



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

EL PROBLEMA DE LA LONGITUD GEOGRÁFICA

Página 12

futuro

El problema de la longitud geográfica

LA HISTORIA DEL RELOJ DE HARRISON QUE SIMPLICIO LA NAVEGACIÓN

Por Rodolfo Petrá:

"Cuando te regates un reloj te regates un pequeño infierno. Juntos, una cadena de cosas, un colapso de cosas".
Julio Cortázar, "Resistencia a las instrucciones para dar cuenta al reloj".

Si bien desde la antigüedad la náutica fue una actividad peligrosa, en la cual una tormenta podía provocar naufragios o naufragios, los marinos redujeron los riesgos navegando, por lo general, de puerto en puerto sin alejarse más de lo necesario de la costa. Para ello contaban con cartas en donde se detallaban datos importantes como vientos, profundidades y mareas traccionadas.

PERDIDOS EN EL MAR

El descubrimiento de Colón en América marcó el inicio de una nueva época para la navegación marítima. En pocos años las dimensiones del mundo conocido por los europeos se ampliaron notablemente y las aspiraciones por explorar los nuevos territorios obligaron a los marinos a cruzar mares desconocidos, aumentando así riesgosos desafíos.

Cuando Colón decidió internarse en "la mar oceano" el nombre con que era conocido en esos años lo que hoy llamamos océano Atlántico, sabía que el mundo era más pequeño de lo que realmente es y que la costa de Asia se encontraba relativamente cerca. El genovés también era consciente de que lejos de tierra firme y en mitad del inmenso mar, no podría saber con precisión dónde se encontraba.

Los navegantes podían calcular de forma relativamente sencilla su posición en el eje norte-sur, la latitud, calculando con el cuadrante la altura del sol al mediodía y comparando sus mediciones con las cartas astronómicas que indicaban para cada latitud y para cada día del año los grados de altura que se separan al sol del horizonte. Por ejemplo, durante los equinoccios, en el Ecuador el sol está perpendicular al suelo al mediodía y a medida que avanzamos al norte o al sur estará más cerca del horizonte. Mediante este método los navegantes podían determinar



REFERENCIA: 7MMG148

Otros temas de cultura científica

El problema de la longitud geográfica

LA HISTORIA DEL RELOJ DE HARRISON QUE SIMPLIFICÓ LA NAVEGACIÓN

Por Rodolfo Petriz

“Cuando te regalan un reloj te regalan un pequeño infierno florido, una cadena de rosas, un calabozo de aire”
Julio Cortázar, “Preámbulo a las instrucciones para dar cuerda al reloj”.

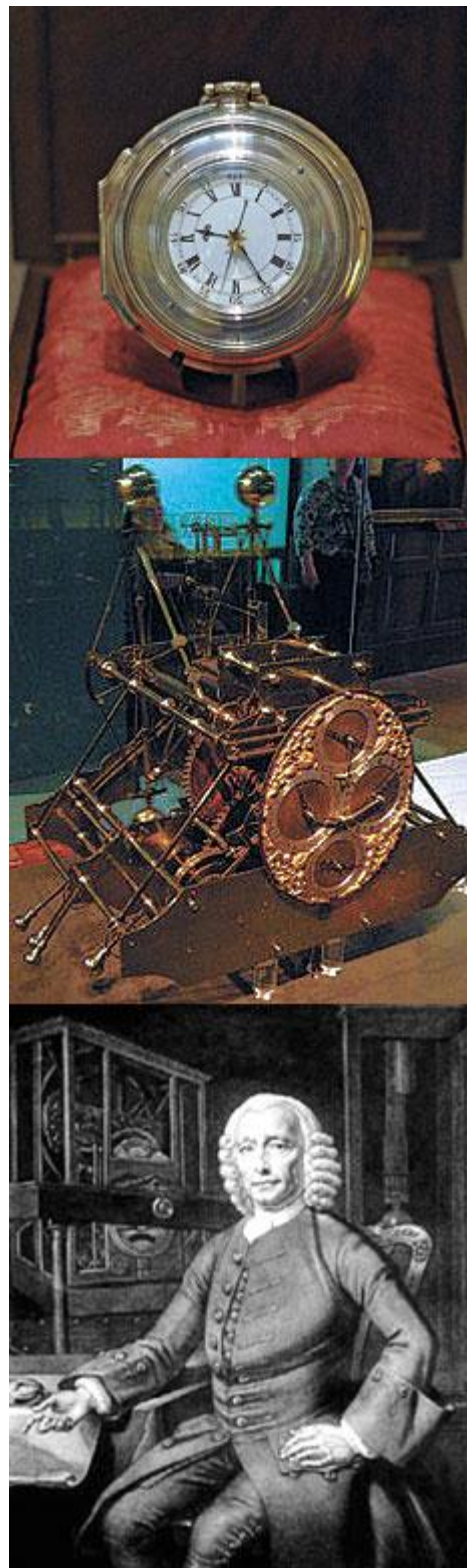
Si bien desde la antigüedad la náutica fue una actividad peligrosa, en la cual una tormenta podía provocar extravíos o naufragios, los marinos reducían los riesgos navegando, por lo general, de puerto en puerto sin alejarse más de lo necesario de la costa. Para ello contaban con cartas en donde se detallaban datos importantes como vientos, profundidades y rocas traicioneras.

