



**Kate
Kitagawa
y Timothy
Revell**

**La historia no contada de
los pioneros olvidados
de las matemáticas desde
Hipatia de Alejandría
hasta nuestros días**

**La vida
secreta
de los
números**

KATE KITAGAWA Y TIMOTHY REVELL

LA VIDA SECRETA DE LOS NÚMEROS

La historia no contada de los
pioneros olvidados de las
matemáticas desde Hipatia de
Alejandría hasta nuestros días

Traducción de Ana Guelbenzu

PAIDÓS Contextos

Título original: *The Secret Lives of Numbers*, de Kate Kitagawa y Timothy Revell
Publicado originalmente en inglés por Viking, un sello de Penguin General. Penguin General forma parte del grupo de empresas de Penguin Random House.

1.^a edición, noviembre de 2024

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor.
La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías.
Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento.

En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor.
Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Kate Kitagawa y Timothy Revell, 2023

© de la traducción, Ana Guelbenzu de San Eustaquio, 2024

© de todas las ediciones en castellano,

Editorial Planeta, S. A., 2024

Paidós es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

Avda. Diagonal, 662-664

08034 Barcelona, España

www.paidos.com

www.planetadelibros.com

ISBN: 978-84-493-4304-9

Fotocomposición: Realización Planeta

Depósito legal: B. 17.537-2024

Impresión y encuadernación en Limpergraf

Impreso en España – *Printed in Spain*



SUMARIO

Preludio	9
1. Al principio	15
2. La tortuga y el emperador.....	31
3. Una ciudad llamada Álex	55
4. Los albores de los tiempos	73
5. Sobre la(s) procedencia(s) del cero.....	91
6. La Casa de la Sabiduría.....	111
7. El sueño imposible	127
8. Los (primeros) pioneros del cálculo.....	145
9. Newtonianismo para señoritas	169
10. Una síntesis espléndida.....	191
11. La sirena matemática.....	207
12. Revoluciones	229
13. =.....	249
14. Un mapa de las estrellas	265
15. Triturar los números	281
Epílogo	303

Agradecimientos.	315
Bibliografía seleccionada	319
Notas.	331
Lista de ilustraciones	339
Índice analítico.	343

CAPÍTULO

1

Al principio

Nuestra especie, el *Homo sapiens*, existe desde hace unos trescientos mil años, pero, por lo que sabemos, las matemáticas son un invento relativamente reciente. Muchos artefactos se han perdido o no han sobrevivido, así que nuestra visión es parcial. Los primeros rastros de actividad matemática humana aparecen hace unos veinte mil años, en forma de marcas de cuentas rayadas en huesos de animales.

Uno de los más antiguos y famosos es el hueso de Ishango, encontrado junto a la frontera entre la actual Uganda y la República Democrática del Congo, del 18000-20000 a. C. El hueso es probablemente el peroné de un babuino, aunque quizá se tratara de un lobo o de un animal de tamaño parecido. En la parte superior tiene pegada una pieza de cuarzo, lo que sugiere que se usara como herramienta. A lo largo hay tres columnas repletas de marcas. Tal vez solo sirvieran para agarrar la herramienta, pero también podrían ser más que eso.

Las marcas de la primera columna suman 48, y las de la segunda y la tercera, 60. Cada columna aparece en segmentos claros, y el más interesante es el de la tercera columna. Las sesenta muescas están divididas en grupos de 11, 13, 17 y 19. Son números primos: números que solo se pueden dividir por 1 y por sí mismos. Estos

números están sin duda entre los más importantes en matemáticas. Tal como descubriría la ciencia más adelante, constituyen los cimientos de todos los números. Verlo ahí, en una talla de hace más de veinte milenios, es como recibir un mensaje de un extraterrestre. Resulta estimulante y asombroso, pero cuesta desentrañar su significado exacto.



Hueso de Ishango (cara y dorso).

Los patrones matemáticos podrían ser una mera coincidencia, pero también podrían mostrar la sofisticación numérica de nuestros antiguos ancestros. Los números 48 y 60 son 4×12 y 5×12 respectivamente, lo que apunta a que las personas que hicieron las marcas crearon un sistema numérico basado en el número 12 (en lugar de en el 10, como el que usamos hoy en día). Uno de los primeros sistemas numéricos que conocemos se basaba en el número 60, así que la anterior hipótesis no resulta. Otra opción es que el hueso fuera un calendario lunar de seis meses y las muescas representaran las fases de la Luna. Otra posibilidad, planteada por la matemática del siglo xx Claudia Zaslavsky, es que una mujer utilizara el hueso para hacer un seguimiento de su

ciclo menstrual. Otras explicaciones razonables son que midieran las idas y venidas de las estaciones para plantar semillas o que calcularan cuándo se desbordarían los ríos. Se han descubierto huesos parecidos en otras zonas de África y otros sitios. Así, las cuentas han sido parte integrante del ser humano durante decenas de miles de años.

