: Papers in Honor of Stewart Peckham*, Archaeological Society of New Mexico, Albuquerque, pp. 57-70.
- ESPIAGO, J.; BAENA, J. (1997): "Los Sistemas de Información Geográfica como tecnología informática aplicada a la arqueología y a la gestión del patrimonio", en BAENA, J. et al. (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Colección de Estudios, nº 51, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp. 7-66 más láminas.
- FAKHARANI, F. el (1974): "The 'Lighthouse' of Abusir in Egypt", *Harvard Studies in Classical Philology*, Vol. 78, pp. 257-272.
- FELLEMAN, J.P. (1986): "Landscape visibility", en SMARDON, R.C.; PALMER, J.F.; FELLEMAN, J.P. (Eds.): *Foundations for visual project analysis*, John Wiley & Sons, Nueva York, pp. 47-62.
- FERNÁNDEZ OCHOA, C.; MORILLO CERDÁN, A. (1994a): "La ruta marítima del Cantábrico en época romana", *Zephyrus*, 46, pp. 225-231.
- (1994b): "Gijón y otros puertos del Cantábrico en época romana", en DUPRÉ I RAVENTÓS, X. (Coord.): *La ciudad en el mundo romano, XIV Congreso Internacional de Arqueología Clásica*, Tarragona, 1993, Vol. 2, pp. 148-150.
- (1994c): *De Brigantium a Oiasso. Una aproximación al estudio de los enclaves marítimos cantábricos en época romana*, Madrid, 249 p. más figuras.
- (2009): "Faros y navegación en el Cantábrico y el Atlántico Norte", *Brigantium*, 20, pp. 115-135.
- FERNÁNDEZ OCHOA, C.; MORILLO CERDÁN, A.; VILLA VALDÉS, A. (2005): "La Torre de Augusto en la Campa Torres (Gijón, Asturias). Las antiguas excavaciones y el epígrafe de Calpurnio Pisón", *Archivo Español de Arqueología*, 78, pp. 129-146.
- FISHER, P. F. (1996): "Extending the Applicability of Viewsheds in Landscape Planning", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 62, Nº 11, November, pp. 1297-1302.
- FRASER, D. (1983): *Land and Society in Neolithic Orkney*, British Archaeological Reports, 117, Oxford (UK).
- GARCÍA RINCÓN, J.M. (1987): "Aproximación al estudio espacial del área de Tejada la Vieja", en FERNÁNDEZ JURADO, J.: *Tejada la Vieja: Una ciudad protohistórica, Huelva Arqueológica*, IX, Excma. Diputación Provincial de Huelva, pp. 189-219.
- GILLINGS, M.; WHEATLEY, D. (2001): "Seeing is not believing. Unresolved issues in archaeological visibility analysis", en SLAP?AK, B. (Ed.): *On the good use of geographic information systems in archaeological landscape studies*, COST Action G2 Ancient Landscapes and Rural Structures, Proceedings of the COST G2 WG2 round table, Ljubljana, 18 to 20 December 1998, pp. 25-36.
- GRAU MIRA, I. (1998): "Aproximación al territorio de época ibérica plena (ss. IV-II aC) en la región centro meridional del País Valenciano", *Arqueología del paisaje. Arqueología espacial*, 19-20, Revista del Seminario de Arqueología y Etnología Turolense, Teruel, pp. 309-321.
- HAUSCHILD, T. (1976, Edición de 1991): "El faro romano de La Coruña (Torre de Hércules). Problemas de su reconstrucción", en *El faro romano de La Coruña*, Ayto. de La Coruña, 1991, pp. 91-97 más láminas.
- HUTTER, S. (1973, Edición de 1991): "El faro romano de La Coruña", en *El faro romano de La Coruña*, Ayto. de La Coruña, 1991, pp. 7-43 más láminas.
- LATORRE GONZÁLEZ-MORO, P.; CABALLERO ZOREDA, L. (2009): "Metodología e investigación del faro romano en la restauración de la Torre de Hércules de A Coruña (1990-1992)", *Brigantium*, 20, pp. 193-227.
- LOCK, G.R.; HARRIS, T.M. (1996): "Danebury revisited: an English Iron Age hillfort in a digital landscape", en ALDENDEFER, M.; MASCHNER, H.D.G. (Eds.): *Anthropology, Space and Geogephic Information systems*, New York, Oxford University Press, pp. 214-240.
- LUZÓN NOGUÉ, J.M.; COÍN CUENCA, L.M. (1986): "La navegación pre-astronómica en la Antigüedad: utilización de pájaros en la orientación náutica", *Lucentum*, V, Alicante, pp. 65-85.
- LLOBERA, M. (1996): "Exploring the topography of mind: GIS, social space and archaeology", *Antiquity*, 70, pp. 612-622.
