

# KNO-007 · Calendarios y medida del tiempo

KNO · Formas de conocer

Juan Segurola

v0.2 · ES

Todos los derechos reservados

## Resumen del artículo

Casi todo cómputo del tiempo se apoya en tres ciclos observables que no se dividen entre sí. Para la época 2000 el año trópico medio es de 365,24219 días y el mes sinódico medio de 29,53059 días, ambos medias aproximadas que cambian lentamente, de modo que un calendario que busque alineación lunar o estacional necesita reglas, observación, intercalación o deriva aceptada.

KNO-007 pregunta qué se sigue. Compara estrategias lunares, solares y lunisulares sin ordenarlas como etapas de refinamiento, realiza su propia aritmética y la marca como propia, y muestra que un ciclo calendárico no tiene por qué seguir un periodo astronómico. Separa después el segundo del SI, definido por una transición del cesio desde 1967, de las escalas de tiempo civil que la convención mantiene cerca de una Tierra que gira. Cierra con candidatos prehistóricos discutidos, con qué coordina un calendario y con los límites de la evidencia.

## En 60 segundos

Doce meses sinódicos medios suman 354,36708 días, 10,87511 menos que un año trópico, así que un calendario lunar recorre las estaciones y el islámico lo hace por diseño y no por fracaso. Suelta el mes lunar y conserva el año y aparece el año civil egipcio: doce meses de treinta días más cinco epagómenos, 365 en total, sin día intercalado y con una deriva propia más lenta. Consérvalos ambos y el precio es la intercalación, porque diecinueve años trópicos y 235 meses sinódicos difieren en 0,08704 días, unas 2,09 horas, bastante poco para levantar sobre ello un ciclo de diecinueve años y no lo bastante para hacerlo exacto. El año juliano se pasa en 0,00781 días y el gregoriano en 0,00031, así que 1582 redujo un residuo en vez de eliminarlo, y revisó además las tablas lunares de la Pascua. Entretanto el segundo dejó de ser astronómico en 1967 y el tiempo civil no.

## Por qué importa esta pregunta

Leída como una escalera, esta historia se convierte en una marcha hacia el año gregoriano con todo lo demás como intento fallido, y la pregunta real desaparece. Un calendario lunar no es un calendario solar inexacto, y una cuenta de 260 días no es un año inexacto: los ciclos de trece y veinte días no tienen base astronómica directa sobre la que ser inexactos. Un calendario es además un dispositivo de coordinación, y por eso reformar uno nunca es solo un cálculo, y por eso la decisión de 2022 de dejar que el tiempo atómico y el rotacional se separen más se argumentó por el riesgo para la infraestructura digital crítica.

## 1. Tres periodos que no encajan

Muchos sistemas de cómputo del tiempo se apoyan en tres ciclos observables: el día y la noche, las fases lunares y el retorno estacional.

Para la época 2000, una obra astronómica de referencia da un año trópico medio de 365,24219 días y un mes sinódico medio de 29,53059 días, tomando cada día como 86.400 segundos SI (Richards 2013, en Urban y Seidelmann, eds.). La misma fuente subraya que son periodos medios aproximados y que cambian lentamente con el tiempo.

De esas dos cifras se siguen tres consecuencias por pura aritmética. **El artículo realiza esa aritmética por sí mismo; los productos siguientes son deducciones de los valores citados y no citas.**

- Doce meses sinódicos suman 354,36708 días, **10,87511 días menos que un año trópico.**
- El mes sinódico medio no es un número entero de días de 86.400 segundos, por lo que meses calendáricos de longitud fija no pueden permanecer exactamente alineados con todas las lunaciones.
- El año trópico medio no es un número entero de meses sinódicos medios, por lo que una secuencia fija de meses lunares no puede permanecer exactamente alineada con las estaciones sin ajustes.

Esto no es defecto de un calendario concreto. Es consecuencia de las relaciones aproximadas y cambiantes entre periodos astronómicos. Los calendarios que buscan alineación lunar o estacional deben usar reglas, observaciones, intercalaciones o aceptar deriva. Un calendario no tiene por qué buscar ninguna de esas alineaciones, como muestra la sección 4.

