

137 – Mareas selénicas, pero no volverse lunático, por ello

Hoy en día, tenemos acceso a una información náutica y astronómica muy completa y a menudo inmediata, ya sea en Internet o en los documentos náuticos actuales. Pero no siempre fue así, y menos aún para los marinos aventureros de los Grandes Descubrimientos o del Siglo de Oro. ¿Cómo lo hacían?

Libros como las Instrucciones náuticas de Diego García de Palacio, la Cosmografía práctica de Chávez o el Regimiento de navegación de Pedro de Medina describen los métodos utilizados por los marinos de la época.

A modo de entretenimiento y recordatorio

Durante la Luna nueva, este astro cruza el meridiano superior hacia el mediodía verdadero. En Luna llena, dicho astro cruza el meridiano superior aproximadamente a medianoche.

El intervalo entre dos lunas nuevas consecutivas se denomina lunación. La duración media de una lunación es actualmente de 29 d 12 h 44 m y 2,8 s.

La edad de la Luna es el tiempo transcurrido desde una Luna nueva; el día lunar es un número entero, asociado a los días de una lunación. Se numeran a partir del día 1, que se asigna al día de la Luna Nueva. En los escritos, la expresión "en su 14^o día" se refiere a la Luna llena. Se trata de una aproximación, pero no de una precisión matemática, ya que la lunación es del orden de 29,53 días y no (2x 14) 28 días.

También sabemos que la Luna tiene un retraso medio diario de 50 minutos cuando pasa por nuestro meridiano. Significa que, si la Luna está en el meridiano de un lugar, como media volverá a pasar sobre dicho meridiano al cabo de 24 horas y 50 minutos. A los ingleses les gusta la palabra del "retraso diario de la Luna"... Este retraso se refleja en las mareas y en las horas de pleamar y bajamar.

Antes de los ordenadores y de los cálculos propuestos por La Lande y su famosa fórmula armónica, se utilizaban elementos simples basados en la observación:

Ciclo de Metón

Metón de Atenas fue un astrónomo que vivió en el siglo V a.C. Fue alumno del poco conocido astrónomo Faeno. Se dice que en el 432 a.C., Metón propuso el famoso ciclo que lleva su nombre, pero otros afirman que fue un descubrimiento de Faeno... Amador Rebullida Conesa, en el capítulo 4 de su libro "Arqueoastronomía Hispana", nos recuerda que, en el Paleolítico Superior, las pinturas rupestres nos muestran el conocimiento de similares "números místicos", en particular el 19. También sabemos que la cuestión de la precesión de los equinoccios se conocía en el mismo periodo de la historia humana. Hay mucho sobre lo que reflexionar, ¿verdad?

En resumen, 19 años solares de 365 días y 1/4 corresponden "prácticamente" a 235 lunaciones:

- 19 años solares (19 x 365,25 d) = 6939,75 d
- 235 lunaciones (235 x 29,53 d) = 6939,55 d

Esta coincidencia significa que, cada 19 años, las lunaciones comienzan en las mismas fechas, más o menos (unas 2 horas).

Por ejemplo, el 26 de enero a las 00:31 se produjo la primera Luna llena de 1986. Tuvimos el mismo fenómeno el 25 de enero de 2005 a las 10:32, 19 años después. Como las fases de la Luna vuelven en (casi) las mismas fechas cada 19 años, las tablas nos dicen que para 2024 será el 25 de enero, a las 17:54. ¡Prácticamente podríamos utilizar las tablas de mareas de 1986 para el año 2024!

De hecho, para ser exactos y teniendo en cuenta nuestros conocimientos actuales, los momentos de las lunaciones sólo se repiten exactamente tras un periodo de 5.700.000 años, es decir, 2.081.882.250 días o 70.499.183 lunaciones.... Y durante este tiempo, la Tierra sigue ralentizándose y la Luna sigue alejándose, lo que modificará estas cifras que nunca podremos confirmar en vida...

Número áureo

La posición de un año en el ciclo metónico se conoce en astronomía como "número áureo".

