



El Panteón de Roma como instrumento astronómico

Ederlinda Viñuales Gavín

Tesorera de NASE-IAU, España

“Quise que este santuario de todos los dioses representase el globo terrestre y la esfera celeste, un globo dentro del cual se encierra la semilla del fuego eterno, todo contenido en la cueva esférica”

Marguerita Yourcenar

Abstract

The cycle of the Sun is repeated every year and that implies that the duration of the days and nights are different according to the time of that cycle because the path that it makes over the horizon is different; likewise it also varies its height above the horizon. Thus, the greater the trajectory, the greater the maximum height above the horizon. As a consequence, the rays of the Sun do not impinge the same way in a certain place. When the Sun is high, the rays fall with more inclination (more perpendicularly) on the ground than when the Sun is lower since the angle that these rays form with the horizon is less, which causes longer shadows. The Pantheon in Rome, a closed building, offers us to observe the behavior of the Sun during the year without directly observing our star. With a slightly more detailed study we want to show in these pages that we can consider the Roma's Pantheon as an astronomical instrument.

Abstract

El ciclo del Sol se repite cada año y eso conlleva que la duración de los días y las noches sean diferentes según la época de ese período ya que el recorrido que hace sobre el horizonte es distinto; así mismo también varía su altura sobre el horizonte. A mayor recorrido corresponde mayor altura máxima sobre el horizonte. Como consecuencia de esto, los rayos del Sol no inciden de la misma manera en un lugar determinado. Cuando el Sol está alto los rayos caen con más inclinación (más perpendicularmente) sobre el suelo que cuando el Sol está más bajo puesto que el ángulo que forman esos rayos con el horizonte es menor, lo que provoca sombras más largas. El Panteón de Roma, un edificio cerrado, nos ofrece observar el comportamiento del Sol durante el año sin observar directamente nuestra estrella. Con un estudio un poco más detallado queremos mostrar en estas páginas que podemos considerar a el Panteón de Roma como un instrumento astronómico.

Introducción

El Panteón de Roma también llamado de Agripa y se construyó en el 27 a.C. por mandato de este amigo y general del emperador Augusto. Posteriormente se quemó y Adriano más tarde lo reconstruyó en el 120 d.C. manteniendo la fachada y conservando en el friso la inscripción:

M.AGRIPPA.L.F.COS.TERTIUM.FECIT

(Marco Agripa, hijo de la Luz, lo construyó en su tercer consulado)

que atribuye la construcción del edificio a **Marco Vipsanio Agripa**. El tercer consulado de Agripa, nos indica el año 27 a.C. Además se encuadra en las obras realizadas por Agripa en la zona del campo de Marte en el 25 a.C.

El Panteón de Roma. Presentación

En el Panteón de Roma se encuentran reflejadas todas las características de la arquitectura romana: el empleo sistemático del arco y la bóveda; proporciones monumentales; las artes decorativas, mosaicos y frescos son imprescindibles; los materiales usados van desde la piedra –sillería o mampostería- al ladrillo o la argamasa de hormigón. Es uno de los edificios

más importantes de la historia de la arquitectura occidental y el arquitecto fue Apolodoro de Damasco, el cual quería crear una edificación grandiosa. Tiene planta circular, aunque la fachada es rectangular. Esta característica de combinar lo circular con lo rectangular es muy innovadora para ese tiempo. El modelo de espacio circular cubierto por una bóveda se había utilizado por la misma época en las grandes salas termales, pero era una novedad usarlo en un templo.

Así, el Panteón consta de dos partes claramente diferenciadas: la primera de ellas, consiste en un pórtico sostenido sobre ocho columnas que presenta la estructura clásica adintelada y con frontón. La segunda es un espacio circular cubierto mediante una cúpula que en el interior se apoya en un anillo. La bóveda interior tiene casetones -cuadradillos- que le dan una mayor decoración y con los que revoluciona el juego de la luz porque ésta se introduce solamente por un óculo cenital en el techo de unos 8,2 metros de diámetro, creando un efecto muy especial. El estudio del movimiento de esa luz que entra por el óculo es el objetivo de este trabajo.

