

**H**ace 425 años concretamente en octubre de 1582, se estableció el calendario que rige nuestra vida en la actualidad, es el llamado calendario gregoriano. La palabra calendario procede etimológicamente de *calendarium*, palabra latina que designaba cualquier relación de fechas. Un calendario no es más que una distribución del tiempo en periodos que se adapten a las necesidades humanas. Pero, esta distribución no es nada fácil, y ello explica que el calendario actual tenga tan relativamente pocos años de vigencia. Es más, se explica así que distintas civilizaciones y pueblos hayan dado lugar a diferentes calendarios. A día de hoy, aún coexisten unos cuarenta calendarios, sin relación alguna entre ellos.

### Unidades básicas de tiempo

Para comprender las dificultades con que tropezó la humanidad a la hora de confeccionar el calendario conviene recordar cuáles son los criterios que se han tenido en cuenta para su confección. Nuestro calendario está basado principalmente en los movimientos aparentes del sol, aunque en la antigüedad hubo calendarios que tuvieron en cuenta las fases de la luna y ello dejó su impronta en el nuestro.

El periodo de tiempo más importante para la vida humana es el *día* solar verdadero, que, como se sabe, es el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos del Sol por el meridiano de un lugar, o bien, el tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa alrededor de su eje. Al día le sigue en

*Nuestro calendario está basado principalmente en los movimientos aparentes del sol, aunque en la antigüedad hubo calendarios que tuvieron en cuenta las fases de la luna y ello dejó su impronta en el nuestro.*

importancia el *año* solar o trópico, tiempo que tarda la Tierra en completar una vuelta en su movimiento de traslación alrededor del Sol. Debido a la inclinación de la Eclíptica, o plano en que se produce el movimiento de traslación, respecto al plano del Ecuador, se suceden a lo largo del año las conocidas cuatro estaciones. Los calendarios lunares, basados en el movimiento de la luna y mucho más primitivos que los solares, consideraban como unidad principal de tiempo el *mes* (del latín *mensis*), y esta unidad con distintas variaciones llegó hasta nuestros días.

¿Cuáles han sido las dificultades para la formación de los calendarios?

**Santiago Gutiérrez**

*Sociedad Madrileña de Profesores de Matemáticas Emma Castelnuovo*

*hace@revistasuma.es*

En primer lugar, una dificultad es que no todos los días solares verdaderos son iguales, y ello por dos razones:

- El movimiento de la Tierra alrededor del Sol se produce sobre una elipse, uno de cuyos focos es el Sol, de modo que la Tierra no siempre se encuentra a la misma distancia del Sol y su velocidad aumenta al acercarse al Sol mientras que disminuye al alejarse de él.
- La inclinación de la Eclíptica respecto al plano del Ecuador incide también en que los días se diferencien unos de otros.

El hecho de que los días solares verdaderos no sean todos iguales llevó a los científicos a tener que definir el día de una forma ideal, como el llamado *día solar medio*, resultado de

imaginar el movimiento de traslación de la Tierra sobre una circunferencia (en vez de una elipse), en cuyo centro se encontrara el Sol y cuyo plano coincidiera con el del Ecuador, al objeto de fijar un periodo constante que facilite nuestra vida diaria.

