

# Matemáticas en Roma: la línea meridiana de santa María degli angeli

CARMEN GONZÁLEZ MARTÍ

La línea meridiana de santa María degli angeli refleja la interconexión entre ciencia, arte, política y religión. Ilustra de forma asequible para el alumnado de 4.º de ESO algunas relaciones entre astronomía y trigonometría, y ayuda a entender la variabilidad de las fechas de la pascua católica. El artículo persigue integrar los conocimientos matemáticos del alumnado en el marco de un viaje de estudios a Roma.

*Palabras clave:* Turismo matemático, Astronomía, Trigonometría, Calendario, Interdisciplinar.

## **Mathematics in Rome: the meridian line at santa Maria degli angeli**

The meridian line at santa María degli Angeli reflects the interconnection among science, arts, politics and religion. It shows, in an affordable way for GCSE students, some relations between astronomy and trigonometry and helps us to understand the variability in catholic Easter dating. This paper aims to integrate the students' mathematical skills within the context of an eventual school trip to Rome.

*Key words:* Mathematical tourism, Astronomy, Trigonometry, Calendar, Interdisciplinary.

Los viajes de estudios ofrecen una oportunidad estupenda para ver aplicaciones de las matemáticas. Lamentablemente, la mayoría de las guías turísticas ignoran esta faceta de la cultura. Este artículo pretende presentar la impresionante línea meridiana de la basílica romana de santa María degli angeli, así como sugerir algunas actividades para su mejor disfrute por parte del alumnado.

## **Definición. Un poco de historia**

Línea meridiana: es el meridiano de la esfera terrestre que pasa por un lugar determinado. Marca por tanto la dirección norte-sur y divide por la mitad la trayectoria aparente del sol a lo largo de un día. Cuando el sol, en su recorrido diario de este a oeste, se sitúa sobre la meridiana, es el mediodía solar del lugar. Además, en ese momento el sol alcanza su posición más alta (ese día) sobre el horizonte. La altura al mediodía en cada lugar depende de la latitud y de la fecha. En Roma —y, con poca variación, en la península ibérica—, la altura mínima (21 de diciembre) es de unos  $25^\circ$  sobre el horizonte y la máxima de unos  $70^\circ$  (21 de junio).

Los antiguos romanos (y no sólo ellos), antes de construir una nueva ciudad, trazaban la línea meridiana (cardo) y una perpendicular (decumano) alrededor de las cuales edificaban en forma de cuadrícula. El cardo se utilizaba también para el correcto emplazamiento de los relojes (de sol) (Strano, 2007). Cuando no existían los relojes mecánicos, las líneas meridianas permitían además controlar el comienzo de las estaciones, señalando posibles deficiencias del calendario.

¿Por qué y para quién es tan importante controlar la exactitud del calendario? Entra en escena la iglesia católica que, en el concilio de Nicea (año 325) determina que el domingo de pascua debe ser el primer domingo posterior a la primera luna llena de la primavera [Actividad 1]. Ahora bien, a mediados del siglo XVI, los científicos llevaban años quejándose del desfase que presentaba el calendario vigente (calendario juliano, fijado en época de Julio César) respecto al año solar real. Nada menos que 11 días de retraso. ¿Se estaba celebrando la pascua de forma incorrecta? ¡Horror! En 1582, el papa Gregorio XIII convocó a los expertos —católicos— para reformar el calendario y se elaboró la versión que sigue vigente hoy con el nombre de *calendario gregoriano* (Crosby, 1998) [Actividad 2].

Y en este punto empieza la aventura de nuestra meridiana romana.

1700 es el primer año en que difieren el cómputo juliano y el gregoriano. 366 días para el primero y 365 para el otro. Para celebrar esta peculiaridad, el papa Clemente XI, decide construir una espectacular línea meridiana en Roma.