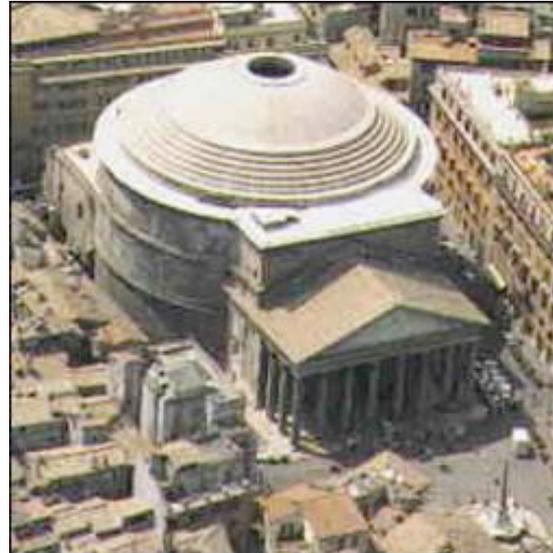


Figura 1: Vista aérea del Panteón.

La altura de la cúpula es de 43,5 metros, exactamente la misma medida que el diámetro de la base circular. La cúpula se apoya sobre un cilindro cuyo diámetro y altura coincide con el de la altura de esa. Este sector está elaborado con el famoso mortero o cemento romano, combinado con ladrillo. En el pórtico, por el contrario, predomina el empleo del mármol, tanto en los fustes como en los capiteles de las columnas.

La complejidad de la planta está en unir la planta curva con la forma rectilínea de la fachada. El arquitecto soluciona este problema de unión creando una nueva forma de cerrojo, con un elemento de sorpresa en el exterior. La solución será la de los muros y pilares que logran la unión. Y la sorpresa radica en que si se ve la fachada únicamente no se puede advertir la forma circular del interior de la construcción.

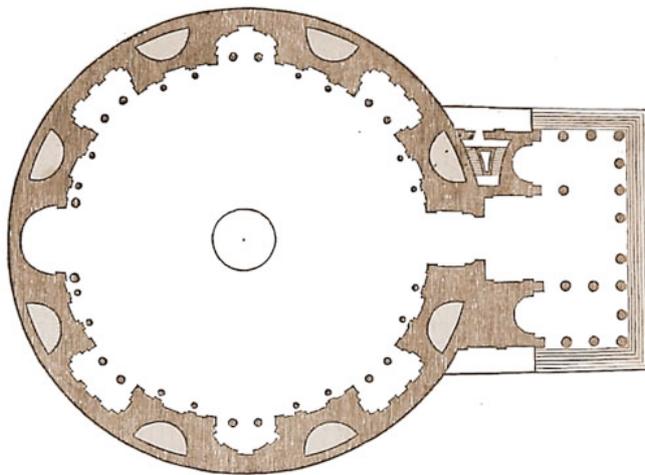
Marco Agripa realizó este edificio como analogía a la esfera celeste, basándose en el modelo de su maestro Anaximandro. La construcción, de proporciones cósmicas, reproduce en sus dimensiones la esfera en la que los siete astros o divinidades principales del panteón romano presencian las actuaciones de los hombres ya que si nos imaginamos completa esfera que se inscribe en la gran sala circular y que determina la cúpula, tendríamos representado el globo celeste reposando en el suelo. El Panteón significaba para los romanos el *templo de todos los dioses*.

“Arriba es abajo; como abajo es arriba”. Era la filosofía de los arquitectos romanos, que cargaron al Panteón de un simbolismo cósmico muy específico. Esa geometría básica se referencia siempre a la imagen y semejanza del Universo y el movimiento celeste: *“En la geometría plana, el círculo es el símbolo del cielo, el cuadrado el de la Tierra y el octógono intermedia entre uno y otro, y a través de él se logra la cuadratura del círculo, la unión indisoluble del espíritu y la materia”*.