Existen 19 números áureos (del 1 al 19, sin ceros) y cada año tiene su propio número áureo. Nótese que este concepto no tiene nada que ver con el número áureo " ϕ " (phi) utilizado en matemáticas y otras artes.

La clave del cálculo reside en el hecho de que al año 1 de nuestra era se le asignó oficialmente el Número áureo 2. El número áureo se determina mediante la siguiente fórmula:

Resto de la división del año +1 por 19

¿Cómo podemos calcular el Número de Oro de un año, por ejemplo 2024, de forma sencilla?

- Divide el año por 19: $2024 / 19 \approx 106,53$, es decir, 106 enteros;
- Toma estos enteros y multiplícalos por 19: $106 \times 19 = 2014$
- De 2014 a 2024 hay 10 años;
- Sumar 1, o sea $10 + 1 = 11$; el año 2024 tiene, por lo tanto, el número áureo 11.

Para los matemáticos, esto corresponde a la fórmula: (año módulo 19) + 1

Epacta

La epacta de un año (tras la reforma gregoriana de 1582) se define como la edad de la luna en la víspera del 1 de enero de ese año.

El número áureo se utilizaba para calcular la epacta, que a su vez servía para determinar las fases de la Luna durante el año. Desde la reforma gregoriana del calendario, la epacta también depende del siglo.

Como hemos visto, el año civil tiene aproximadamente 365,25 días y el año lunar 354 días, si tenemos en cuenta 12 meses lunares medios de 29,5 días. Es decir, una diferencia de 11 días a lo largo del año. En otras palabras, hay una diferencia de 11 días al año entre el calendario solar y el calendario lunar. Si la diferencia es de 11 días para un año, lógicamente será de 22 para el siguiente, luego de 33, que corresponde a 3 ($33-30=3$), suponiendo 30 días para un mes lunar. Entonces será 14, etc....

El cálculo de la Epacta con el calendario gregoriano es bastante complejo; se puede encontrar en Internet, por ejemplo, en la página:

<https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89pacte>.

Los marineros de la época disponían de tablas "perpetuas" que les proporcionaban estos valores. También disponían de pequeñas reglas de cálculo circulares, en forma de figuritas, con 3 discos concéntricos.

En matemáticas modulares, conociendo la edad de la Luna en un día concreto, y sumando una unidad por cada día transcurrido (módulo 29,53) podemos hallar la edad de la Luna en una fecha determinada.

Por ejemplo, si la edad de la Luna el 1 de marzo era 19, podemos calcular que la edad de la Luna para el 15 de julio será 7 ($19 + 136 \text{ d}$, módulo $29,53 = 7$). Estaremos en el séptimo día de la Luna, es decir, en su primer cuarto.

Libro quinto.

Tabla perpetua para saber las conjunciones de la Luna.

Aureo numero	Enero	Febr.	Març.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agof.	Setie.	Octu.	Novie.	Dic.	
1565	6	23	22	23	21	21	22	19	18	16	16	14	14
	7	15	11	12	20	10	8	8	6	5	4	3	3
	8	131	0	131	29	28	27	27	25	25	22	22	22
	9	20	19	20	19	18	16	16	14	15	12	11	11
	10	9	8	10	8	8	6	5	4	2	2	53	29
	11	28	27	28	26	26	24	25	22	20	20	18	18
	12	16	15	17	15	15	14	15	11	10	9	8	7
	13	6	4	6	4	4	3	2	130	29	28	27	26
	14	25	23	25	23	23	21	21	20	18	18	16	16
	15	14	13	13	12	11	11	9	8	6	6	5	4
	16	3	1	3	1	30	28	28	26	25	25	24	23
	17	22	20	22	20	19	18	17	16	14	14	13	12
	18	11	10	11	10	9	8	7	5	3	3	2	111
	19	30	29	29	28	27	26	25	25	21	21	20	19
	1	18	17	18	17	17	15	14	13	11	11	9	8
	2	7	6	7	6	6	4	4	2	1	50	28	28
	3	16	15	16	15	15	13	13	11	10	10	18	17
	4	10	14	15	13	13	11	11	9	8	8	6	6
	5	4	3	4	2	2	1	19	28	27	27	25	24

Esta cuenta del aureo numero como en esta tabla esta sirve hasta el año del nacimiento de. 1581 que son. 5. de Aureo numero. E luego el año de. 1582. boluer se ha al principio de esta tabla que son. 6. de aureo numero: y assi cada vez q esta tabla se acabare que es de. 19. años tornar se ha a començar del principio: y de esta manera es perpetua.