¿Por qué se eligió la iglesia de Santa Maria degli Angeli? Las iglesias eran construcciones especialmente adecuadas al tratarse de espacios muy grandes y poco iluminados. Por otra parte, el edificio que albergue una meridiana debe ser muy estable: cualquier oscilación de las paredes, la cesión del suelo, invalidan las medidas. La basílica se había construido en 1566 aprovechando los muros de las termas romanas de Diocleciano. Por tanto las paredes y el suelo estaba ya bien asentados y habían demostrado con creces (¡1400 años!) su solidez. Además contaba

con un muro orientado al sur (imprescindible para poder «cazar» al sol) (Catamo M. y Lucarini C., 2002). El Papá confió la tarea a Francesco Bianchini (1662 - 1729), erudito (arqueólogo, historiador, cartógrafo y con una buena formación astronómica). Éste se basó en el trabajo del gran astrónomo Gian Domenico Cassini, autor de la meridiana de san Petronio en Bolonia (1655). La meridiana clementina se inauguró el 6 de octubre de 1702.

## Descripción y funcionamiento

En el muro sur, a 20 m de altura (este será el *radio* de la meridiana), está el *foro*, agujero por el que entra la luz del sol durante unos 10 minutos alrededor del mediodía solar. Es muy pequeño, lo que produce un efecto de cámara oscura: vemos el sol (y no el agujero). De hecho, si la atmósfera está clara, se pueden apreciar las manchas solares; ¡hay quien ha tenido la fortuna de ver un eclipse de sol deslizándose sobre la línea! (Catamo, M., y C. Lucarini, 30).

La línea es una estrecha banda de latón de 38 m de longitud; a derecha y a izquierda de la línea aparecen las graduaciones en grados sexagesimales y centésimas partes del radio respectivamente. Así, se observa que  $45^\circ$  coinciden con la subdivisión 100: en ese punto, la distancia al pie de la línea es igual a la altura del foro (radio) [Act. 3].

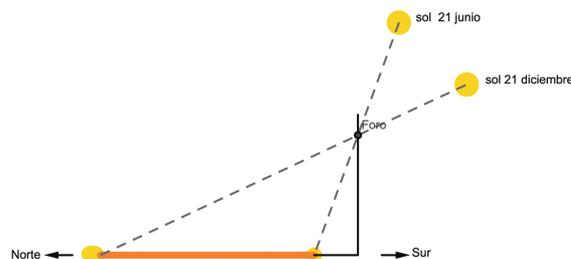


Figura 1



Figura 2. Foro de la meridiana  
(Foto: J. March)

A lo largo de 365 días, el sol recorre dos veces la línea meridiana: en sentido sur-norte del 21 de junio al 21 de diciembre, y en sentido contrario del 21 de diciembre al 21 de junio del año siguiente. Debido a la inclinación del suelo de la iglesia respecto a la eclíptica, la imagen (corte del cono de luz con el plano del suelo) va ganando excentricidad: casi una circunferencia en el solsticio de verano (21cm × 20 cm) hasta una elipse clara (110 cm × 46 cm) en el de invierno. Las representaciones de las constelaciones que flanquean la línea, seis de subida y seis de bajada, indican la casilla del zodiaco en la que se encuentra el sol en ese momento. Los preciosos dibujos están realizados mediante incrustaciones de mármoles de muchísimos tipos, en los que se han fijado —con su posición real— estrellas de latón de tamaño variable (dependiendo de la magnitud) [Actividades 4, 5, 6 y 7].

Hacia el centro de la línea se pueden observar dos elipses y dentro de ellas dos pequeñas reglas de bronce graduadas; estamos en el núcleo duro del



Figura 3  
(Foto: J. March)



Figura 4. 21/12/2008. Solsticio de invierno  
(Foto C. Quilli)



Figura 5. Regletas para determinar la entrada en primavera  
(Foto: J. March)

asunto: las elipses coincidirían con la imagen del sol en ambos equinoccios, si estos se produjeran exactamente al mediodía. Como no suele ser el caso, las regletas permiten medir el desfase horario entre el momento del equinoccio y el mediodía. La inscripción repetida «Terminus Paschae» limita el periodo en el que puede celebrarse el domingo de pascua.