Existe un paralelo útil pero limitado con KNO-006. Un mapa proyectado afronta un teorema geométrico exacto; un calendario afronta periodos medidos empíricamente que varían con el tiempo. Ambos hacen visibles compensaciones, pero el estatuto matemático de las dos restricciones no es el mismo.

### En qué punto estamos

Tres ciclos observables sostienen el cómputo del tiempo, y los dos periodos medidos son periodos medios aproximados que cambian lentamente. De ahí se sigue que meses de longitud fija no pueden permanecer alineados con todas las lunaciones, ni una secuencia fija de ellos con las estaciones sin ajuste. Esa aritmética se hace aquí y no se cita, y qué hace un calendario con una restricción empírica es una elección.

## 2. Tres estrategias extendidas

### 2.1 Conservar el mes, perder la estación

Un calendario de doce meses sinódicos medios queda unos once días por debajo de un año trópico, así que sus fechas se desplazan por las estaciones. Con las cifras anteriores, el desplazamiento acumulado equivale aproximadamente a un año trópico tras 33,6 años lunares.

El calendario islámico es lunar: mantiene los meses en relación con las lunaciones y no mantiene su año sincronizado con el Sol (Richards 2013). Su deriva estacional es, por tanto, consecuencia de la estructura elegida y no prueba de que el calendario haya fracasado como calendario solar.

### 2.2 Conservar la estación, perder la luna

La elección opuesta abandona el mes lunar como unidad astronómica y conserva solo su nombre. El año civil egipcio es el caso temprano más claro: doce meses de treinta días más cinco días epagómenos, trescientos sesenta y cinco en total, descritos en el estudio de referencia como un año sin día intercalado (Parker 1950).

Un año de exactamente 365 días queda corto en aproximadamente un cuarto de día, de modo que también deriva respecto de las estaciones, solo que mucho más despacio. El sistema egipcio toleró esa deriva y siguió aparte la salida heliaca de Sirio; Parker registra esa salida entre el 17 y el 19 de julio del calendario juliano a lo largo de toda la historia dinástica.

### 2.3 Conservar ambos, pagar en intercalación

La tercera familia conserva meses lunares verdaderos y los fuerza a reconciliarse con las estaciones insertando un mes adicional a intervalos. La aritmética que lo hace viable es una casi coincidencia:

- Diecinueve años trópicos suman 6939,60161 días.
- Doscientos treinta y cinco meses sinódicos suman 6939,68865 días.
- **Difieren en 0,08704 días, unas 2,09 horas.**

Diecinueve años contienen por tanto casi exactamente 235 meses lunares, es decir doce años ordinarios de doce meses más siete años con un decimotercero. El ciclo de diecinueve años estaba en uso en el calendario babilónico desde comienzos del siglo V a.C., y la cuestión de si el conocimiento griego procedía de Babilonia o fue un hallazgo independiente sigue abierta, citándose un uso chino independiente del mismo ciclo como razón para no descartar el descubrimiento independiente (Steele 2020).

El residuo es pequeño pero no nulo. A unas dos horas por ciclo, acumula unos 0,44 días, o 10,4 horas, tras cinco ciclos, es decir, noventa y cinco años. La práctica calendárica real debe acomodar además que las propias medias astronómicas varían.

#### En qué punto estamos

Conserva el mes y el año recorre las estaciones, que es lo que hace el islámico por diseño; conserva el año y el civil egipcio deriva un cuarto de día cada vez; consérvalos y el precio es un decimotercer mes, porque diecinueve años y 235 meses difieren en 0,08704 días. Si el uso griego vino de Babilonia sigue abierto, y el ajuste de diecinueve años es próximo, no exacto.

## 3. El error juliano y qué decidió realmente la reforma gregoriana

Comparado con la media de la época 2000 usada aquí, un año de exactamente 365,25 días excede al año trópico en 0,00781 días. **Como cálculo ilustrativo, equivale a un día cada 128 años**, y a 9,82 días a lo largo de 1.257 años. No es una reconstrucción que suponga constante el año trópico histórico.