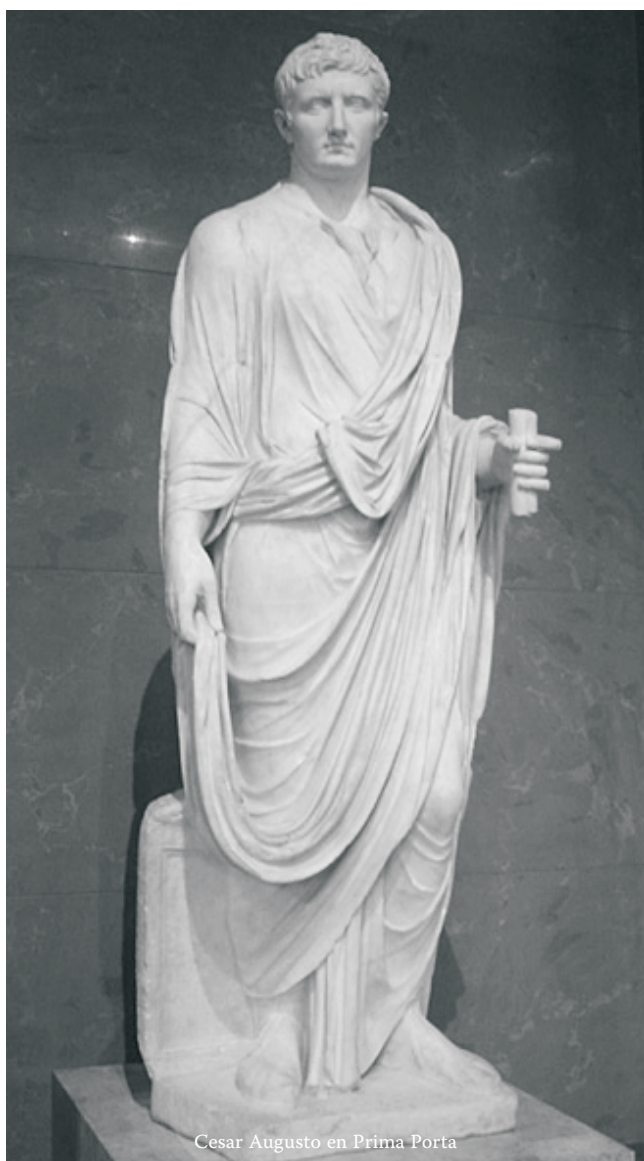
En segundo lugar, la otra dificultad, y decisiva, para construir un calendario es el hecho de que el año no contiene un número exacto de días solares medios.

Veremos de qué manera estas dificultades han ido determinando las distintas vicisitudes por las que ha ido atravesando nuestro calendario, que ahora homenajeamos en su 425 aniversario, hasta épocas bien recientes.

### Los antecedentes próximos

Los orígenes del calendario gregoriano hay que buscarlos en Roma. El año romano primitivo, año de Rómulo, tenía 304 días, agrupados, al parecer, en diez meses, de los cuales cuatro tenían 31 días y los otros seis eran de 30 días. Los nombres de los meses, con sus días correspondientes, eran:

1. *Martius*, de 31 días, dedicado a Marte
2. *Aprilis*, de 30 días, dedicado a Apolo, de sobrenombre Aperta.
3. *Maius*, de 31 días, dedicado a Júpiter, de sobrenombre Maius.
4. *Junius*, de 30 días, dedicado a Juno.
5. *Quintilis*, de 31 días, llamado así por ser el quinto mes.
6. *Sextilis*, de 30 días, llamado así por ser el sexto mes.
7. *September*, de 30 días, llamado así por ser el séptimo mes.
8. *October*, de 31 días, llamado así por ser el octavo mes.
9. *November*, de 30 días, llamado así por ser el noveno mes.
10. *December*, de 30 días, llamado así por ser el décimo mes.



Cesar Augusto en Prima Porta

*El hecho de que los días solares verdaderos no sean todos iguales llevó a los científicos a tener que definir el día de una forma ideal, como el llamado día solar medio,...*

Hacia el año 700 a.d.C., el segundo rey de Roma, *Numa Pompilio*, modificó el número de meses y de días del año. Añadió 51 días, quedando el año en 355 días, y otros dos meses, *Januarius*, en honor de Juno, y *Februarius*, en honor de Febo, sumando en total doce meses. Los 355 días y los doce meses se distribuyeron y ordenaron del siguiente modo:

1. *Martius*, de 31 días.
2. *Aprilis*, de 29 días.
3. *Maius*, de 31 días.
4. *Junius*, de 29 días.
5. *Quintilis*, de 31 días.
6. *Sextilis*, de 29 días.
7. *September*, de 29 días.
8. *October*, de 31 días.
9. *November*, de 29 días.
10. *December*, de 29 días.
11. *Januarius*, de 29 días.
12. *Februarius*, de 28 días.