## La meridiana boreal

Ahora viene la sorpresa: hay *otra* línea meridiana en la iglesia. Nuestro planeta no es una esfera perfecta y por ello, su rotación diaria provoca un pequeño «bamboleo» del eje. La meridiana boreal refleja las elipses descritas por la estrella polar alrededor del eje de la Tierra, desde el año 1700 hasta el 2500, a intervalos de 25 años. Tras la remodelación de la iglesia en 1750, la meridiana boreal ya no está operativa. Pero pueden observarse las elipses, cerca del pie de la meridiana austral, junto al muro sur. Desde ahí, mirando hacia el norte, en la parte curva del ventanal que corona el altar actual, se puede ver suspendida una corona de latón con una cruz en su interior. El orificio rectangular de esa cruz era el foro de la meridiana.



Figura 6. Meridiana boreal  
(Foto: J. March)

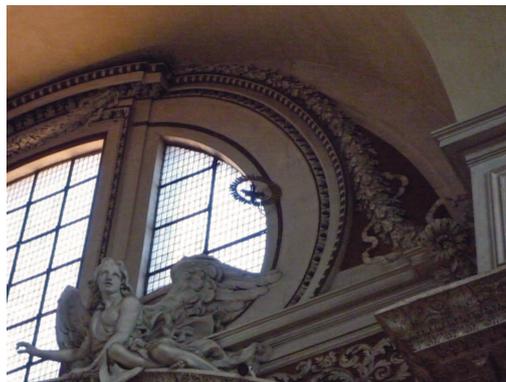


Figura 7. Foro de la meridiana boreal  
(Foto J. March)

## Actividades

A continuación se proponen varias actividades de índole más o menos matemática que pueden ayudar a asimilar mejor la visita a la línea (con asterisco, las actividades a realizar *in situ*).

### Actividad 1

Las vacaciones de semana santa se rigen por el calendario católico. Toma el 21 de marzo como comienzo de la primavera. Teniendo en cuenta que *el domingo de pascua (DP) debe ser el primer domingo posterior a la primera luna llena de la primavera* determina en qué fechas puede tener lugar esa festividad de los católicos.

*Si el 21 de marzo es sábado y hay luna llena, el DP será el domingo 22 de marzo. Si el 21 de marzo es domingo y la luna llena fue el sábado 20, hay que esperar 28 días hasta la próxima luna llena (sábado 18 de abril) y el DP será el domingo 29 de abril.*

### Actividad 2

Teresa de Ávila (Santa Teresa de Jesús para los católicos) murió la noche del 4 de octubre de 1582. La enterraron al día siguiente, el 15 de octubre. ¿No te parece

un poco raro? ¿Cuál es la diferencia entre el calendario juliano y el calendario gregoriano?

*La muerte de Teresa de Ávila coincidió con la supresión de 11 días del calendario.*

*En el calendario juliano son bisiestos todos los años múltiplos de 4. En el gregoriano se suprimió el 29 de febrero de los años que, aun siendo múltiplos de 4, también lo son de 100 —por ejemplo 1700, 1800, 1900 no fueron bisiestos; tampoco lo será 2100) con excepción de los múltiplos de 400 (2000 sí fue bisiesto, y lo será también 2400).*

### Actividad 3

¿Por qué la línea meridiana no se prolonga hasta llegar al muro sur?

*No serviría de nada: el sol, en Roma, nunca está a 90° sobre el horizonte. Eso sólo sucede en las latitudes intertropicales.*

### Actividad 4

¿Cómo se construyó la meridiana? La línea meridiana tiene dos graduaciones. A la derecha, los números señalan las centésimas partes del radio. El radio es la altura a la que se encuentra el foro, agujero por el que entra el sol. Por ejemplo, la marca 63 quiere decir que, en ese punto, la distancia al muro sur es de 63 centésimas del radio o sea  $0,63r$  ( $0,63 \cdot 20 = 12,6$  metros). Las divisiones de la izquierda señalan ángulos. Por ejemplo, la marca 33 indica que el sol pasa por ese punto con una altura sobre el horizonte de  $90^\circ - 33^\circ = 57^\circ$ .

¿Por qué las divisiones en partes del radio son equidistantes, y las angulares no lo son?