En la planta del edificio podemos observar que en la parte circular existen siete ábsides con la puerta de entrada que estaban consagradas a las siete divinidades astrales, el sol y la Luna y los cinco planetas de la antigüedad: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno (Fig. 3).



Figura 2: Imagen frontal del Panteón de Roma.



La propia sala circular es una esfera perfecta, representación de la concepción cosmogónica de Aristóteles. Por un lado, el mundo *infralunar* corresponde a la mitad inferior del edificio. El mundo *supralunar*, la esfera celeste es la bóveda, en la que el óculo central hace las veces del Sol. El edificio estaba concebido para unir al hombre con la divinidad, pero sobre todo al emperador, que era proclamado un dios a los ojos del pueblo.

Figura 3: Planta del Panteón con las siete ábsides.

Como ya se ha dicho, la cúpula con sus exactas proporciones, representa la bóveda celeste y los cinco niveles del artesonado de la cubierta representan las cinco esferas concéntricas del sistema planetario antiguo (Fig. 4). Por otro lado, el óculo central domina el espacio interior y es la única luz de todo el edificio (Fig. 4). Representa al Sol durante el día y a la Luna durante la noche. La luz de la Luna como reflejo solar, domina todo el espacio y lo recorre de forma cíclica. No olvidemos que el templo fue concebido como una cosmogonía, como un obser-



Figura 4: Bóveda con el artesonado y el óculo.

vatorio del cosmos, de ahí su orientación al norte, punto fijo de la bóveda celeste y que permite comprender el movimiento y variación de las estrellas a lo largo de los días y las noches.

A continuación nos vamos a ocupar del comportamiento de la luz solar en el interior del Panteón.

Los dos días de los equinoccios, los únicos del año que el día y la noche tienen la misma duración, han sido desde muy antiguo muy importantes. Principalmente el de primavera se consideraba como una referencia segura para dar comienzo a ciertos trabajos agrícolas; tantos días después del equinoccio se debía por ejemplo podar ciertas plantas; después de otros tantos días se debía sembrar ciertas semillas y así sucesivamente.

Por otro lado, los equinoccios permitían controlar la exactitud del calendario. Algunos pueblos civilizados aún en la época de la conquista romana, en el siglo II de nuestra era, utilizaban un calendario basado en un año de 360 días y era preciso corregirlo periódicamente, cosa que se llevaba a cabo con la “llegada” fija de los equinoccios. Por tal motivo los pueblos antiguos construían monumentos especiales para controlar la fecha de los equinoccios.

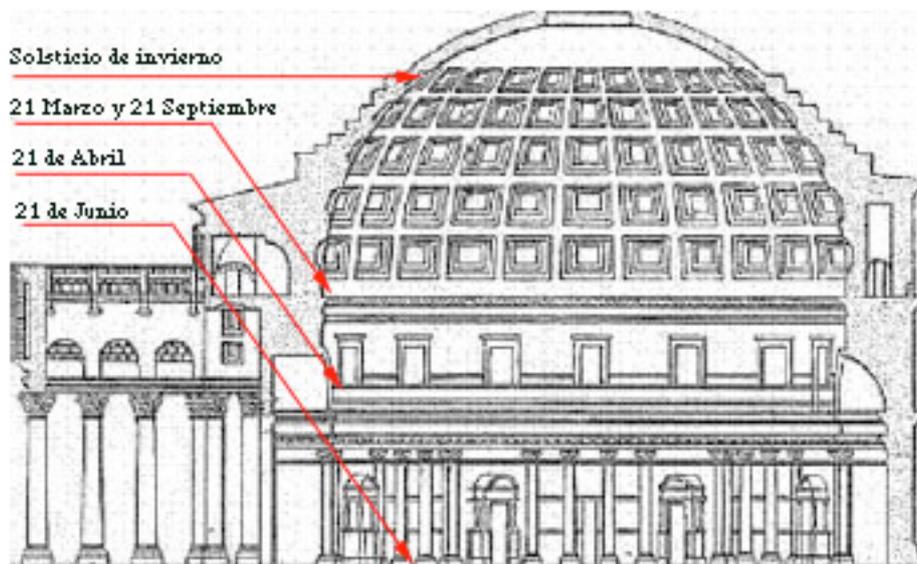


Figura 5: Sección del alzado del Panteón donde se representa la forma en que inciden los rayos del Sol en los solsticios y equinoccios.