Tabla de Pedro de Mendoza para el año 1565 y los 18 años siguientes, incluyendo, columna de la derecha, los 19 Números Aureos (Aureo Numero)

Los cálculos dan el siguiente valor redondeado para la Epacta a tomar en cuenta para los años futuros:

2023, 08d; 2024, 19d; 2025, 00d; 2026, 11d; 2027, 22d; 2028, 03d ;

En otras palabras, el último día de 2023, la Luna estará en su 19º día de ciclo (menguante), por lo que la primera Luna Nueva del año siguiente será el 11 de enero de 2024.

Establecimiento de un puerto

En teoría, la pleamar debería producirse cuando la Luna está en su culminación, pero en la realidad se produce un retraso debido a diversos factores, entre ellos la geografía. El establecimiento de un puerto se define como el retraso medio entre la pleamar y el momento en que la Luna pasa sobre el meridiano local.

El establecimiento de un puerto varía mucho de un lugar a otro del planeta, pero es relativamente constante en un lugar determinado.

El establecimiento del puerto se utiliza para hacer una estimación aproximada de los elementos de las mareas, cuando se conoce el paso de la Luna por el meridiano. Sólo se aplica a las mareas semidiurnas, que es el caso de las aguas atlánticas europeas. Es un concepto que ha mantenido su vigencia en el principio de este nuevo milenio. Así, utilizando conceptos sumamente simples, los navegantes calculaban las horas y magnitud de las mareas con la precisión de la época.

He aquí un pequeño ejemplo, extraído del 2º libro de instrucciones náuticas de Diego García de Palacio, en el estilo de escritura de la época:

Querendo vuestra merced sacar con la Epacta, la conjunción de la Luna con el Sol, lo hará de esta manera : Ha de juntar el número de la Epacta de aquel año que quiere saber la tal conjunción y el número del mismo mes de esta manera : enero 1, febrero 2, marzo otra vez 1, abril 2, mayo 3, junio 4, julio 5, agosto 6, septiembre 7, octubre 8, noviembre 9, diciembre 10 ; y todos los números juntos, si no llegan a 30, los que faltaren, a tantos días de aquel mes, sera la conjunción de la Luna. Ejemplo :

Si quiero saber la conjunción del mes de octubre de este año 1586 cuando será, he de contar los 8 de los meses y diez de la Epacta, que hacen diez y ocho ; para 30 faltan doce.

Y así entenderé que a doce de octubre será la conjunción de la Luna con el Sol.

Y si los dichos dos números pasaren de treinta, los que faltan para sesenta a tantos días de aquel mes será la conjunción ; y así si preguntaren.

Vemos que, como en la búsqueda de un método para determinar la longitud*, las ciencias avanzan al ritmo de la tecnología, pero hay reglas básicas que han sido descubiertas por la observación y la inteligencia de los seres humanos. Podemos y debemos seguir admirando la clarividencia y la apertura de espíritu de personas como las nombradas en este ensayo y muchas otras, conocidas y desconocidas. Con demasiada frecuencia juzgamos a los antiguos basándonos en nuestros conocimientos modernos y no tomamos suficientemente en cuenta los medios, las circunstancias y los lugares de observación de nuestros antepasados.

P.-A. REYMOND, Noviembre de 2024

Fuentes:

- Arqueoastronomía Hispana
Editorial: Equipo Sirius SA, Madrid
ISBN: 84-95495-00-7
 - Curso de navegación astronómica, P.-A. Reymond
 - Texto 32 - Méton+cycles (2013), navigare-necesse-est.ch
 - Espejo de Navegantes, Alfonso de Chaves, Museo Naval, Madrid
 - Instrucción náutica, Diego García de Palacio, Museo Naval, Madrid
- * Ver texto 049, Distancias lunares, navigare-necesse-est