PERDIDOS EN EL MAR

El desembarco de Colón en América marcó el inicio de una nueva época para la navegación marítima. En pocos años las dimensiones del mundo conocido por los europeos se ampliaron notablemente y las aspiraciones por explotar los nuevos territorios obligaron a los marinos a cruzar mares desconocidos, asumiendo así riesgosos desafíos.

Cuando Colón decidió internarse en “la mar océano” —el nombre con que era conocido en esos años lo que hoy llamamos océano Atlántico— suponía que el mundo era más pequeño de lo que realmente es y que la costa de Asia se encontraba relativamente cerca. El genovés también era consciente de que lejos de tierra firme y en mitad de un ancho mar, no podría saber con precisión dónde se encontraba.

Los navegantes podían calcular de forma relativamente sencilla su posición en el eje norte-sur, la latitud, calculando con el cuadrante la altura del sol al mediodía y cotejando sus mediciones con las cartas astronómicas que indican para cada latitud y para cada día del año los grados de altura que separan al sol del horizonte. Por ejemplo, durante los equinoccios, en el Ecuador el sol está perpendicular al suelo al mediodía y a medida que vayamos al norte o al sur estará más cerca del horizonte. Mediante este método los navegantes podían determinar



con una precisión de medio grado, 30 millas náuticas o unos 54 kilómetros, en qué lugar entre el Ecuador y los polos se encontraban.

Sin embargo, con este único dato no era suficiente, ya que para conocer su posición en la superficie terrestre los marinos debían contar también con una medición en el eje este-oeste, la longitud. La intersección de ambos datos, correspondientes a la división en paralelos y meridianos ideada por los cartógrafos griegos y optimizada por Ptolomeo en el siglo II d.C., indica con precisión en qué parte del globo terráqueo se encuentra un lugar: por caso, las islas Georgias del Sur están en 54° 26' latitud sur y 36° 33' longitud oeste.

La grave dificultad que tenían los navegantes era que no podían determinar, más que de forma aproximada mediante estimaciones en base a vientos, corrientes marinas y velocidad de desplazamiento, qué distancia habían recorrido hacia el este o el oeste desde el momento en que habían zarpado. Naturalmente el problema afectaba también a los cartógrafos, ya que ellos tampoco podían trasladar a los mapas la localización exacta de los territorios descubiertos. Así, no era infrecuente que los marinos no pudieran regresar con facilidad a lugares en los cuales ya habían estado, siendo aún más difícil para ellos retornar a pequeñas islas avistadas en el océano.

LA CUADRATURA DEL CIRCULO

El problema de la longitud desvelaba a navegantes, hombres de ciencia y reyes por igual, ya que el incremento de los viajes interoceánicos hacía imprescindible mejorar las condiciones de navegación. Cuando un barco se hundía no se perdían sólo vidas humanas, al fondo del mar también se iban valiosas mercaderías o metales preciosos. Jo Ellen Barnett, en *El péndulo del tiempo*, señala que dado lo complejo del asunto, en esos años la frase “hallar la longitud” era equivalente a la expresión “encontrar la cuadratura del círculo”. Es por ello que desde mediados del siglo XVI varios monarcas ofrecieron importantes recompensas para quienes idearan un sistema, factible de ser utilizado en un barco en movimiento, para hallar la longitud.

Durante el siglo XVII se elaboraron métodos basados en los movimientos de algunos cuerpos celestes para solucionar el problema. Galileo propuso utilizar los eclipses de las lunas de Júpiter como elemento de referencia. Con este procedimiento, Cassini pudo determinar mediante complicados cálculos la longitud en tierra firme de algunos lugares. El inconveniente de la propuesta galileana era que requería, además de profundos conocimientos matemáticos, de telescopios y relojes de péndulo, los más exactos de la época. Ambos elementos eran prácticamente inutilizables en un mar en movimiento, especialmente el reloj, ya que para su correcto funcionamiento un péndulo no debe ser sometido a vaivenes que provoquen adelantos o retrasos en su marcha. Otro de los métodos ideados se basaba en los movimientos de la luna respecto de las estrellas fijas, pero también adolecía de problemas que complicaban su uso en medio del mar.