Richards informa de que en el siglo XIII ya se reconocía el desplazamiento del equinoccio vernal respecto del 21 de marzo y de que el debate y los intentos de corrección precedieron durante siglos a la reforma de 1582 (Richards 2013). La reforma cambió tanto las reglas de los bisiestos como el método para calcular la Pascua.

El año gregoriano de 365,2425 días, obtenido suprimiendo tres bisiestos cada cuatro siglos, excede al año trópico en 0,00031 días, **lo que por la misma aritmética es un día cada unos 3226 años**.

La reforma no hizo exacto el calendario; redujo el residuo solar a largo plazo. También revisó las tablas lunares eclesiásticas usadas para calcular la Pascua, por lo que no debe describirse simplemente como una elección de las estaciones que ignoró la Luna. La comparación con la época 2000 es una aproximación transparente, no una tasa de error permanente.

## En qué punto estamos

Frente a la media de la época 2000 un año juliano excede al año trópico en 0,00781 días y uno gregoriano en 0,00031: un día cada 128 años frente a uno cada 3226. Ambas son ilustrativas: los periodos cambian lentamente. La reforma de 1582 redujo el residuo sin eliminarlo y revisó las tablas lunares eclesiásticas, y no eligió solo el Sol. No todo ciclo apunta a un periodo.

## 4. Los ciclos calendáricos no tienen por qué ser periodos astronómicos

El supuesto de que un calendario existe solo para seguir un año agrícola o astronómico es demasiado estrecho. Richards señala que los ciclos centroamericanos de trece y veinte días no tienen base astronómica directa (Richards 2013). Su combinación produce una cuenta de 260 días, un periodo calendárico que no es ni un mes sinódico ni un año trópico.

Šprajc, Inomata y Aveni infieren de la orientación de complejos ceremoniales formativos que el calendario de 260 días se usaba entre 1100 y 750 a.C., siglos antes de su registro textual conocido hasta entonces (Šprajc, Inomata y Aveni 2023). Es evidencia revisada por pares de un uso temprano, pero sigue siendo una inferencia arqueológica basada en orientaciones y no un calendario escrito conservado.

El caso establece el punto más estrecho que aquí se necesita: la organización calendárica puede combinar observaciones astronómicas con ciclos numéricos convencionales. El origen y el conjunto completo de funciones de la cuenta de 260 días requieren evidencia especializada; este artículo no les asigna una causa exclusiva.

## En qué punto estamos

Los ciclos de trece y veinte días no tienen base astronómica directa, y su combinación da una cuenta de 260 días que no es ni un mes ni un año. Las orientaciones de complejos formativos se leen como evidencia de su uso entre 1100 y 750 a.C., inferencia arqueológica y no calendario escrito conservado. El orden calendárico puede ser convencional, y la unidad misma tiene su propia historia.

## 5. De la Tierra que gira al átomo de cesio

Antes de 1960 el segundo se definía como  $1/86.400$  del día solar medio. En 1960 se redefinió mediante una fracción del año trópico 1900 y, en 1967, la CGPM adoptó una definición atómica basada en el cesio. La formulación de 2018, efectiva con el SI revisado en 2019, define el segundo fijando en 9.192.631.770 Hz el valor numérico de la frecuencia de la transición hiperfina no perturbada del estado fundamental del cesio 133 (BIPM, «Historical perspective: unit of time, second»; BIPM 2019).

La unidad SI ya no se define, por tanto, mediante la rotación terrestre. Esto no significa que toda medida del tiempo sea independiente de la Tierra: el UTC tiene el ritmo del tiempo atómico, pero se ha mantenido próximo al tiempo rotacional, UT1, mediante segundos intercalares.

En 2022 la Conferencia General de Pesas y Medidas adoptó la Resolución 4 de su vigesimoséptima reunión, sobre el uso y el desarrollo futuro del UTC. **La formulación operativa de la propia resolución es que el valor máximo de la diferencia UT1 menos UTC se aumentará en 2035 o antes**, con el problema enunciado como el riesgo de que las discontinuidades por segundo intercalar causen fallos graves en infraestructura digital crítica, y con el encargo de proponer una nueva tolerancia que garantice la continuidad del UTC durante al menos un siglo.

