

## Apéndice 6

# LA ORIENTACION ASTRONOMICA

M. Almagro-Gorbea\*, J.E. Armentia\*\* y G. Rodríguez\*\*\*

### 1. INTRODUCCIÓN

El trazado geométrico y la calidad constructiva del Estanque Monumental descubierto en la zona de la Pâtüre du Couvent de Bibracte permitían plantear la hipótesis de que, igual que tantos otros monumentos de la Antigüedad, estuviera en relación con una orientación astronómica. Esta atractiva hipótesis ha podido ser estudiada gracias a la colaboración de los Departamentos de Astrofísica y de Prehistoria de la Universidad Complutense, cuyos interesantes resultados se ofrecen a continuación.

### 2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En este trabajo se ha partido de una doble hipótesis:

1ª. El eje del Estanque podía estar orientado astronómicamente.

2ª. Dicha orientación se habría realizado hacia el orto del sol, ya que no existe evidencia de que estuviera relacionado con ningún otro elemento topográfico o urbanístico actualmente identificado. Además de ser un hecho lógico, así parecían indicarlo posibles paralelos en otras construcciones celtas y de otros ámbitos culturales donde es un hecho habitual (Vid. supra, pág. 00\*).

### 3. MÉTODO DE TRABAJO

Partiendo de dicha hipótesis, se ha procedido a plantear su demostración contrastándola con los datos que a continuación se recogen:

#### DATOS

1. El centro del Estanque, esto es, el lugar en que se cruzan sus ejes longitudinal y transversal, está situado

\* Departamento de Prehistoria. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

\*\* Departamento de Astrofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense 28040 Madrid.

\*\*\* Instituto de Astronomía y Geodesia. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

en la cuadrícula HJ 562 del cuadrículado topográfico del Mont Beuvray, adaptado al sistema Lambert II del mapa de Francia, por lo que corresponde al punto  $x = 729.488$ ,  $y = 2215.626$ .

Dicho punto corresponde a una latitud Norte,  $\varnothing = 46^\circ 55' 37''$  y una longitud Este del Meridiano Internacional o de Greenwich,  $l = 4^\circ 2' 18''$ .

2. El cálculo de la orientación del eje longitudinal del Estanque se ha obtenido por varios procedimientos:

2.1. En la campaña de 1987 la orientación del Estanque se calculó en  $34,5^\circ$  E. del Norte Lambert (NL), con una precisión de  $\pm 30'$ , basándose en su situación dentro del cuadrículado topográfico de Bibracte, adaptado al sistema Lambert II del mapa de Francia (Beck et alii 1987: 286), por lo que, sumado el valor del ángulo de convergencia,  $* = 1,86^\circ$ , equivale a  $36,3^\circ$  del Norte Geográfico (NG)<sup>27</sup>.

2.2. Una nueva observación el 15 de Agosto de 1988 realizada por la Base du Mont Beuvray dió  $42,89g = 38,60^\circ$  Este del Norte Magnético (NM), equivalentes a  $40,30g = 36,27^\circ$  del NG.

2.3. El 3.4.1990 se calculó de nuevo el NM por medio de 3 series de 3 observaciones cada una realizadas con una brújula de precisión de  $\pm 0^\circ,5$ . La media de dichas medidas fue de  $40,8g \pm 0,57$  E. del NM, equivalentes a  $36,72^\circ$  E. del NG.

2.4. El 21.7.1990, R.E. White determinó la orientación del Estanque por medio de un compás magnético de  $\pm 2^\circ$  de error. El resultado fue de  $39^\circ$  E. del NM con una deflexión magnética de  $2,6^\circ$ , lo que equivale a  $36,4^\circ$  Este del verdadero NG o astronómico (vid. R.E. White, Apéndice 5).

2.5. El 16.8.1990 se procedió a efectuar un nuevo cálculo con ayuda de la Base Archéologique por medio de un distanciómetro situado en el punto HJ.560. Se tomó como estación el punto HJ.561 y se calculó la orientación midiendo la distancia y los ángulos a los dos extremos longitudinales del Estanque (fig. 6.1). El extremo Norte quedaba a 23,256 m. y 23043g, y el Sur a 224,24<sub>g</sub> y 12,945 m. Estos datos fueron calcu-

<sup>27</sup> Agradecemos a J. M. Sanz y J. Regidor, del Instituto Geográfico Nacional, de Madrid, el cálculo del ángulo de convergencia, \*, del sistema Lambert II de las coordenadas del Estanque, a fin de determinar la orientación astronómica del mismo.

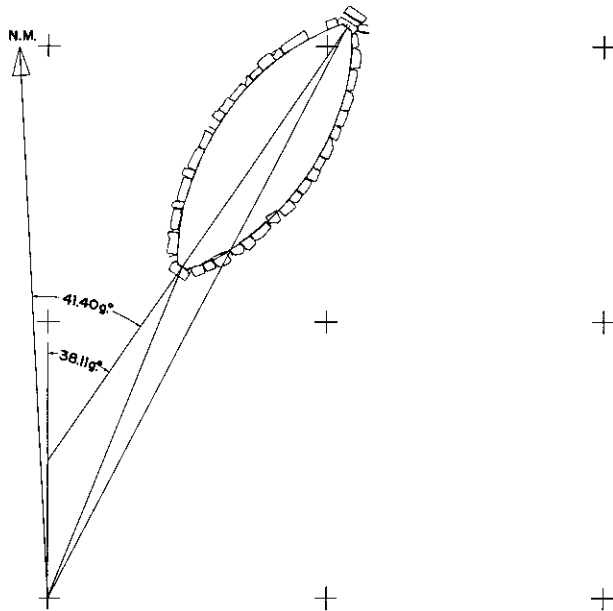


Fig. 6.1.—Orientación del Estanque Monumental.

lados por medio de AUTOCAD en la Escuela de Estudios Arabes de Granada, del CSIC. La orientación resultante fue de  $41^{\circ},40$  ( $= 37,26^{\circ}$ ) del NM, equivalente a  $38^{\circ},11$  ( $= 34,30^{\circ}$ ) del NG. Dado el valor del ángulo de convergencia,  $\omega = 1,86^{\circ}$ , la orientación real sería  $36,16^{\circ}$  Este del NG.