Todavía con este número de días, el año se quedaba corto en algo más de 11 días, con respecto al año solar. Así que dispuso Numa que se añadiese un nuevo mes cada dos años, de 22 o 23 días, alternativamente. A este nuevo mes lo llamó *Mercedinus*, porque en él se pagaba a los servidores, y se intercalaría entre el 23 y el 24 de *Februarius*. Pero, de este modo el año se alargaba demasiado y tenía por término medio 366 días y cuarto.

Hacia el año 450 a.d.C., los decenviros adoptaron la llamada octoetérída de Cleostrato de Tenedos, según la cual en cada tercer periodo de ocho años se intercalarían tres meses de 22 días en vez de los cuatro preceptivos. Los pontífices, encargados de dar al mes de *Mercedinus* el número de días necesario para corregir los desfases entre el año civil y el verdadero, realizaban la asignación arbitrariamente de acuerdo con sus propios intereses electorales, o los de sus amigos. Esto provocó tal desfase que en tiempos de Julio Cesar el otoño se presentó en verano y el invierno en otoño, es decir, el año civil difería en tres meses respecto del año verdadero.

## La reforma Juliana

Ante el desastre producido por la mala gestión del calendario, en el año 707 de la fundación de Roma (47 a.d.C.), el entonces gran pontífice Julio Cesar se propuso hacer una reforma que permitiese arreglar el desfase producido y establecer un

*El año romano primitivo, año de Rómulo, tenía 304 días, agrupados, al parecer, en diez meses, de los cuales cuatro tenían 31 días y los otros seis eran de 30 días.*

nuevo sistema de calendario, llamado por eso calendario Juliano, para no volver a tener el mismo problema en el futuro. Encargó el asunto al astrónomo alejandrino Sosígenes, que tomó dos decisiones al efecto:

- Añadir al año 707, además del mes *Mercedinus*, de 23 días, otros dos meses, entre *November* y *December*, de 33 y 34 días respectivamente, con el fin de restablecer el siguiente equinoccio de primavera en el 25 de *Martius*, como ocurría en el calendario de Numa. El año en cuestión resultó ser de 445 días, por lo que es conocido como el *año de la confusión*, si bien tuvo la virtud de devolver así las aguas a su cauce.
- La segunda medida de Sosígenes consistió en establecer el año de 365 días. Pero, consciente de que el año solar verdadero duraba un cuarto de día más, estableció que cada cuatro años se añadiese un día al año, precisamente al final de *Februarius*.



Busto de Julio Cesar

El año del calendario Juliano seguiría teniendo los doce meses de Numa, pero, con *Januarius* y *Februarius* ocupando los dos primeros lugares, y con los días dispuestos de modo que los meses impares tendrían 31 días, esto es, *Januarius*, *Martius*, *Maius*, *Quintilis*, *September*, *November*, mientras que los demás tendrían 30 días, excepto *Februarius* que contaría tan solo con 29, en los años no bisiestos.

Julio César, para satisfacer su vanidad, cambió el nombre del mes *Quintilis*, el de su nacimiento, por el de *Julius*. Posteriormente, Cesar Augusto no quiso ser menos, y dio su nombre de *Augustus* al mes *Sextilis*, que por otra parte no podía tener menos días que el mes de su antecesor, *Julius*, y añadió un día a su mes, por lo que *Augustus* pasó a tener 31 días. Este día se tomó de *Februarius*, que pasó a tener 28. Pero, entonces había tres meses seguidos de 31 días, y para evitarlo, se redujeron a 30 los días de *September* y *November*, que se añadieron a *October* y *December*.

Los meses se componían de tres partes, las *calendas*, que eran los primeros días de cada mes, las *nonas*, que eran los días 5 o 7, según el número de días del mes, y los *idus*, que eran los días 13 o 15, correspondiendo a las nonas, según fueran el 5 o 7, respectivamente. Esta división procedía de la que se hacía más antiguamente en el mes lunar, coincidiendo con las fases de la Luna, las calendas con la Luna nueva, las nonas con el cuarto creciente, y los idus con la Luna llena. El último día de Februarius era así llamado “ante diem sextum calendas Martius”, con lo que al día añadido cada cuatro años en la reforma juliana, se le llamó bis-sextum. De ahí que actualmente los años en que se añade un día se denominen *bisiestos*.

