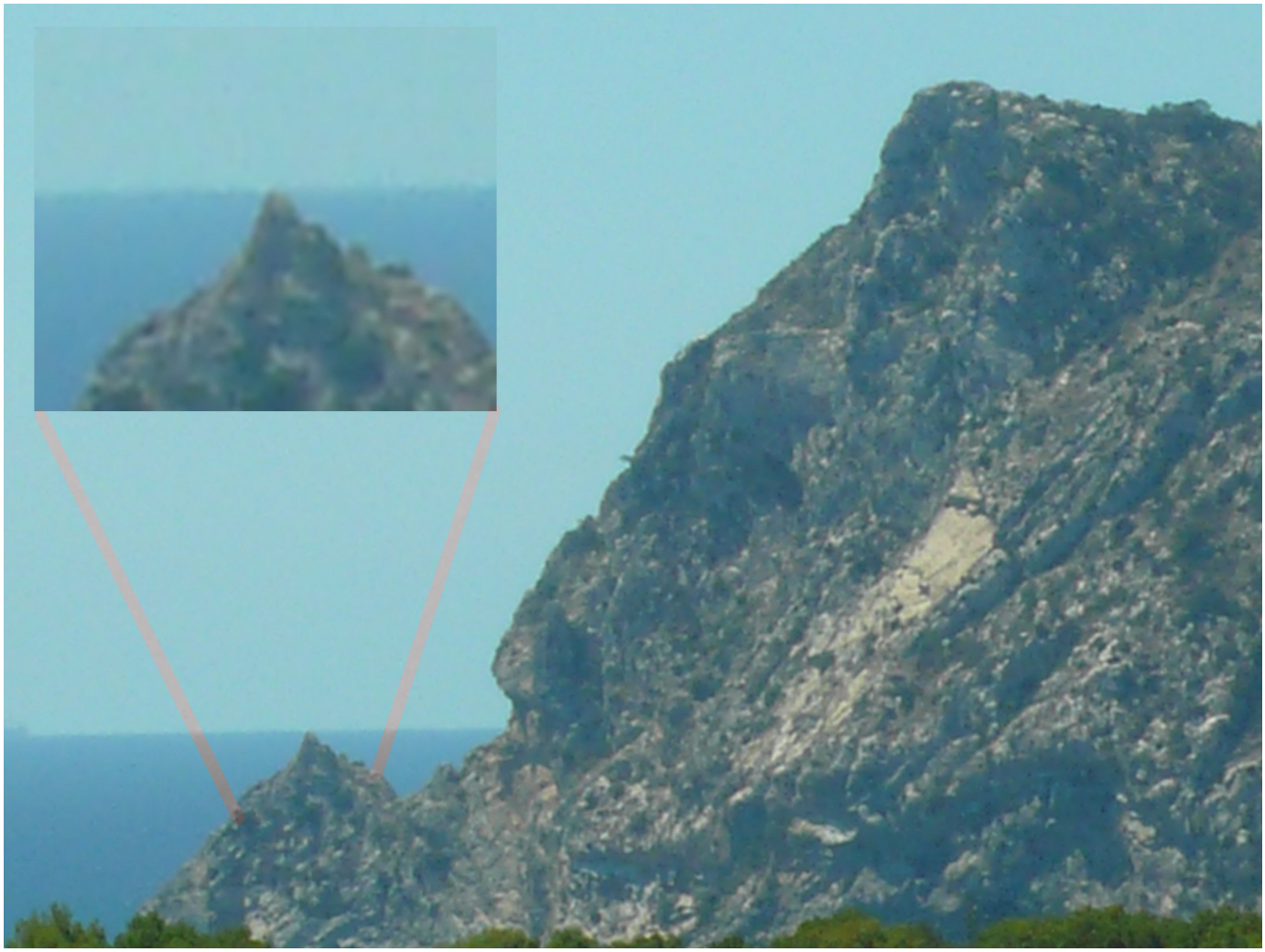
EL CÁLCULO DEL RADIO DE LA TIERRA DESDE MI JARDÍN

Francisco Pavía Alemany

paco.pavia.alemany@gmail.com

La alineación del horizonte marino, con algún accidente geográfico permite calcular el radio de la tierra..

