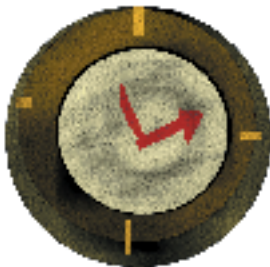


La medida del tiempo



Aunque la medida del tiempo ha estado relacionada con los fenómenos astronómicos de rotación y translación de la Tierra, la historia del calendario ha sido también determinada por los conceptos religiosos y políticos de las diferentes culturas.

Jorge Caire Lomelí

INTRODUCCIÓN

Desde épocas prehistóricas el ser humano ha medido el tiempo para determinar el régimen de su vida y la sucesión de las estaciones, y ha reconocido que es la naturaleza la que impetuosamente marca la unidad de medida del tiempo. Con la observación de los fenómenos celestes, al principio por procedimientos rudimentarios que fueron perfeccionados a través de las edades, para hacerse cada vez más exactos, se llegaron a resolver las necesidades de la vida contemporánea en agricultura, comercio, industria, itinerarios, etcétera.

El calendario, como unidad de tiempo, incluye los días del año distribuidos en meses y días con indicaciones astronómicas, históricas, cívicas y religiosas, que dan lugar a fechas fijas y otras movibles. Las primeras caen todos

los años en las mismas fechas, como el día del trabajo el primero de mayo, el aniversario de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el 5 de febrero, etcétera. Las segundas varían, porque dependen del plenilunio del equinoccio de primavera.

El domingo inmediato a dicho plenilunio es la Pascua de Resurrección; a éste se subordinan todas las demás fiestas de la iglesia cristiana como son Semana Santa, carnaval, etcétera.

En este estudio se presenta un cálculo establecido por el astrónomo alemán Karl Friedrich Gauss (1777-1855) para la determinación de las fechas movibles de cualquier año, y se ejemplifica para varios años.

BREVE DESARROLLO HISTÓRICO

En la Antigüedad hubo la necesidad de elaborar un calendario (del latín *calendae*, que era el primer día de cada mes) que pudiera servir para guiar los cultivos. Los calendarios que usaron los pueblos antiguos están basados en los movimientos del Sol, la Luna o en ambos astros; después, con excepción de los

pueblos mahometanos, en que aún persiste el calendario lunar, se empleó únicamente el calendario solar.

Los años en los calendarios se empezaron a contar a partir de una fecha determinada por algún suceso notable, una “era”. Así, se tienen la “era cristiana”, que comienza con el nacimiento de Jesucristo; la “era romana”, con la fundación de Roma, 700 años antes de la era cristiana; la hégira, con la huida de Mahoma de la Meca a Medina, contada a partir del 15 de julio de 622 de la era cristiana. Se atribuye a los egipcios el ser los primeros en conocer la duración del *año trópico* al observar los *ortos heliacos* de Sirio que coincidían con los desbordamientos del río Nilo. Emplearon un año civil de 365 días desde 300 años antes de la era cristiana. (El año trópico es el tiempo que transcurre para que el Sol pase dos veces consecutivas por el mismo punto vernal, o sea por el punto de intersección de la eclíptica con el ecuador celeste; el punto donde se producen los equinoccios. Su duración es de 365.24219 días; a diferencia del *año sideral*, que es el tiempo que transcurre para que la Tierra de una vuelta completa alrededor del Sol respecto de las estrellas fijas. Su duración es de 365.25636 días. Los egipcios dividieron el año en tres estaciones que se iniciaba cuando la estrella Sirio aparecía en el horizonte al amanecer; esto es, en el orto heliaco de Sirio.)

Como el año trópico mide 365.242199 días, el año civil egipcio tenía un error de 0.242199 días, casi un cuarto de día por año. Esta diferencia ocasionó que en 1460 el retardo fuera de un año trópico, que se le llamó “periodo sotíaco” (los egipcios llamaban Sotis a Sirio), en el que el Sol ha ocupado todas sus posiciones en el cielo y la primavera ha coincidido con todas las fechas; de aquí el nombre de “año vago”.