2.6. Los resultados obtenidos sitúan el NG o Norte astronómico entre  $36,16^{\circ}$  y  $36,72^{\circ}$ , siendo la media  $36,37^{\circ} \pm 0,21$  Este, esto es,  $36^{\circ}22' \pm 12,6'$ , aunque la mayor precisión en la toma de la medida permite deducir que sea la última,  $36,16^{\circ}$ , la más ajustada a la realidad.

En todo caso, aun aceptando para los cálculos a realizar esta última orientación, se debe tener presente la posibilidad de  $\pm 1^{\circ}$  como margen de error en la determinación de la orientación del Estanque. Esta imprecisión, puede considerarse, en la práctica, como perfectamente asumible, dada cierta imprecisión que de hecho evidencian las orientaciones astronómicas de los monumentos prehistóricos (Rugless 1984a: 306), a causa de diversos factores entre los que en este caso cabe señalar la posibilidad de error en los datos topográficos del Estanque, además de la deformación del Estanque a lo largo del tiempo, por la presión de las tierras sobre su estructura, etc., a lo que se añaden otros aspectos más concretos que se indican más adelante.

3. Sin embargo, la verdadera orientación del Estanque debe considerarse la de su eje transversal, el utilizado para su trazado y que es perpendicular al señalado, por lo que queda a  $126,3^{\circ}$  NG., ya que dicho eje es el inicial del trazado y el esencial para su ejecución, según se deduce del análisis del mismo (Vid. supra, pág. 157 s.).

4. Aunque las fechas de observación de la orientación del Estanque se han llevado a cabo en distintos momentos, para el cálculo de las variaciones temporales se ha considerado el 1 de Enero de 1986, ya que es la que corresponde a la red del cuadrículado Lambert II del yacimiento de Bibracte.

5. El Estanque se considera, a efectos de estudiar las variaciones temporales, construido en una fecha comprendida entre el 50 a.C. y el 1 a.C. (vid. supra, pág. 150 s.).

Teniendo en cuenta los datos señalados, se ha procedido a realizar los correspondientes cálculos astronómicos, dentro de la mayor precisión posible, de acuerdo con las fórmulas que se indican a continuación:

### FÓRMULAS

1.  $\delta_{sol} = +E$  solsticio de invierno.
2.  $\delta_{sol} = 0^{\circ}$  equinocio de primavera y otoño.
3.  $\delta_{sol} = -E$  solsticio de invierno.
4.  $\cos A_{ocaso} = -\sin \delta_{sol} / \cos \varnothing$
5.  $A_{orto} = 360^{\circ} - A_{ocaso}$
6.  $T = t - 2000.0/100$ , siendo  $t =$  la fecha de construcción.

### CÁLCULOS

Para demostrar la posible orientación astronómica del Estanque se ha procedido con los datos y fórmulas señaladas a efectuar los siguientes cálculos:

- 1) de la oblicuidad de la eclíptica para la fecha de construcción del Estanque;
- 2) de los azimuts de los equinocios y solsticios;
- 3) de la corrección necesaria para tener en cuenta las condiciones topográficas.

### 3. RESULTADOS

1. Cálculo de la oblicuidad de la eclíptica,  $E$ , para la fecha de construcción del Estanque, según el dato 5, eligiéndose dos opciones:

a)  $t = -50$  a.C.

b)  $t = -1$  a.C.

$$E = 23^{\circ} 26' 21''.45 - 46''.81 T$$

$$6 \quad E = 23^{\circ} 26' 21''.448 - 46''.815 T - 0''.001 T^2 + 0''.002 T^3.$$

a)  $T = -50 - 2000.0 / 100 = -20.5 \rightarrow E = 23^{\circ} 42' 21''.05$

b)  $T = 0 - 2000.0 / 100 = -20 \rightarrow E = 23^{\circ} 41' 57''.65$

2. Cálculo de los azimuts ( $A$ ) o direcciones de los ortos y ocasos en los diferentes periodos del año, para los 3 casos principales:

2.1) Solsticio de verano:

a)  $A_{ocaso} = 53^{\circ} 56' 06''.63 \quad A_{orto} = 306^{\circ} 03' 53''.37$

b)  $A_{ocaso} = 53^{\circ} 56' 45''.44 \quad A_{orto} = 306^{\circ} 03' 14''.56$

2.2) Equinocios de primavera y otoño:

a)  $A_{ocaso} = 90^{\circ} \quad A_{orto} = 270^{\circ}$

b)  $A_{ocaso} = 90^{\circ} \quad A_{orto} = 270^{\circ}$

2.3) Solsticio de invierno:

a)  $A_{ocaso} = 126^{\circ} 03' 53''.37 \quad A_{orto} = 233^{\circ} 56' 06''.63$

b)  $A_{ocaso} = 126^{\circ} 03' 14''.56 \quad A_{orto} = 233^{\circ} 56' 45''.4$

3. Cálculo de la diferencia de orientación debida a las situación topográfica:

$tg_{\alpha} = h - h' / d$ , siendo  $h - h'$  la diferencia de altura y  $d$  la distancia.

$$tg_{\alpha} = 69/425 ; \alpha = 8^{\circ} 20'$$