Lo extraño del hecho, es que esta circunstancia no se haya utilizado desde la antigüedad para determinarlo dado que ya se poseía ***el concepto, los conocimientos*** *y* ***los datos*** *necesarios para realizarlo.*



Fotografía 1.- La foto tomada desde el lugar correcto. Puede verse perfectamente la alineación entre la "Punta del Carallot", y el horizonte marino.

Hace algunos días me encontraba plácidamente sentado en el jardín de mi casa, cuando de súbito me percaté de un pequeño detalle: Una curiosa coincidencia visual se cumplía desde mi posición privilegiada, el horizonte marino se alineaba con el vértice de un pequeño promontorio que posee el Peñón de Ifac en su extremo SE, conocido con el topónimo de "Punta del Carallot". (Fotografía 1)

Además esta alineación era muy sensible a pequeños desplazamientos en vertical; en la terraza del primer

Fotografía 2.- A unos escasos 3 metros de altura del punto anterior, puede verse cómo la alineación desaparece.

piso, unos escasos 3 m encima, la alineación se perdía. (Fotografía 2)

Al poco tiempo percibí que este detalle se podía utilizar para determinar el Radio de la Tierra y así lo hice.

La circunstancia descrita no es una rareza, este tipo de alineamiento en que desde nuestra posición observamos que la cumbre de una isla o cualquier otro detalle geográfico se alinea con el horizonte marino se produce con frecuencia, especialmente una vez alertados y estando pendiente del detalle, e incluso lo podemos buscar y forzar.

Lo extraño del hecho, es que esta circunstancia no se haya utilizado desde la antigüedad para determinar el radio de la Tierra, dado que ya se poseía **el concepto, los conocimientos** y **los datos** necesarios para realizarlo.

-El concepto de **una Tierra esférica** no se generalizó hasta la demostración directa mediante la circunnavegación de la Tierra por Juan Sebastian Elcano (1519-1522).

Pero desde el siglo VI a.C. en que surgió la idea de **la esfericidad de la Tierra** en la filosofía griega, parece ser que Pitágoras (580-495 a.C.) fue su precursor, siempre ha habido pensadores defensores de este **concepto**.

-Los conocimientos necesarios para la determinación del Radio de la Tierra por este método, se reducen a la aplicación de dos veces del **Teorema de Pitágoras** y a la resolución de un **sistema de dos ecuaciones** con dos incógnitas**.**

-**Los datos** necesarios se limitan a conocer:

La altura de la isla o punto que se alinea con el horizonte.

La altura del acantilado o punto en que nos encontramos.

La distancia entre estos dos puntos.

A pesar de tener los geómetras las posibilidades para utilizar este método desde la antigüedad, lo que hubiese podido aportar una buena estimación del Radio de la Tierra mediante una aplicación reiterada, no me consta

que se realizara.

El primer cálculo de la circunferencia de la Tierra.

Se atribuye a Eratóstenes (276-194 a.C.) la primera estimación del valor de la circunferencia de la Tierra.

Eratóstenes disponía del mayor tesoro que pudiera anhelar en sus tiempos un amante del conocimiento, los miles y miles de pergaminos y papiros que albergaba la biblioteca de Alejandría, que él dirigía.

En uno de estos documentos, un día leyó una pequeña curiosidad que ocurría en Siena (actual Asuán*): El día del solsticio de verano, a mediodía, el Sol se veía reflejado en el fondo de los pozos*.

Este especial y pequeño detalle, puso en funcionamiento su mente inquieta que supo aprovecharlo, proporcionándole el concepto mediante el cual podría determinar por primera vez, la longitud de la circunferencia de la Tierra.

En el siguiente solsticio de verano, mediante un gnomon en posición vertical que había preparado en Alejandría, pudo verificar que a mediodía éste si producía sombra.

En su época no se utilizaban los grados para medir ángulos; Estos se medían como fracciones del círculo. Por ejemplo un ángulo de 45 grados era definido entonces como 1/8 de círculo.