La redacción importa. La resolución decide que se aumentará la divergencia permitida; no fija por sí misma el nuevo máximo ni dice literalmente que se hayan abolido los segundos intercalares.

El caso está relacionado con la sección 1, pero no es idéntico. Desde 1967 la unidad SI es atómica, mientras el tiempo civil conserva una relación convencional con la rotación terrestre. La decisión de 2022 cambia la tolerancia permitida entre esas escalas; no cambia los periodos astronómicos de la sección 1.

### En qué punto estamos

El segundo se definía por el día solar medio, luego por una fracción del año trópico de 1900 y desde 1967 por una transición del cesio fijada en 9.192.631.770 Hz. La unidad dejó la rotación terrestre; el UTC no, próximo al UT1. En 2022 la CGPM decidió que esa diferencia se aumentará, sin decir en cuánto. Cuánto se remonta el cómputo deliberado es otra cuestión.

## 6. Los candidatos más antiguos están en disputa

Una alineación de fosas en Warren Field, Crathes, en Aberdeenshire, fue interpretada por sus investigadores como posible contador de tiempo lunisolar del octavo milenio a.C. y propuesta como evidencia muy temprana de cómputo deliberado del tiempo (Gaffney et al. 2013). El propio artículo usa repetidamente formulaciones cautas como «parece» y «puede».

Más atrás aún, se argumentó que marcas incisas en hueso y asta del Paleolítico superior constituyen una notación lunar secuencial deliberada (Marshack 1972), interpretación discutida en un trabajo cuyo título plantea la objeción como pregunta sobre un deseo tomado por realidad (d'Errico 1989).

La advertencia metodológica de KNO-006 se aplica, pero no sin cambios. En Warren Field el argumento combina la secuencia de fosas, una interpretación lunar y una alineación invernal; en los huesos incisos la inferencia depende más de la organización de las marcas. En ambos casos la función se infiere y no viene escrita en el artefacto. Una secuencia de muescas puede ser compatible con un recuento lunar, con otras cuentas o con patrones no notacionales, por lo que la compatibilidad no establece por sí sola el uso.

**Conviene enunciar una limitación concreta de esta ronda.** No se localizó ninguna crítica académica publicada que aborde específicamente la interpretación de Warren Field. Es una afirmación sobre esta búsqueda y no evidencia de que la interpretación no esté discutida.

### En qué punto estamos

Warren Field fue interpretado por sus investigadores como posible contador lunisolar, con formulaciones que mantuvieron cautas, y no se localizó crítica publicada de esa interpretación, lo que es una afirmación sobre la búsqueda. De unas marcas incisas paleolíticas se argumentó que eran notación lunar deliberada, y el argumento fue discutido. La función se infiere en ambos casos, y para qué servía es aún más difícil.

## 7. Para qué sirve realmente un calendario

La sección 1 presentó los calendarios como soluciones a una restricción astronómica, lo cual es cierto e incompleto. Un calendario es además un dispositivo de coordinación, lo que ayuda a explicar la necesidad de reglas previsibles, procedimientos compartidos y fechas comunicables.

Los calendarios pueden coordinar caza, agricultura, rituales, contratos y vida social (Richards 2013). Los diseños intercambian previsibilidad por observación: los calendarios aritméticos pueden calcularse mediante reglas fijas, mientras los observacionales esperan una creciente, un solsticio u otro fenómeno y no siempre pueden construirse por completo de antemano. La coordinación exige procedimientos compartidos y una forma de comunicar fechas, no que cada usuario realice personalmente el cálculo.

Esto ayuda a entender por qué una reforma no es solo un cálculo astronómico. Cambiar un calendario también modifica un estándar de coordinación, observancias religiosas y prácticas administrativas. Afirmar que esos costes sociales explican una demora histórica concreta es una interpretación que exige evidencia específica del caso.

### En qué punto estamos

El planteamiento de la sección 1 es cierto e incompleto. Un calendario coordina caza, agricultura, ritual, contratos y vida social, así que su diseño tiene consecuencias prácticas de coordinación además de astronómicas. Los diseños aritméticos pueden calcularse de antemano mientras los observacionales esperan una creciente o un solsticio, y coordinar exige procedimiento compartido antes que cálculo universal. Explicar una demora por su coste social pediría evidencia de ese caso.

