

## Los grandes avances en el conocimiento: El ingenio olvidado

Hoy, en plena era de la electrónica (radar, medidores láser, GPS, satélites artificiales y un largo etcétera), no valoramos en justa medida el ingenio, la imaginación y la perspicacia que, en generaciones pasadas, dieron importantes frutos en el avance del conocimiento.

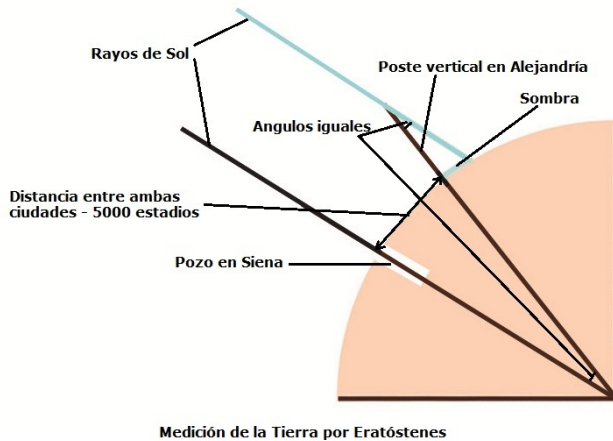
De hecho esta escasa valoración se manifiesta en forma de desconocimiento ¿Cuánta gente sabe que Eratóstenes de Cyrene realizó la medición de la circunferencia terrestre y su radio con valores respectivos de 39.000 Km. y 6.207 Km.? (Dado que el radio medio de la Tierra es de 6.371 Km., el error cometido solo es de un 2,5%) ¿Cuántos saben que tras el largo periodo de oscurantismo, que debemos agradecer al cristianismo, redoblados esfuerzos permitieron entender y conocer mucho mejor el universo cercano (Distancia al Sol y la posición de los planetas en relación al mismo. Tamaños, masas, etc....)? ¿O la importancia que tuvo la observación de los tránsitos de Venus en 1761/1769? Aunque quizás la pregunta debería ser ¿Sabe la mayoría de la gente que es el tránsito de Venus?

¿Cómo pudo Eratóstenes medir con tal precisión el radio de la Tierra con los medios del 240 AC? Ante todo contando con una gran imaginación y grandes dotes de observación. En primer lugar constató que cuando en Siena (actual Asuán) la luz del Sol, a mediodía, iluminaba el fondo de un pozo, es decir que incidía de forma perfectamente perpendicular a la superficie terrestre en ese lugar, en Alejandría, situada al norte, un árbol vertical proyectaba sombra. De ese hecho dedujo la curvatura de la Tierra y le sirvió de base para su cálculo.

Con la ayuda de las caravanas que realizaban la travesía de ciudad a ciudad, midió la distancia entre ambas. Esta resultó ser de 5000 estadios egipcios (un estadio egipcio = 156,9 metros. Luego 5000 estadios son 784,5 Km. La distancia real entre ciudades es de 729 Km., pero la aproximación no está nada mal, dados los medios disponibles)

La relación entre la altura del árbol (o poste clavado verticalmente en el suelo) y la longitud de la sombra nos da el ángulo entre dicho árbol y el rayo de sol. Este ángulo es idéntico al que forman las prolongaciones verticales hacia el centro terráqueo del mencionado árbol y la perpendicular del pozo. Teniendo en cuenta que a ese ángulo le corresponden los 784,5 Km. medidos (en realidad 729 Km.), una simple regla de tres nos da la circunferencia terrestre, y de

ahí al cálculo del radio terráqueo es un simple cálculo geométrico. Ver el gráfico para una más fácil comprensión.



Lo asombroso del proceso no es la dificultad que entraña. Desde nuestros medios actuales, no es algo que parezca difícil. De hecho es relativamente fácil reproducir el experimento, mejorando incluso los resultados. Pero es que hoy disponemos de herramientas que nos

facilitan enormemente todo el proceso. Desde precisas medidas de distancia entre puntos del planeta a igualmente precisas mediciones de ángulos, elementos con los que no contaba Eratóstenes hace 2250 años.

Tendremos que esperar hasta el siglo XVIII (1761-1769) para encontrarnos con una hazaña equivalente, la medición de la distancia Tierra-Sol.

Pero sería injusto tal planteamiento si no reconociéramos las aportaciones previas que hicieron posible tal hazaña.

En efecto, sin el desarrollo de las herramientas necesarias, especialmente los elementos ópticos y los diseñados (y perfeccionados para darles más precisión) para la medición de ángulos, o el desarrollo de planteamientos teóricos como el modelo heliocéntrico de Copérnico, que arrinconó hasta el olvido el sistema de Ptolomeo que situaba la Tierra en el centro del universo. Curiosamente Copérnico no tuvo problemas con la Iglesia, ya que el propio Papa Clemente VII y varios cardenales muestran su interés por los trabajos del estudioso. Lo que no impedirá que, posteriormente, el heliocentrismo de Copérnico sea la base de la condena, por parte de la Inquisición, de Galileo, entre otros.

Y si el heliocentrismo fue un elemento teórico fundamental, no menos importantes son los trabajos de Kepler, cuyas tres leyes permitirán el primer gran paso, establecer las distancias relativas de los planetas referidas a la unidad Tierra-Sol (aunque esta unidad fuera desconocida en ese momento).