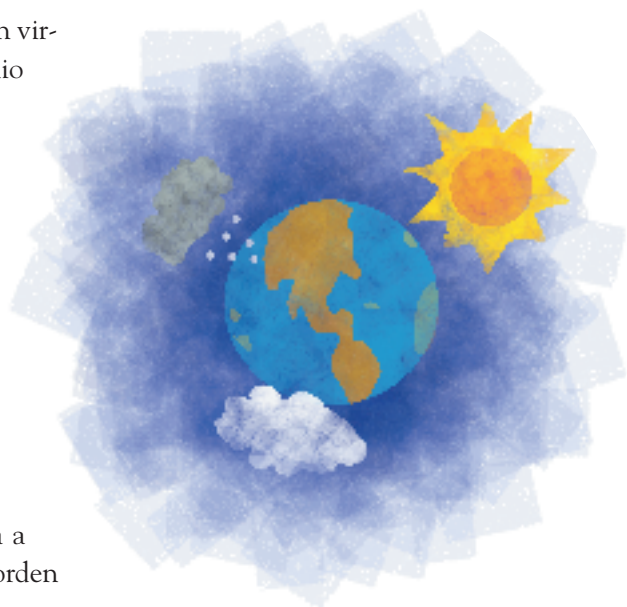
El calendario de los romanos se le atribuye a Rómulo. En virtud de que este calendario siempre estuvo en desorden, Julio César ordenó a Sosígenes, astrónomo de Alejandría, hacerle las modificaciones para aproximarlos al año trópico; ésta se conoció como la “reforma juliana”. Se estableció el cómputo del año civil sujeto a una regla fija al tomar un valor de 365.25 días. Para poder asignar la cuarta parte de día, se convino en que cada cuatro años consecutivos se añadiera un día complementario a febrero, intercalándolo entre los días 23 y 24 de ese mes.

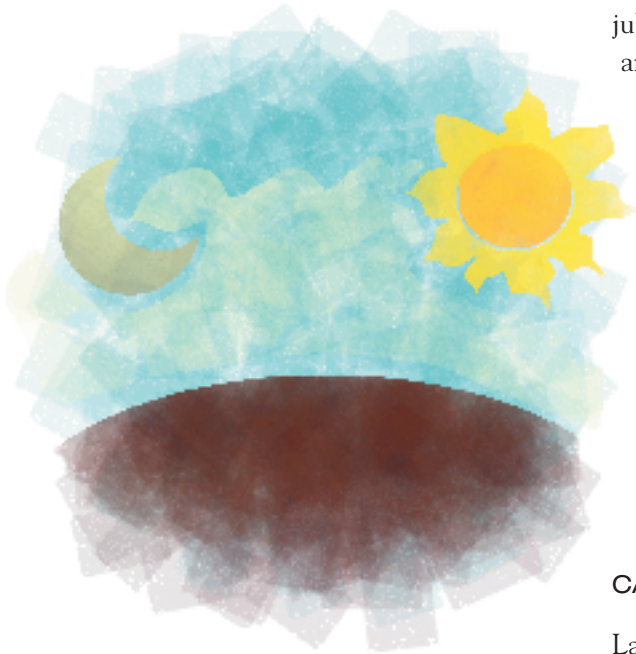
Como el 23 de febrero se llamaba “sexto calendas”, al día que se intercalaba se denominó: “Bis-sexto-calendas”, de donde proviene el nombre de bisiesto, que se da a los años de 366 días, que son aquellos cuyos números de orden en la era cristiana son divisibles entre cuatro.

El año juliano es mayor que el año trópico: $365.25 - 365.2422 = 0.0078$ de día, y equivale a 11 minutos y 13.92 segundos por año. Esta diferencia produce un adelanto del año trópico de un día cada 128 años, 2 meses y 27.69 días.