## 8. Lo que la evidencia no puede resolver

**Si un artefacto temprano es un calendario.** Sin evidencia independiente de uso, hacer corresponder un artefacto con una función calendárica moderna es inferir por semejanza.

**La intención tras un periodo observado.** Que una estructura se alinee con un solsticio no establece que la alineación fuera intencionada, y el número de alineaciones posibles en cualquier estructura es grande.

**Si los sistemas tempranos se entendían como aproximaciones.** Los usuarios posteriores de un ciclo de diecinueve años sabían que era inexacto. Si lo sabían los primeros no se recupera del uso del ciclo por sí solo.

**Límites de las fuentes.** Algunas afirmaciones descriptivas descansan en fuentes cuyo texto pertinente no estaba disponible de forma completa; por ello se formulan de manera limitada y no se usan para sostener conclusiones más fuertes.

### En qué punto estamos

La evidencia se detiene en cuatro puntos. Llamar calendario a un artefacto temprano es inferir por semejanza, sin evidencia independiente de uso. Una alineación que existe no fue por fuerza intencionada, porque las alineaciones posibles en cualquier estructura son muchas. Si los primeros usuarios de un ciclo inexacto lo sabían no se recupera del ciclo. Y cuatro afirmaciones descriptivas descansan en fuentes no leídas directamente aquí.

## 9. Conclusión

Los días medios, los meses lunares y los años trópicos no guardan razones enteras, y los calendarios que intentan seguirlos responden mediante deriva, intercalación, observación o reglas aritméticas. Otros ciclos calendáricos ni siquiera tienen que representar un periodo astronómico.

Leer la historia como progreso simple hacia el calendario gregoriano confunde finalidades distintas con etapas de una sola escalera. Un calendario lunar no es un calendario solar fallido, y una cuenta de 260 días no es un año trópico inexacto. El segundo SI es atómico desde 1967,

mientras el UTC sigue mediando entre el ritmo atómico y la rotación terrestre. En 2022 la CGPM decidió que la diferencia UT1-UTC permitida se ampliaría en 2035 o antes; esa resolución no fijó el nuevo máximo.

---

## En qué punto estamos

La escalera es el error: convierte finalidades distintas en etapas y un calendario lunar en uno solar fallido. Días medios, meses lunares y años trópicos no guardan razones enteras, lo que deja elección a los calendarios, y otros ciclos no representan periodo astronómico. Desde 1967 el segundo es atómico y el UTC sigue mediando entre ese ritmo y la Tierra que rota. Qué sabemos, y cómo, es lo que sigue.

## Lo que sabemos y cómo lo sabemos

Para la época 2000 una obra astronómica de referencia da un año trópico medio de 365,24219 días y un mes sinódico medio de 29,53059 días, y subraya que ambos son medias aproximadas que cambian lentamente. Todo lo que el artículo deriva de ahí es aritmética propia y así consta: doce meses sinódicos quedan 10,87511 días por debajo de un año, y diecinueve años trópicos difieren de 235 meses sinódicos en 0,08704 días. El año civil egipcio tenía 365 días sin día intercalado, y el calendario islámico mantiene los meses en relación con las lunaciones sin mantener su año con el Sol. Los ciclos centroamericanos de trece y veinte días no tienen base astronómica directa. Y el segundo del SI es atómico desde 1967, fijando su formulación vigente en 9.192.631.770 Hz la transición hiperfina no perturbada del estado fundamental del cesio 133.

## Lo que todavía no sabemos

Si Warren Field funcionó como contador lunisolar es una interpretación que sus propios investigadores formularon con cautela, y no se localizó en esta ronda ninguna crítica publicada dirigida específicamente a ella, lo cual dice algo de la búsqueda y no de la literatura. Si las marcas incisas del Paleolítico superior registran lunaciones sigue abierto, porque la compatibilidad con un recuento lunar no lo establece. Si los primeros usuarios de un ciclo de diecinueve años lo entendían como inexacto no se recupera del uso del ciclo. El origen y las funciones de la cuenta de 260 días exigen evidencia especializada que el artículo no aporta. Y cuatro afirmaciones descriptivas descansan en fuentes cuyo texto pertinente no se leyó directamente.