Todo eso (y muchos otros elementos que aquí no se detallan) sentarán las firmes bases sobre las que se desarrollará la primera actividad científica de carácter internacional: las mediciones del tránsito de Venus previstas para los años 1761 y 1769.

Pero ¿En qué consiste el tránsito de Venus? Es un acontecimiento astronómico que acontece raramente y que radica en la observación del paso del planeta Venus por delante del Sol.

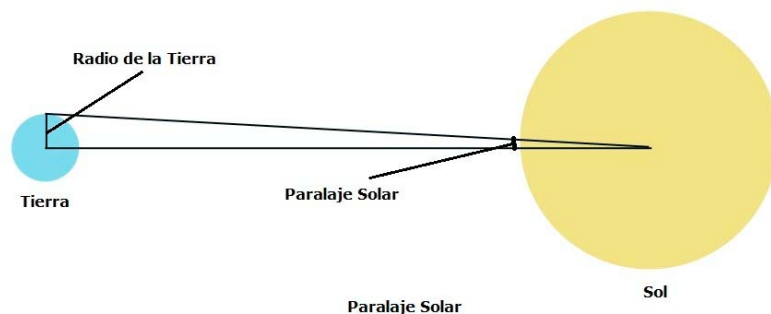
La importancia de tal hecho reside en que brinda la posibilidad de comparar las mediciones del fenómeno desde distintos puntos de la Tierra. Y conociendo la distancia entre los lugares en que se ha hecho tal medición, es factible determinar la distancia Tierra-Sol y con ella el resto de distancias entre los distintos planetas, es decir conocer las dimensiones del sistema solar.

La explicación del método es sencilla, aunque su realización práctica sea compleja, y en especial con los medios con que se contaban en su momento.

Recordemos que cuando se produce el tránsito de Venus, los tres astros están alineados y por tanto, en base a la tercera ley de Kepler podemos afirmar que la distancia de Venus al Sol es de 0,723 UA (Unidades Astronómicas. 1 Unidad Astronómica = Distancia Tierra-Sol) y consecuentemente la distancia de la Tierra a Venus es igual a  $1 - 0,723 = 0,277$  UA.

Por otra parte si pudiéramos conocer el paralaje solar, el cálculo de la distancia Tierra-Sol sería coser y cantar. Algunos os preguntarán que es el paralaje solar. Es muy simple, el ángulo que forma en el centro del Sol el triángulo rectángulo que une los siguientes puntos: centro de la Tierra, centro del sol y extremo del radio de la Tierra perpendicular

a la línea anterior. Lo veréis mejor en el siguiente dibujo



Ahora vienen unas pocas

matemáticas, pero no os asustéis. Sabemos que el ángulo  $\alpha$  (ver imagen sobre el tránsito de Venus) es proporcional a la relación entre la distancia entre los puntos de observación y la distancia entre la Tierra y Venus, es decir

$$\alpha = \frac{b}{0,277 \text{ UA}}$$

Por otra parte, si llamamos **P** al paralaje solar, también sabemos que es proporcional al radio de la Tierra (**r**) y la distancia de esta al Sol, es decir

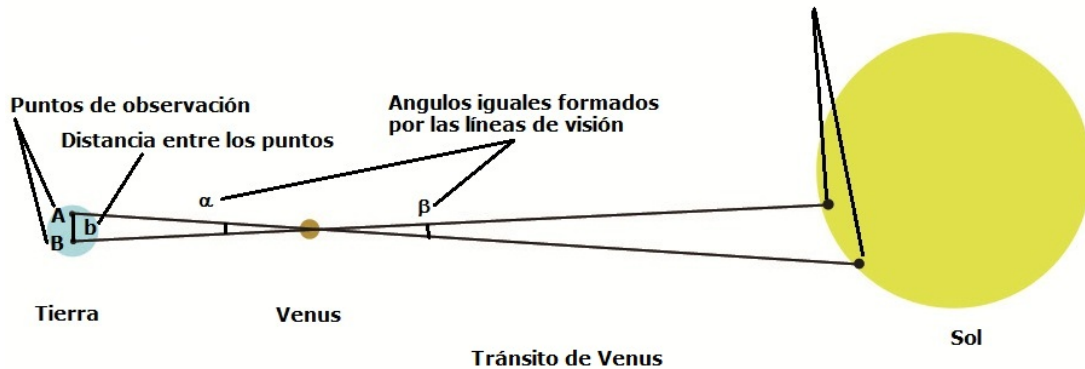
$$P = \frac{r}{1UA}$$

Al dividir ambas expresiones obtenemos  $\frac{\alpha}{P} = \frac{b}{r} \cdot \frac{1}{0,277}$

o lo que es lo mismo

$$P = \frac{\alpha}{3,6} \cdot \frac{r}{b}$$

Proyección de la sombra de Venus sobre el Sol según la posición de observación



De ahí el interés en encontrar el valor de  $\alpha$

Como se puede ver, no se precisan unas matemáticas muy complejas, pero el desarrollo de la idea sí requiere ingenio. Y por supuesto un gran tesón y esfuerzo la realización práctica del proyecto con los medios disponibles en aquel momento.