A partir de esta sombra, Eratóstenes pudo concluir que ambas ciudades estaban situadas con una diferencia de latitud equivalente a un ángulo de 1/50 de circunferencia, (7º 12´)

A partir de la inmensa información que disponía en su biblioteca, pudo determinar que la distancia entre dichas ciudades era de 5000 estadios egipcios (un estadio media 300 codos de 52,35 cm).

Solamente necesitaba multiplicar este valor por 50 para obtener el valor buscado, 250 000 estadios (39 262,5 Km.), obteniendo una buena aproximación a los 40 000 Km. que hoy le asignamos.

Posteriormente otros repitieron las mediciones, pero obtuvieron valores erróneos y muy inferiores a los de Eratóstenes, empequeñeciendo nuestro planeta.

Almagesto "El más grande".

Ptolomeo Claudio (87-170 d.C.) astrónomo, geógrafo y matemático, recopiló todo el conocimiento que se tenía sobre los astros en trece volúmenes, que titulo *Mathematike syntaxis*. Los árabes la tradujeron con el titulo *al-Majisti* (El más grande)

Entre los datos recopilados figuraba el valor de la circunferencia de la Tierra, pero no el que había obtenido Eratóstenes, sino el de uno de sus seguidores, que estimó esta cifra próxima a los 25 000 Km.

Con la conquista de Toledo en 1085, se tradujo el gran acervo allí existente al latín y a partir de este momento, por toda Europa, las ideas que Ptolomeo había plasmado se convierten en una especie de Biblia. No cabía su modificación ni siquiera la simple duda.

El descubrimiento de América

Colón, en su intención de llegar a las Indias navegando hacia el Oeste, seguramente se dejó influir por estas fuentes de información erróneas sobre el tamaño de la circunferencia de la Tierra, que suponían el equivalente al de unos 25 000Km. actuales, trasmitidas por el **Almagesto**; de conocer la verdadera distancia que le separaba de la India, lo más probable es que no se hubiera propuesto realizar el famoso y fructífero viaje.

Por ello también podemos decir que **America la descubrió Colón,** gracias a que los geómetras no tuviesen en aquellos tiempos, "*la feliz idea*" de aplicar dos veces el teorema de Pitágoras y resolver un sistema de dos ecuaciones como veremos a continuación para determinar la circunferencia aproximada de la Tierra. Dado que si en vez de los 25.000 Km estimados este valor hubiese sido mas próximo a los 40.000 Km probablemente Colon no hubiese tenido la osadía de emprender la travesía.

DISTANCIA DESDE UNA DETERMINADA ALTURA AL HORIZONTE MARINO

Supongamos que nos encontramos en la cumbre de una **isla** con una **altura sobre el mar** "**h**", y deseamos averiguar la **distancia del horizonte marino** "**d**", en función del **Radio de la Tierra** "**R**".

Tenemos:

$$R^2 + d^2 = (R+h)^2 = R^2 + 2R \cdot h + h^2$$

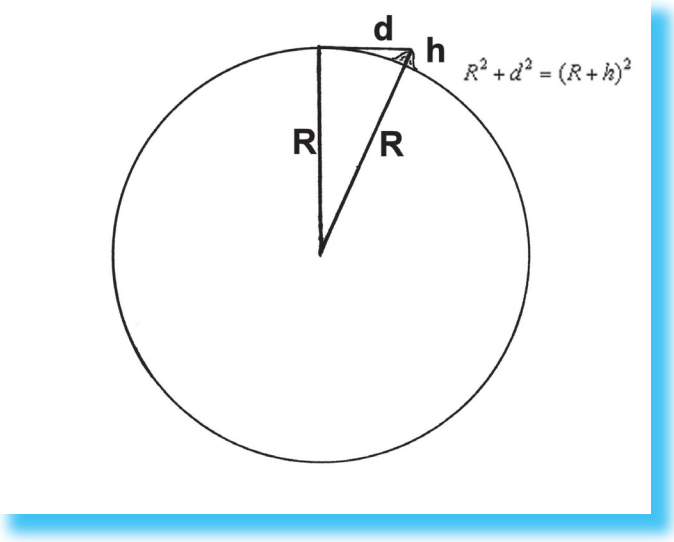


FIGURA Nº 1 Primera ecuación

de donde despejando *d* y simplificando, queda

$$d^2 = 2R \cdot h + h^2$$

y nos será útil la notación $2R = \dfrac{d^2 - h^2}{h}$

Supongamos que ahora nos encontramos sobre un **acantilado** con una **altura sobre el mar** "**H**" y da la casualidad que desde allí observamos que **la altura de la isla** "**h**" coincide con el horizonte marino.

De forma similar tendremos:

$$R^2 + (d+D)^2 = (R+H)^2 \ ,$$
$$R^2 + (d+D)^2 = R^2 + 2R \cdot H + H^2$$
$$(d+D)^2 = 2R \cdot H + H^2$$

Con lo anterior tenemos **un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.**

conocemos "**h**", "**H**" y "**D**"

y las incógnitas son: "**d**" y "**R**"

Sustituyendo **2R** por el valor anterior obtenemos la ecuación de segundo grado:

$$(H-h)d^2 - 2Dhd + (-D^2h - h^2H + H^2h) = 0$$

Y obtenemos primero

$$d = \frac{2D \cdot h \pm \sqrt{4D^2h^2 - 4(H-h)\cdot(-D^2h - h^2H + H^2h)}}{2(H-h)}$$

Y posteriormente $2R = \dfrac{d^2 - h^2}{h}$

En mi caso he conseguido los valores "**h**", "**H**" y "**D**" a partir de la topografía del lugar y he obtenido unos valores muy aproximados para la circunferencia de la Tierra.

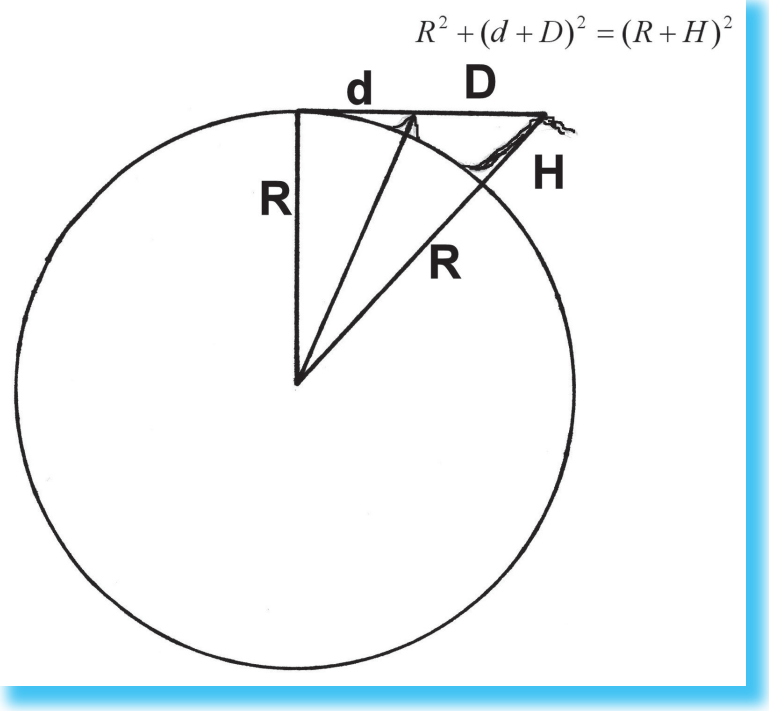


FIGURA Nº 2 Segunda ecuación

En concreto, con el método descrito, y las medidas siguientes:

h = 0.0612 Km.

H = 0.083 Km.

D = 4.59 Km.

Obtuve un R = 6.356 Km.

(El radio medio de la Tierra son 6.371 Km)

En la antigüedad no se disponía de este tipo de planos pero tenían suficientes recursos para determinar dos alturas y una distancia en el caso de que se hubiesen percatado de las posibilidades de este método.