## La reforma Gregoriana

No puede dejar de asombrarnos la precisión con que se diseñó la reforma Juliana, en un tiempo en que todavía no había surgido un Copérnico que aclarara los movimientos reales de la Tierra alrededor del Sol, en lugar de los movimientos aparentes del Sol alrededor de la Tierra, con que trabajaban los astrónomos de la época. Tampoco se disponía del telescopio de Galileo, que tantos avances produjo en la observación del firmamento. Sin embargo, a pesar de tanta escasez de medios, al año de Sosígenes le faltaban tan solo 11 m y 12 s para dar la medida real de la revolución de la Tierra alrededor del Sol.



Gregorio XIII

De este modo, el calendario Juliano producía un error de un día cada 128 años, con lo que, al cabo de los siglos, se habían llegado a desplazar las estaciones de manera muy sensible. Así, el equinoccio de primavera, que se había producido el 25 de Marzo tras la reforma Juliana, en el año 325, ya se había adelantado al 21 de Marzo, y en 1582, coincidía con el 11 de Marzo.

Se imponía una reforma del calendario, sentida como necesaria desde hacía tiempo. Ya en 1260, lo había hecho notar el astrónomo inglés Juan de Sacrobosco. Más tarde, Juan de Sajonia y, posteriormente, Nicolás de Cusa y otros varios

astrónomos propusieron medios para corregir los desfases del calendario Juliano. Todavía, desde las voces de distintos concilios celebrados por la Iglesia de Roma, se urgió durante más de un siglo a los correspondientes Papas la necesidad de una reforma del calendario. Uno de estos Papas hizo incluso ir a Roma, para elaborar una solución, al matemático Juan Regiomontano. Pero, éste murió en 1476 sin poder terminar su obra.

El papa Gregorio XIII, en 1582, después de consultar a los sabios del mundo conocido, sobre todo a los hermanos Lilio, a Clavio y a Chacón, promulgó un decreto en el que se contenía el nuevo calendario, denominado por ello como Gregoriano, vigente desde entonces y cuyo aniversario celebramos actualmente. Al introducir un día cada 400 años, para corregir el defecto del calendario de Sosígenes, se producía un exceso muy aproximado de tres días al cabo de ese periodo de tiempo, de modo que el equinoccio de primavera se había adelantado 11 días, así que la propuesta de Gregorio XIII consistió en lo siguiente:

- Suprimir 10 días del calendario. Esto se hizo el día 5 de octubre de 1582, pasando a ser 15 de octubre el día siguiente.
- Suprimir tres días cada 400 años, de modo que dejarían de ser bisiestos los años múltiplos de 100 que no lo fueran de 400. Así, desde entonces, no fueron bisiestos los años 1700, 1800, y 1900, y sí lo fue, en cambio el año 2000.

*Los pontífices, encargados de dar al mes de Mercedinus el número de días necesario para corregir los desfases entre el año civil y el verdadero, realizaban la asignación arbitrariamente de acuerdo con sus propios intereses electorales, o los de sus amigos.*

El Papa Gregorio propuso esta reforma, para su aceptación, a todos los soberanos. Y estos respondieron de la siguiente manera:

- España, Portugal e Italia (este en parte) pusieron en práctica el nuevo calendario, desde el mismo día 15 de Octubre de 1582.



El jesuita alemán Christopher Clavius. Junto con Lilio, fue el miembro más destacado de la Comisión del Calendario. El cráter más grande de la Luna lleva su nombre

## Exactitud del calendario Gregoriano

Con los medios de que disponemos en la actualidad, podemos cifrar con mayor precisión la duración del año solar, que resulta ser de 365 días 5 horas 48 minutos 6 segundos. Por su parte, la duración media del año según el calendario gregoriano, en un periodo de 400 años, es de 365 días 5 horas 49 minutos 12 segundos. Se produce por tanto un exceso en la medida del año, según nuestro calendario, de 26 segundos, sobre el año solar. Esto supone un exceso de un día cada 3 323 años. Como este número de años es bastante próximo a 4000, se ha convenido en que el año 4000 y sus múltiplos, dejen de ser bisiestos, como les correspondía.