El tercer procedimiento que aparecía como candidato a encontrar la solución no necesitaba de complejas ecuaciones ni de complicadas observaciones, ya que dirigía su mirada a un viejo conocido de la humanidad, el sol. Para beneplácito de los neoplatónicos y otros adoradores del astro rey, algunos científicos creían que además de darnos la latitud, el sol también podría funcionar como referencia para encontrar la longitud.

ESPACIO Y TIEMPO

Al igual que muchas de las grandes creaciones de la humanidad, la idea era extraordinariamente sencilla y ponía en relación dos viejos conocidos: el espacio y el tiempo.

Todos sabemos que la Tierra da un giro completo sobre su eje a una velocidad uniforme en 24 horas. Como la velocidad de giro de nuestro planeta es constante, en un mismo período de tiempo, por caso una hora, la Tierra girará con respecto al sol siempre la misma distancia angular, la veinticuatroava parte

de su circunferencia. De esta forma, el tiempo transcurrido en una porción de giro puede utilizarse como una medida del espacio que media entre un punto y otro de la superficie terrestre.

Ahora bien, ¿cómo medir esa distancia? Comparando las horas, minutos y segundos de diferencia que median entre el mediodía del sitio del que partimos, y que es tomado como referencia inicial, y el mediodía del sitio en donde nos encontramos. Si llevamos un reloj a bordo con la hora del puerto de donde zarpamos, a medida que nos desplazamos hacia el este o el oeste notaremos que el mediodía del lugar en donde estamos difiere de las 12.00 hs que marca el reloj, las cuales indican el mediodía del punto de partida. Una hora de diferencia equivale a una divergencia de 15 grados ($360/24\text{hs}=15$) de longitud respecto del puerto de partida, 15 grados que en la línea ecuatorial representan unos 1660 km. Naturalmente, a medida que nos acercamos a los polos esa distancia se vuelve más pequeña, ya que, a diferencia del grado de latitud cuyo tamaño es el mismo en todo el globo terráqueo –111,12 km–, como todos los meridianos pasan por los polos, el grado de longitud comprende distancias más pequeñas a medida que nos alejamos del Ecuador. Por ejemplo, sobre el paralelo 60º norte un grado de longitud equivale sólo a 55 km.

Como ya vimos para el caso de la latitud, con el cuadrante no era difícil para los marinos determinar con precisión el mediodía; sin embargo, para poder hacer operativo este método había que resolver un problema técnico de difícil solución: fabricar un reloj que soportara durante varios meses las duras condiciones de navegación sin perder su exactitud, ya que unos pocos minutos de adelanto o atraso respecto de la hora de partida producirían errores de decenas de kilómetros en los cálculos posicionales.

EL RELOJERO AUTODIDACTA

A principios del siglo XVIII el problema de la longitud parecía insoluble. Ya estaba claro que los métodos basados en las observaciones lunares eran inservibles para la náutica y los hombres de ciencia, si bien reconocían que la respuesta estaba en crear un reloj extremadamente preciso, eran escépticos sobre la posibilidad de lograrlo. Según relata Wilford, en 1714 Isaac Newton expresó que “debido al movimiento de un barco, las variaciones de calor y frío, humedad y sequedad, y la diferencia de la gravedad en diferentes latitudes, un reloj semejante no será jamás construido”.

Sin embargo, profetizar no es cosa sencilla y, muy a su pesar, los genios también se equivocan.

John Harrison tenía 35 años cuando en 1728 decidió dedicar parte de su tiempo a resolver el problema de la longitud y, de paso, hacerse acreedor de la recompensa de 20.000 libras –una auténtica fortuna en aquellos años– ofrecida por el Parlamento inglés para quien encontrara la forma de calcular la longitud en el mar con un margen de error no mayor a medio grado.

Sus biógrafos cuentan que a los seis años, mientras estaba convaleciente por un ataque de viruela, quedó fascinado por el reloj de sus padres. Sea o no verdadero este dato, lo cierto es que a sus 35 años Harrison ya tenía una larga experiencia como relojero e incluso había introducido mejoras tanto en el mecanismo interno de los relojes como en el funcionamiento de los péndulos.