Como fácilmente se puede observar, el Sol no sale ningún día consecutivo por el mismo punto del horizonte. El día del equinoccio de primavera (hacia el 21 de Marzo) y el del equinoccio de otoño (hacia el 21 de Septiembre) el Sol sale exactamente por el punto cardinal Este y se pone por el Oeste. A partir del día del equinoccio de primavera el Sol saldrá, cada día, un poco más al Norte hasta el día del solsticio de verano (aproximadamente para el 21 de Junio) que sale por el punto más alejado del punto cardinal Este (NE). A partir del día del solsticio de verano comienza un retroceso de las posiciones de salida del Sol sobre el horizonte y deshace todo el trayecto desde el equinoccio de primavera hasta el solsticio de verano para ocupar nuevamente el punto cardinal Este el día del equinoccio de otoño (para el 21 de Septiembre más o menos). Después de ese día el Sol nace cada día un poco más hacia el Sur hasta alcanzar el día del solsticio de invierno el punto más alejado del Este (SE) por el que el Sol puede aparecer por el horizonte. En los primeros días de invierno, los puntos de salida del Sol empiezan a retroceder hacia el Este hasta que, de nuevo, el día del equinoccio de primavera, el Sol aparece justamente por el Este y el ciclo se repite.

Una vez se ha determinado el punto del horizonte por el que el Sol aparece en los equinoccios era fácil controlar cuando eso sucedería de nuevo; bastaba disponer dos objetos verticales sobre la línea que unía el ojo con dicho punto sobre el horizonte. Es lo que

se hizo, por ejemplo en Stonehenge donde dos monolitos de piedra señalan la línea de mira para fijar el punto del horizonte por el que nace el Sol los días de los equinoccios. Algo parecido se hizo en la construcción del Panteón.

Ese ciclo del Sol, que se repite, conlleva que la duración de los días y las noches sean diferentes según la época del año ya que el recorrido que hace sobre el horizonte es distinto; así mismo, su altura sobre el horizonte también varía. A mayor recorrido también corresponde mayor altura máxima sobre el horizonte. Como consecuencia de esto, los rayos del Sol no inciden de la misma manera en un lugar determinado. Cuando el Sol está alto los rayos caen con más inclinación (más perpendicularmente) sobre el suelo que cuando el Sol está más bajo puesto que el ángulo que forman esos rayos con el horizonte es menor, lo que provoca sombras más largas. En la figura 5 se puede observar, de forma aproximada, como inciden sobre el Panteón los rayos de Sol cuando éste alcanza su máxima altura sobre el horizonte los días de los solsticios y equinoccios.

La orientación del Panteón

Pero los fenómenos astronómicos anteriormente descritos no tendrían ninguna validez sino dotamos al edificio de una orientación. Así, el eje principal del Panteón está orientado en la dirección Norte-Sur (la puerta de entrada está hacia el Norte). Esto es fundamental para que nos sirva de reloj solar y de observatorio astronómico. Debemos recordar que el Sol en su recorrido diurno alcanza la máxima altura justo sobre el punto cardinal Sur. Es ese momento preciso del día el que nos permite tomar referencias y medidas para calcular, determinar y referenciar las observaciones en otros momentos del día o épocas del año.