El calendario juliano se implantó en Roma a partir del año 44 antes de nuestra era, y después de ser ajustado para restablecer la concordancia con las estaciones fue adoptado por la mayoría de los pueblos cristianos; estuvo en uso hasta fines del siglo XVI.

Una importante modificación a este calendario fue que en el año 325, cuando se efectuó el Concilio de Nicea, se fijó como fecha definitiva para el equinoccio de primavera el 21 de marzo, y se acordó que la fiesta de Pascua se celebrara el domingo siguiente a la primera luna llena que tuviera lugar después del equinoccio de primavera. Pero debido al adelanto de un día cada 128 años por el error del calendario juliano, en el año de 1582 el equinoccio se había anticipado 10 días, verificándose el 11 de marzo, por lo que el papa Gregorio XIII





decidió hacer un nuevo ajuste al calendario y así restablecer la concordancia, además de establecer una corrección adicional para evitar nuevas discrepancias. Para esto se apoyó en los astrónomos Lilius y Clavius. Las modificaciones consistieron en que el día siguiente al jueves 4 de octubre de 1582 debiera llamarse viernes 15 de octubre de 1582 (así se restableció la concordancia, eliminando los 10 días que se había desplazado el equinoccio de primavera). Además, como el error del año juliano era de $\frac{3}{400}$ de día, es decir, tenía un exceso de 3 días cada 400 años, se estipuló que en el transcurso de 400 años se eliminaran 3 días, suprimiendo 3 años bisiestos, por lo que los años 1700, 1800 y 1900 no fueron bisiestos, pero sí lo fue el 2000, y volverán a no ser bisiestos 2100, 2200 y 2300.

La reforma gregoriana no fue adoptada por Inglaterra ni Estados Unidos sino hasta el siglo XVIII, y para ello se hizo que el mes de septiembre constara solamente de diecinueve días.

Por otra parte, Grecia y Rusia adoptaron en 1923 un calendario más perfeccionado que el

juliano, pero que conservará su coincidencia con éste hasta el año 2800.

Los pobladores de México prehispánico, según Antonio León Gama, habían logrado, en el cálculo del año solar, una mejor precisión que la del calendario gregoriano, en vigor en casi todo el mundo desde 1582. En este último la fracción decimal es de 0.2425, y en el indígena de 0.2423 (el año trópico tiene 0.2422), más próxima al cómputo realizado con instrumental de vanguardia. Con el método gregoriano se suprimen tres días cada 400 años; en el mesoamericano se eliminan cuatro cada 520 años.

El calendario gregoriano fue promulgado en México en 1583, y alcanzó a Chiapas y Guatemala en 1584.

CALENDARIO DE LA IGLESIA CATÓLICA

La base principal para el arreglo de las fiestas cristianas lo estableció el Concilio de Nicea al ordenar que la Pascua de Resurrección fuera el origen para fijar las fiestas movibles, la cual tendrá lugar el primer domingo después de la Luna llena que sigue al 20 de marzo. Por ello debe observarse que dicho día de Pascua no puede caer antes del 22 de marzo ni después del 25 de abril; para reafirmar, se establece que si el 21 de marzo el equinoccio de primavera coincide con el plenilunio y es sábado, el día siguiente 22 será el domingo de Pascua, pero si el día 20, un día antes del equinoccio, es el de la Luna llena, se debe esperar al siguiente plenilunio, que son 29 días contados desde dicho 20 de marzo, o sea el 18 de abril, y si este día fuese domingo, será el de Pascua el que sigue, 7 días después, o sea el 25 de abril.