El primer prototipo de reloj náutico le llevó siete años de trabajo. Conocido como H1, no era todo lo portátil que hubiera sido deseable: tenía 63 centímetros de altura y pesaba 34 kilos. Lo valioso del mismo era que, en su construcción, Harrison simplificó el mecanismo interno reduciendo las partes móviles, y reemplazó el péndulo, inútil en el mar, por un sistema de contrapesos y resortes. Tras comprobar durante un viaje a Lisboa que no se ajustaba a las exigencias impuestas por el Parlamento, puso manos a la obra nuevamente. Entre 1737 y 1739 construyó el H2, y tras otros diecinueve años el H3, con los cuales tampoco pudo obtener el valioso premio.

El comienzo del éxito para Harrison recién llegaría treinta y un años más tarde, en 1759, con el legendario H4. Con notorias diferencias de diseño respecto de sus predecesores, ya que pesaba cerca de un kilo y medio y medía sólo 13 centímetros de diámetro, el H4 fue testeado en 1762 durante un viaje a Jamaica. Tras un periplo de cinco meses, en el cual soportó temporales, cambios de temperatura y

variaciones de presión, su diferencia con respecto a la hora de salida fue menor a los dos minutos, equivalentes a un margen de error inferior al medio grado de longitud requerido por la corona británica para hacerse acreedor de la recompensa.

Sin embargo, como la burocracia real tiene también sus tiempos y sus bajezas, cobrar toda la recompensa fue para Harrison casi tan duro como diseñar el cronómetro náutico perfecto. Recién en 1773, tres años antes de su muerte, tras numerosos reclamos y la fabricación de otro prototipo –el H5–, pudo embolsar la totalidad de las 20.000 libras prometidas.

Además de ayudar a convertir nuestra existencia en un “pequeño infierno” de obligaciones, apuros y exactitudes, el cronómetro H4 fue el primero de los dispositivos que permitieron recorrer exhaustivamente mares y océanos, y así cartografiar con fidelidad la superficie de nuestro planeta. Por ello, se lo considera el precursor de los actuales métodos de navegación terrestre, aérea e incluso espacial.

Después de todo, Neil Armstrong tenía buenos motivos para proponer un brindis por John “longitud” Harrison, como lo apodaron antes de morir.



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Ficha de catalogación

Título:	El problema de la longitud geográfica
Autor:	Rodolfo Petriz
Fuente:	<i>Página 12</i> (Argentina)
Resumen:	Los buenos relojes no solo sirven para medir bien el tiempo, también miden el espacio. Eso fue lo que consiguió John Harrison cuando en 1759 construyó el legendario H4, un reloj capaz de mantener la precisión durante las duras condiciones de una larga travesía en barco. Con él se pudo resolver por fin el viejo problema de medir la longitud geográfica, un reto que desafiaba por igual a científicos y navegantes. Calcular la latitud es relativamente fácil comparando la altura del sol en un lugar a mediodía con lo previsto en las cartas astronómicas que relacionan para cada latitud y cada día del año los grados de altura que separan al Sol del horizonte. Pero para saber la longitud de un lugar es necesario, además, saber la diferencia de la hora en ese sitio con la del lugar de procedencia o con la de otro preestablecido (la del meridiano de Greenwich, por ejemplo). Por eso diseñar un reloj que mantuviera su precisión durante la navegación era un reto que permitiría no solo medir bien el tiempo, sino también el espacio.
Fecha de publicación:	24/03/12
Formato	☐ Noticia
	☒ Reportaje
	☐ Entrevista
	☐ Artículo de opinión
Contenedor:	☐ 1. Los retos de la salud y la alimentación
	☐ 2. Los desafíos ambientales
	☐ 3. Las nuevas fronteras de la materia y la energía
	☐ 4. La conquista del espacio
	☐ 5. El hábitat humano
	☐ 6. La sociedad digital
	☒ 7. Otros temas de cultura científica
Referencia:	7MMG148



Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Propuesta didáctica

Actividades para el alumnado

1. Señala cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas teniendo en cuenta lo que se dice en el texto sobre el problema de la longitud geográfica:

1. Colón creía que la Tierra era mayor de lo que realmente es.	V	F
2. La latitud alude a la posición en el eje norte-sur.	V	F
3. Los navegantes solo podían determinar la latitud en la que se encontraban durante los equinoccios.	V	F
4. La separación de un grado de latitud es de algo más de 100 kilómetros.	V	F
5. La longitud se refiere al espacio recorrido en un viaje, independientemente de la dirección que se siga.	V	F
6. Regresar a una isla es muy fácil. Los navegantes han sabido siempre la manera de seguir la misma ruta en mar abierto.	V	F
7. Los grados de la latitud siempre miden lo mismo en cualquier zona del planeta.	V	F
8. Para determinar la longitud era necesario contar en los barcos con relojes exactos cuyo funcionamiento no se viera afectado por las circunstancias propias de la navegación.	V	F
9. Newton era muy optimista sobre la posibilidad de construir un reloj adecuado para ayudar a determinar la longitud en los viajes en barco.	V	F
10. John Harrison logró construir en 1759 en H4, un legendario reloj cuyo buen funcionamiento en los viajes en barco permitía determinar la longitud con una exactitud aceptable.	V	F

2. ¿Qué son los paralelos y los meridianos? ¿Qué diferencia hay entre la latitud y la longitud geográfica?