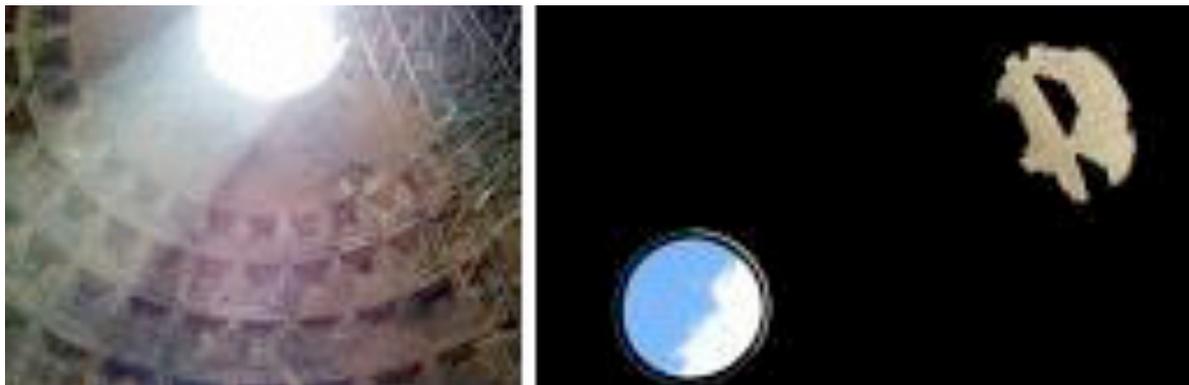


Figura 6: Haz cilíndrico de rayos incidiendo sobre la pared del interior del edificio y la forma elíptica que toma su proyección.

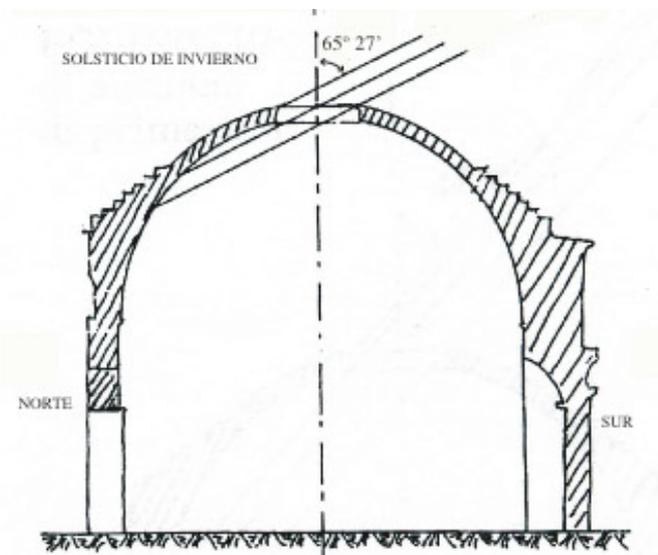
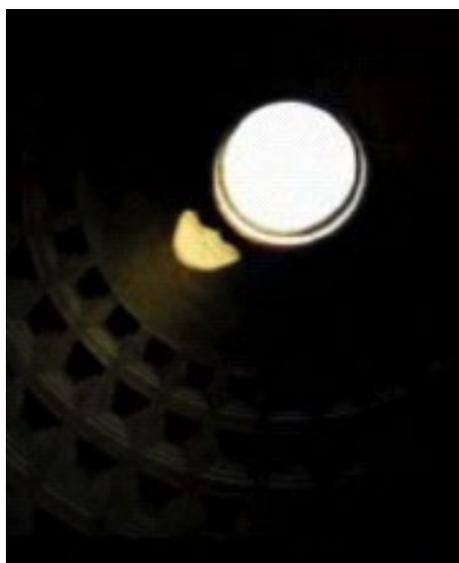


Figura 7: Solsticio de invierno. La mancha luminosa cae sobre la parte alta de la cúpula.