*Los meses se componían de tres partes, las calendas, que eran los primeros días de cada mes, las nonas, que eran los días 5 o 7, según el número de días del mes, y los idus, que eran los días 13 o 15, correspondiendo a las nonas, según fueran el 5 o 7, respectivamente.*

- Francia y la Lorena, lo hicieron en el mes de Diciembre del mismo año, en que del 10 se pasó al 20.
- Dinamarca, si bien lo adoptó en el mismo año de 1582, lo abandonó en 1699, cambiándolo por el calendario hecho por los protestantes.
- Los Países Bajos, lo hicieron en 1583 en la mayoría de sus provincias, y en 1700 las restantes.
- En Suiza, los católicos lo adoptaron entre 1583 y 1590, y en 1584 los católicos alemanes. Hay que esperar a 1778 para verlo adoptado de una forma general en todos los estados de Prusia, por una orden de Federico el Grande.
- Polonia y Hungría se sumaron al nuevo calendario en 1586 y 1587, respectivamente.
- Inglaterra no adoptó el nuevo calendario hasta 1752.

Poco a poco el calendario gregoriano se fue imponiendo en otros países, de modo que actualmente es utilizado en la mayoría de los países.

Para ver si cabría efectuar una corrección más precisa del calendario se ha desarrollado en fracción continua la fracción decimal 0,2422, que supone el exceso del año solar sobre 365 días. Y eso da como resultado:

$$0,2422 = \frac{1}{4 + \frac{1}{7 + \frac{1}{3 + \frac{1}{4 + \frac{1}{1 + \dots}}}}}$$

cuyas primeras reducidas son:

$$\frac{1}{4}, \frac{7}{29}, \frac{8}{33}, \frac{31}{128}, \frac{132}{545}, \frac{163}{673}, \dots$$

La primera reducida, 1/4, corresponde a la corrección del calendario Juliano, indica el día que hay que añadir cada 4 años.

La segunda reducida, 7/29, indica los 7 días que habría que añadir en 29 años, con lo que aun nos quedaríamos cortos, en vez de los 7 días que añadimos cada 28 años, lo cual provoca un exceso, como sabemos.

*... a pesar de tanta escasez de medios, al año de Sosígenes le faltaban tan solo 11m y 12 s para dar la medida real de la revolución de la Tierra alrededor del Sol.*

La tercera reducida, 8/33, indica los 8 días que habría que añadir cada 33 años, y esto provocaría un exceso, en vez de los 8 días que añadimos cada 32 años. Esta forma de intercalación es conocida como de Omar Cheyan, en honor de este astrónomo

que fue uno de los ocho convocados por el sultán Gelaledin Match Shah para la reforma del calendario en el año 1079 de nuestra era.

*Con los medios de que disponemos en la actualidad, podemos cifrar con mayor precisión la duración del año solar, que resulta ser de 365 días 5 horas 48 minutos 6 segundos.*

Con la tercera reducida se conseguiría un año con una duración media de 365 días 5 horas 49 minutos 5,45 segundos, esto es, con solo 19,45 segundos de diferencia sobre el verdadero, cantidad inferior a la que proporciona la reforma gregoriana. Por otra parte, al ser menores los periodos de corrección, estaríamos siempre más cerca del año verdadero de lo que estamos ahora. Parece que un procedimiento similar había sido seguido ya por los Persas en la confección de su calendario.

Una última idea, digna de mención, es la pensada por el matemático francés Jean-Baptiste Delambre (1749-1822), que proponía una combinación de las reducidas segunda y tercera anteriores de la siguiente forma:

$$\frac{7+3+8}{29+3+33} = \frac{31}{128}$$

Es decir, se trataría de intercalar 31 días cada 128 años. Esto daría una aproximación tan cercana a la realidad que solo exigiría suprimir un bisiestro cada 128 años. El error sería inferior a un día cada 100 000 años.

HACE ■