## Qué podría hacernos cambiar de opinión

Evidencia independiente de uso, y no la semejanza con una función calendárica moderna, reforzaría o rompería la lectura de Warren Field, y una crítica publicada dirigida a ella cambiaría lo que el artículo puede decir sobre cuán discutida está. Para los huesos incisos, un método que separase el recuento lunar de otras cuentas y de patrones no notacionales resolvería lo que las marcas solas no pueden. La lectura directa de las cuatro fuentes delegadas las sacaría del estado parcial. Y la tolerancia que se encargó proponer a la CGPM sustituirá un valor abierto por uno decidido.

## Si solo recuerdas una cosa

Un calendario lunar no es un calendario solar fallido: los periodos astronómicos no encajan exactamente, y los calendarios que los siguen deben decidir cómo gestionar el desajuste.

## Artículos relacionados

- KNO-006 · *Mapas y representación espacial*
- KNO-008 · *Instrumentos que amplían los sentidos*

## Referencias

BIPM. 2019. *SI Brochure, 9th Edition, Appendix 2: Mise en pratique for the Definition of the Second in the SI*. Bureau International des Poids et Mesures, 20 de mayo de 2019. URL estable: <https://www.bipm.org/documents/20126/41489667/SI-App2-second.pdf> **C-D** BIPM. «Historical Perspective: Unit of Time, Second». Bureau International des Poids et Mesures. URL estable: <https://www.bipm.org/en/history-si/second> CGPM. 2022. Resolución 4 de la 27.<sup>a</sup> CGPM, «On the Use and Future Development of UTC». Conférence Générale des Poids et Mesures, 15 a 18 de noviembre de 2022. DOI 10.59161/CGPM2022RES4E. URL estable: <https://www.bipm.org/en/-/resolution-cgpm-27-4> **C-D** d'Errico. 1989. «Palaeolithic Lunar Calendars: A Case of Wishful Thinking?». *Current Anthropology* 30 (1). DOI 10.1086/203721. Gaffney, Vincent, Simon Fitch, Eleanor Ramsey, Ron Yorston, Eugene Ch'ng, Eamonn Baldwin, Richard Bates, Christopher Gaffney, Clive Ruggles, Tom Sparrow, Anneley McMillan, Dave Cowley, Shannon Fraser, Charles Murray, Hilary Murray, Emma Hopla, y Andy Howard. 2013. «Time and a Place: A Luni-Solar “Time-Reckoner” from 8th Millennium BC Scotland». *Internet Archaeology* 34. DOI 10.11141/ia.34.1. **C-D** Marshack, Alexander. 1972. *The Roots of Civilization: The Cognitive Beginnings of Man's First Art, Symbol and Notation*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-040535-6. Parker, Richard A. 1950. *The Calendars of Ancient Egypt*. Studies in Ancient Oriental Civilization 26. Chicago: Oriental Institute of the University of Chicago. URL estable: <https://isac.uchicago.edu/sites/default/files/uploads/shared/docs/saoc26.pdf> Richards, E. G. 2013. «Calendars». Capítulo 15 de *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, 3.<sup>a</sup> ed., editado por S. E. Urban y P. K. Seidelmann. Mill Valley, CA: University Science Books. URL estable: [https://aa.usno.navy.mil/downloads/c15\\_usb\\_online.pdf](https://aa.usno.navy.mil/downloads/c15_usb_online.pdf) Šprajc, Ivan, Takeshi Inomata, y Anthony F. Aveni. 2023. «Origins of Mesoamerican Astronomy and Calendar: Evidence from the Olmec and Maya Regions». *Science Advances* 9 (1): eabq7675. DOI 10.1126/sciadv.abq7675. Steele, J. M. 2020. «Geminis and Babylonian Astronomy». En *Instruments, Observations, Theories: Studies in the History of Astronomy in Honor of James Evans*, editado por Alexander Jones y Christián Carman, 205–212. DOI 10.5281/zenodo.3975741.