El haz cilíndrico de rayos que entra por el agujero de la cúpula incide en el interior del edificio en puntos variables con la época del año la hora del día (Fig. 6). Al mediodía astronómico el eje vertical de la elipse luminosa que traza el Sol sobre la pared del templo coincide con el eje de la puerta de entrada (Norte), pero se mueve en sentido vertical al cambiar las estaciones. En el solsticio de invierno, cuando el Sol está muy bajo sobre el horizonte, la mancha luminosa cae completamente sobre la parte alta del interior de la cúpula, en cambio, al mediodía en el solsticio de verano cae de lleno sobre el pavimento (Fig. 7 y 8)

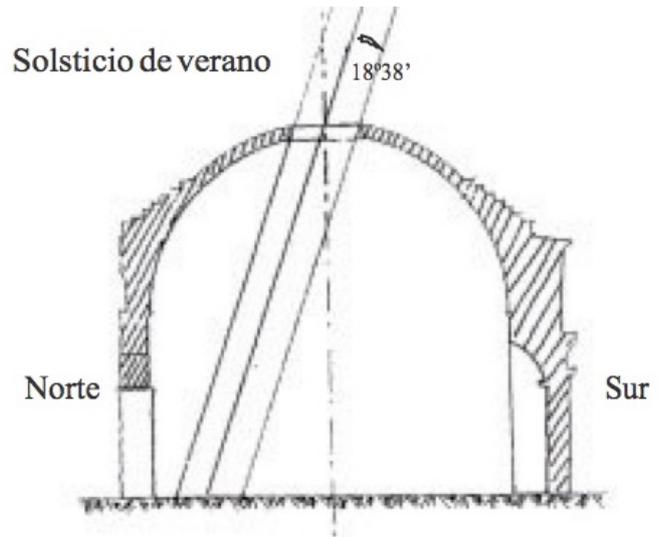
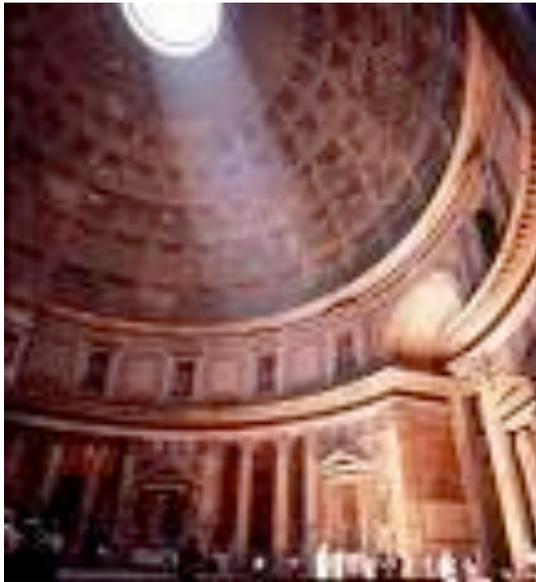


Figura 8: Solsticio de verano. La mancha luminosa cae sobre el pavimento de la cúpula.

En el solsticio de verano el Sol alcanza la máxima altura sobre el horizonte; al mediodía la mancha elíptica que forma el foco luminoso se observa sobre el pavimento del Panteón, con el eje coincidente con el eje de la puerta de entrada, como puede observarse en la primera imagen de la figura 8.

En los equinoccios de primavera y otoño, al mediodía el rayo luminoso incide en la pared cilíndrica del edificio sobre la puerta de entrada con una mancha cuyo eje vertical coincide con el eje de la puerta (Fig. 9).