Como se asentó, las fiestas movibles son ubicadas dentro del año eclesiástico con referencia a la Pascua, pero adaptadas a las fechas entre la Epifanía, 6 de enero, y la Navidad, 25 de diciembre. Esto se logra al variar el número de domingos después de la Epifanía y el número de domingos después de Pentecostés. Todas las demás fiestas movibles guardan una relación invariable con la Pascua.

CÁLCULO DEL DOMINGO DE PASCUA

Los cálculos para fijar en cualquier año el día pascual son complicados, pero el astrónomo Gauss desarrolló una ecuación precisa y fácil de aplicar:

$$a = \left(\frac{A}{19} \right)_r, \quad b = \left(\frac{A}{4} \right)_r$$

$$c = \left(\frac{A}{7} \right)_r, \quad d = \left(\frac{m + (19a)}{30} \right)_r$$

$$e = \left(\frac{n + 2b + 4c + 6d}{7} \right)_r$$

$p = 22$ de marzo + ($d + e$),

donde r indica que se debe tomar el residuo de la división.

A = número del año cuyo domingo de Pascua se desea conocer.

p = domingo de Pascua de Resurrección que se obtiene de sumar al 22 de marzo la suma de los residuos ($d + e$).

Los valores de m y n dependen de la época. Para años anteriores a la reforma gregoriana, esto es, anterior a 1582, $m = 15$ y $n = 6$. Para años posteriores, se tienen los siguientes valores:

- Desde 1582 hasta 1699 $m = 22, n = 2$
- Desde 1700 hasta 1799 $m = 23, n = 3$
- Desde 1800 hasta 1899 $m = 23, n = 4$
- Desde 1900 hasta 1999 $m = 24, n = 5$
- Desde 2000 hasta 2100 $m = 24, n = 5$

Con las ecuaciones establecidas se da un ejemplo de cálculo.

Año	a	b	c	d	e	d+e	Pascua	Semana Santa
2000	5	0	5	29	3	32	23 de abril de 2000	17 de abril al 22 de abril
2001	6	1	6	18	6	24	15 de abril de 2001	09 de abril al 14 de abril
2002	7	2	0	7	2	9	31 de marzo de 2002	25 de marzo al 30 de marzo
2003	8	3	1	26	3	29	20 de abril de 2003	14 de abril al 19 de abril
2004	9	0	2	15	5	20	11 de abril de 2004	05 de abril al 10 de abril
2005	10	1	3	4	1	5	27 de marzo de 2005	21 de marzo al 26 de marzo

El límite superior de la fecha de Pascua de Resurrección es el 25 de abril, y el límite inferior es el 22 de marzo.

CONCLUSIONES

Es de reconocer que a pesar de que tienen una amplia aceptación, las determinantes técnicas y astronómicas están lejos de ser aceptadas universalmente. La historia del calendario está relacionada con conceptos religiosos y políticos dentro del mosaico étnico que conforman los pueblos de la Tierra.

Por otra parte, una de las grandes aplicaciones de la astronomía que inciden directamente en el calendario es la medida del tiempo, que está basada en los fenómenos astronómicos de rotación y translación de la Tierra alrededor del Sol.

El tiempo solar verdadero resulta del intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasajes sucesivos del Sol verdadero entre el meridiano del lugar; éste no sirve como unidad de tiempo, pues su duración varía diariamente. Para obviar estas irregularidades y contar con un tiempo uniforme se ideó un Sol ficticio denominado Sol medio, que se desplaza sobre el ecuador con velocidad uniforme.

El Sol medio define al tiempo solar medio, cuya duración es constante a lo largo del año, y a la diferencia con el verdadero se le llama *ecuación del tiempo*.

Con la aplicación de Gauss, se han determinado las fechas de domingo de Pascua de Resurrección, punto de partida para fijar las demás fechas móviles.

Jorge Caire Lomeli es doctor en geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha trabajado en Petróleos Mexicanos, y actualmente es profesor de astronomía de posición, cartografía y fotogrametría en la UNAM. Ha publicado libros de proyección cartográfica.