3. ¿Cómo se determina hoy la posición en cualquier parte del mundo? ¿Por qué era tan difícil volver a una isla en medio del océano hace quinientos años?

4. ¿Por qué era más fácil determinar la latitud que la longitud en el océano? Repasa el texto y explica con tus palabras de qué modo se consiguió determinar ambas.

5. ¿Por qué fue tan importante el reloj de Harrison? ¿Por qué la corona británica solo daría el premio al que consiguiera diseñar un reloj que, tras una larga navegación, tuviera una diferencia inferior a dos minutos respecto de la hora en el lugar de salida?

6. Imagina que miras tu reloj y ves que son las doce del mediodía. En ese momento decides llamar por teléfono a un amigo que vive al otro lado del Atlántico y le preguntas por la hora de su reloj. Sabiendo de qué ciudad se trata, ¿qué hora te dirá? ¿Por qué hay esa diferencia?

7. Quienes viajan en avión de América a Europa dicen que les cuesta mucho despertarse a la mañana siguiente, mientras que quienes van de Europa a América dicen que, sin querer, se despiertan muy temprano. ¿Por qué les sucede eso? ¿Les pasaba también a los navegantes del siglo XVI?

8. ¿Notaría cambios al despertar una persona que en lugar de recorrer unas horas miles de kilómetros entre el Este y el Oeste, los recorriera entre el Norte y el Sur? ¿Notaría otros cambios?

9. Analiza el mapa de los usos horarios. ¿Crees que hay razones políticas que pueden afectar a la hora establecida en algunos lugares?

10. ¿Desde cuándo existen relojes? ¿Qué otros cambios en las sociedades y en la vida de las personas supuso el uso habitual de relojes para medir el tiempo?



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS



Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Propuesta didáctica
Sugerencias para el profesorado

- De entre las actividades propuestas conviene elegir cuáles se adaptan mejor al grupo y a sus intereses. En todo caso, antes de proponer la realización de las actividades se recomienda una lectura atenta del texto.
- La actividad 1 facilita el análisis del contenido del texto. Su revisión permitirá aclararlo y resolver posibles dudas. Las actividades 2, 3 y 4 se centran en dilucidar algunos conceptos geográficos básicos que aparecen en el texto y en aclarar en qué consistía el problema de la determinación de la longitud. La actividad 5 sugiere explicar la importancia del reloj de Harrison y plantea el motivo por el que esos dos minutos (con su correspondencia en el espacio) eran tan importantes. Las actividades 6, 7 y 8 proponen analizar la cuestión de las diferencias horarias entre lugares de diferente longitud, así como los efectos en los ritmos circadianos o estacionales cuando se hacen viajes rápidos entre lugares separados por miles de kilómetros en longitud o en latitud respectivamente. La actividad 9 sugiere analizar el modo en que determinadas razones políticas pueden estar presentes en la determinación de la hora en algunos lugares (por ejemplo, que en Madrid la hora sea la misma que en Berlín y distinta a la de Londres). La actividad 10 propone una reflexión, que puede ser sencilla o de gran calado en función de la profundidad con que se aborde, como es la de los efectos que supuso en diversas actividades humanas y en la organización social la medición precisa del tiempo mediante relojes.
- Aunque las actividades propuestas están redactadas para ser realizadas individualmente, varias de ellas son especialmente propicias para ser desarrolladas en equipo o incluso en debate abierto con toda la clase. Es especialmente interesante, en este sentido, compartir los trabajos sobre las actividades 4 y 5.
- Podría ser oportuno registrar algunos de los comentarios y las respuestas que aparecen en el aula en torno a las actividades 9 y 10 sobre las relaciones entre los contextos históricosociales y la medición del tiempo. En este sentido, permitirán valorar hasta qué punto tienen conciencia de que aspectos aparentemente objetivos, como la determinación del tiempo, pueden estar afectados por factores histórico sociales o de que la generalización del uso de determinados dispositivos tecnológicos, como el reloj, afectaron grandemente a las formas de vida de los seres humanos.