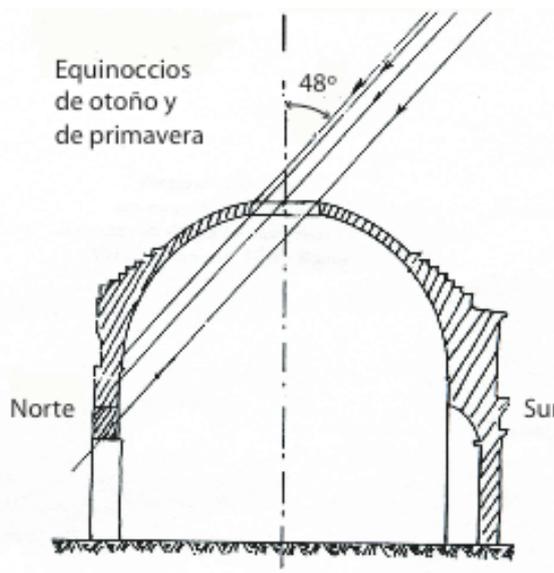


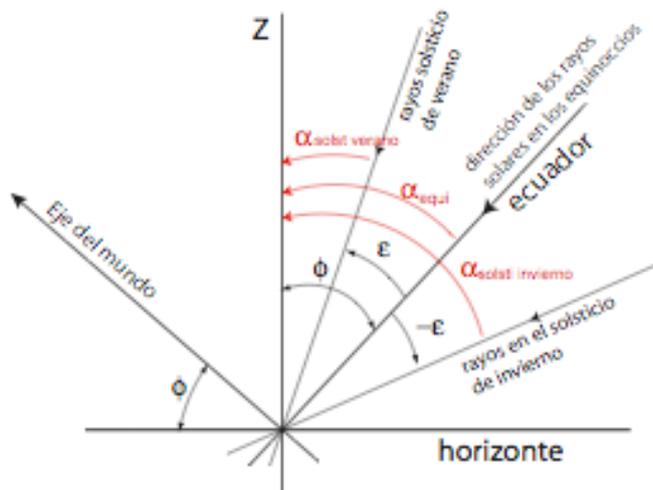
Figura 9: Equinoccios de otoño y primavera. La mancha luminosa sobre la puerta de entrada.

Hay que hacer notar que la foto que aparece en la figura 9 no corresponde exactamente a ninguno de los equinoccios, si a días próximos, puesto que como puede observarse el rayo incide, no sobre el cilindro sino justo encima de él, ya al principio de la bóveda.

La orientación del eje del Panteón no sigue rigurosamente la línea Norte-Sur pero el desvío es tan pequeño que provoca únicamente que el fenómeno descrito más arriba se produzca, aproximadamente, un minuto antes.

En los meses que está en vigor el horario de verano, el fenómeno se produce una hora más tarde.

En las imágenes de la derecha de las figuras 7, 8 y 9 se han escrito los valores de los ángulos que forman los rayos de Sol con la vertical del lugar los días de los solsticios de invierno, de verano y los equinoccios respectivamente. Estos valores, que llamaremos α , se obtienen observando la figura 10 mediante las expresiones:



$$\alpha_{\text{equi}} = 90 - \phi \quad \text{para los equinoccios}$$

$$\alpha_{\text{sols verano}} = 90 - \epsilon \quad \text{para el solsticio de verano}$$

$$\alpha_{\text{sols invierno}} = 90 + \epsilon \quad \text{para el solsticio de invierno}$$

Figura 10: Ángulos que forma la vertical del lugar y los rayos solares en los solsticios y equinoccios.

donde ϕ es la latitud del lugar, en el caso del Panteón 42° y $\epsilon = 23^\circ 27'$ el ángulo que forma el eje terrestre con la normal al plano de la eclíptica.

Así resulta que $\alpha = 48^\circ$ en los equinoccios; en el solsticio de verano $\alpha = 18^\circ 33'$ y para el solsticio de invierno $\alpha = 65^\circ 27'$.

En conclusión, podríamos decir que el templo del Panteón fue concebido como una cosmogonía, como un observatorio del Cosmos, de ahí su orientación al Norte, punto fijo de la bóveda celeste y que permite comprender la variación de las estrellas a lo largo de los días y las noches.

Bibliografía

- Casali, Giuliano. Euroastro. Proyecto Sócrates Comenius. Roma 2002.
- Masi, Fausto. Il Panteón come Strumento Astronomico. Edi. Internazionale E.I.L.E.S. Roma 1996.