*Las razones trigonométricas no son lineales:  $\tan(2\alpha) \neq 2\tan \alpha$*

¿Cuál es la distancia  $d$  desde la marca angular 33 hasta el muro? Para ti, es fácil averiguarlo (¡hazlo!). Cuando se construyó



Figura 8.  
(Foto: J. March)

la meridiana no disponían de calculadoras, pero sí de tablas trigonométricas, unos gruesos libros con las razones trigonométricas de los ángulos. También disponían de tablas con la altura del sol sobre el horizonte a lo largo del año. Con esos datos, y graduaron la línea. La otra opción era esperar cada día a que pasara el sol sobre la raya y entonces hacer la marca. Y si llueve o está nublado ... hasta el año que viene. ¡Merece la pena utilizar la trigonometría!

$d = 13$  m (aprox.) ( $d = r \cdot \tan 33^\circ$ ) o, en centésimas del radio, 65 ( $13 = x \cdot 0,01 \cdot r$ , es decir,  $x = 65$ ) que corresponde con la marca de la línea.

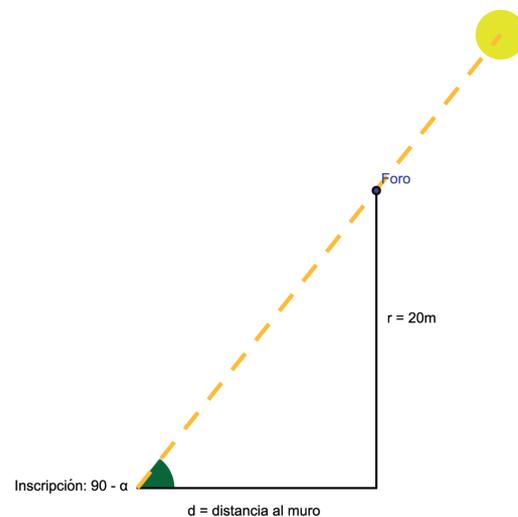


Figura 9

En el original hay unas explicaciones en las referencias, que he quitado. Esto debería hacerlo en el texto, ¿no?

MARZO  
2015

### Actividad 5 (\*)

En qué época del año atraviesa el sol la línea en la marca angular 33?

*La marca está cerca de la fecha más tardía posible para la pascua, así que debe de ser a mediados de abril (o, en el camino de vuelta, a principios de septiembre)*

### Actividad 6 (\*)

Localiza la constelación de Escorpio. ¿Por qué es tan pequeña?

*La iglesia es muy anterior a la construcción de la meridiana. Escorpio no tiene sitio porque una columna se lo impide.*

### Actividad 7 (\*)

Antes del viaje, carga en tu móvil una foto de la constelación relativa a tu signo el zodiaco (¡sólo las estrellas!). En la basílica, compara la forma y magnitud de las estrellas de tu foto con las de la representación en mármol junto a la meridiana. Comparte la información con otras personas del grupo: ¿alguien ha tenido dificultades?

*Algunas constelaciones han sido restauradas y, lamentablemente, la nueva versión no tiene las estrellas.*

## Referencias bibliográficas

CATAMO, M., y C. LUCARINI, (2002), *Il cielo in basilica*, Agami, Madonna dell'Olmo (Cuneo).

CROSBY, A. W. (1998), *La medida de la realidad*, Crítica, Barcelona.

STRANO, G. (2007), «Le origini della gnómica», en F. Camerota (ed.), *La linea del sole: le grandi meridiane fiorentine*, Edizioni della meridiana, Firenze, 10-12.

## Referencias web

[http://www.santamariadegliangeliroma.it/paginamastersing.html?codice\\_url=la\\_meridiana&lingua=SPAGNOLO&ramo\\_home=La\\_Meridiana](http://www.santamariadegliangeliroma.it/paginamastersing.html?codice_url=la_meridiana&lingua=SPAGNOLO&ramo_home=La_Meridiana)

[http://www.dailymotion.com/video/xuhu5z\\_el-cambio-del-calendario-juliano-al-gregoriano\\_tech](http://www.dailymotion.com/video/xuhu5z_el-cambio-del-calendario-juliano-al-gregoriano_tech)

<http://mizar.blogalia.com/historias/67616>

<http://web.romascuola.net/itaer/vaula/geografia/Meridiana/IngPian.htm>

44  
SUMAR  
78

CARMEN GONZÁLEZ MARTÍ  
IES Parque Aluche (Madrid)