- (2003): "Extending GIS-based visual analysis: the concept of *visuallscapes*", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 17, no. 1, Taylor & Francis, London, pp. 25-48.

- MADRY, S. L. H.; RAKOS, L. (1996): "Line-of-Sight and Cost-Surface Techniques for Regional Research in the Arroux River Valley", en MASCHNER, H.D.G. (ed.): *New Methods, Old Problems. Geographic Information Systems in Modern Archaeological Research*, Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University at Carbondale, Occasional Paper No. 23, pp. 104-126.
- MARTÍNEZ MAGANTO, J. (1990): "Faros y luces de señalización en la navegación antigua", *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Universidad Autónoma de Madrid, CuPAUAM*, 17, pp. 67-89.
- MONTILLA, S.; RISQUEZ, C.; SERRANO, J.L.; COBA, B.E. (1989): "Análisis de una frontera durante el horizonte ibérico en la depresión Priego-Alcaudete", en BURILLO, F. (ed.): *Fronteras, Arqueología Espacial*, 13, Teruel, pp. 137-149.
- MORILLO CERDÁN, A. (2003): "La navegación oceánica durante la época romana: de la imagen legendaria a la vertebración de un espacio marítimo atlántico", en FERNÁNDEZ OCHOA, C. (Ed.): *Gijón, puerto romano. Navegación y comercio en el Cantábrico durante la Antigüedad*, Barcelona, pp. 17-41.
- OGBURN, D.E. (2006): "Assessing the level of visibility of cultural objects in past landscapes", *Journal of Archaeological Science*, 33, pp. 405-413.
- OZAWA, K.; KATO, T.; TSUDE, H. (1995): "Detection of beacon networks between ancient hill-forts using a digital terrain model based GIS", en HUGGETT, J.; RYAN, N. (Eds.): *Computer Applications and Quantitative Methods in Archeology 94*, British Archaeological Reports International Series 600, pp. 157-161.
- PLANTZOS, D. (1997): "Crystals and Lenses in the Graeco-Roman World", *American Journal of Archaeology*, Vol. 101, N° 3, pp. 451-464.
- RENFREW, C. (1979): *Investigations in Orkney*, The Society of Antiquaries of London, Londres, 234 p. más láminas.
- RUESTES, C. (2006): "El poblamiento ibérico y romano en la Layetania litoral (del río Besòs a la riera de Teià)", en GRAU, I. (Ed.): *La Aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje*, Universidad de Alicante.
- RUIZ, A.; MOLINOS, M. (1984): "Poblamiento ibérico de la Campiña de Jaén. Análisis de una ordenación del territorio", *Primeras Jornadas de Metodología de investigación Prehistórica*, pp. 421-429.
- RUGGLES, C. L. N.; MEDYCKYJ-SCOTT, D. J.; GRUFFYDD, A. (1993): "Multiple viewshed analysis using GIS and its archaeological application: a case study in northern Mull", en ANDRESEN, J., MADSEN, T.; SCOLLAR, I. (eds.): *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1992*, CAA92, Aarhus University Press, Aarhus, Denmark, pp. 125-132.
- SALVATIERRA CUENCA, V.; ARGELLES MÁRQUEZ, M.; MORENO ONORATO, M<sup>a</sup>. A. (1989): "Visibilidad y control: Un problema de fronteras. El caso Nazarí en el sector Montefrío-Moclín", *Fronteras. Arqueología espacial*, 13, Revista del Seminario de Arqueología y Etnología Turolense, Teruel, pp. 229-240.
- SCHÜLE, G. (1968): "Navegación primitiva y visibilidad de la tierra en el Mediterráneo", *XI Congreso Nacional de Arqueología*, pp. 449-462.
- SWANSON, S. (2003): "Documenting Prehistoric Communication Networks: a case study in the Paquimé Polity", *American Antiquity*, Volume 68, Number 4, October, pp. 753-767.
- WHEATLEY, D. (1995): "Cumulative viewshed analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application", en LOCK, G.; STANÁIÁ, Z. (eds.): *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*, London, pp. 171-185.
- WHEATLEY, D.; GILLINGS, M. (2000): "Vision, perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility", en LOCK, G. (Ed.): *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, IOS Press, pp. 1-27.
- (2002): *Spatial Technology and Archaeology. The archaeological applications of GIS*, Taylor and Francis, London, New York, 269 pp.
- ZAMORA MERCHÁN, M. (2006a): *Territorio y espacio en la Protohistoria de la Península Ibérica. Estudios de visibilidad: el caso de la cuenca del Genil*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Ediciones UAM, Tesis Doctorales en Cd-rom, 2008.
- (2006b): "Visibilidad y SIG en Arqueología: mucho más que cerros y unos", en GRAU, I. (Ed.): *La Aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje*, Universidad de Alicante.