Los primeros signos de las matemáticas que han pervivido se parecen mucho a las del hueso de Ishango. Puede que esas reliquias atestigüen un salto conceptual gigante para nuestra especie, un momento en que empezamos a pensar en abstracto, o que sean simples marcas. Los restos de monumentos y cerámica antiguos a menudo incluyen complejos diseños geométricos, pero ¿eso significa que sus creadores entendían las matemáticas que había detrás, o solo les gustaban los dibujos?

Quizá las primeras matemáticas que desarrolló nuestra especie no quedaron por escrito ni dejaron rastros físicos. Pruebas mucho más contemporáneas demuestran que se puede alcanzar una profunda comprensión de las matemáticas solo mediante el habla. El pueblo akan de África occidental, por ejemplo, contaba con un sofisticado conjunto de herramientas matemáticas para abordar pesos y medidas que se transmitía por el boca a boca. La naturaleza oral de su sistema matemático era perfecta para la negociación con los mercaderes árabes y europeos entre el siglo xv y finales del xix. Sin embargo, también provocó que desapareciera durante los siglos de comercio de esclavos en el Atlántico. Cuando, en 2019, los investigadores trataron de reconstruir cómo funcionaba, utilizando los escasos artefactos que se conservaban en museos, propusieron que se le diera al sistema la categoría de patrimonio de la humanidad de la Unesco debido a su espectacularidad.

En este caso, el sistema se utilizaba hasta hace bastante poco y se han conservado algunos artefactos, pero seguramente han existido muchos otros sistemas matemáticos orales que se han perdido con el tiempo. Lo más probable es que el cálculo, y sus consecuencias, fuera fundamental en numerosas comunidades y civilizacio-

nes que jamás tuvieron la necesidad de dejar por escrito nada de esa índole. O, si lo hicieron, todo vestigio de ello se ha desvanecido. Estos primeros momentos de las matemáticas son borrosos y perdurarán así para siempre. No obstante, con la llegada de la escritura y el auge de algunas de las mayores civilizaciones del mundo, la imagen gana cierta claridad.

POR LOS RÍOS DE BABILONIA

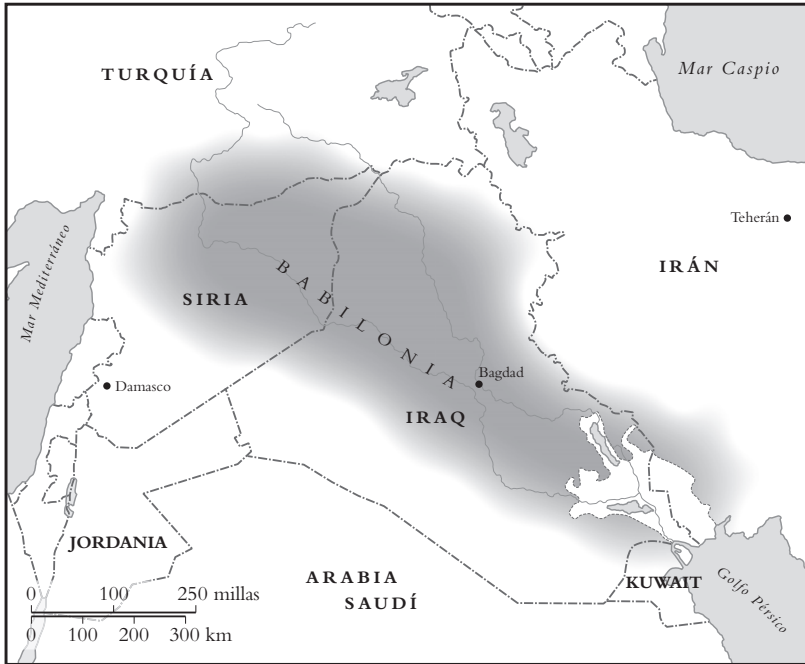
Entre los ríos Tigris y Éufrates hay un tramo de tierra fértil que acogió a muchas grandes civilizaciones antiguas. Los nacimientos de ambos son distintos y se sitúan en la actual Turquía, para luego serpentear por los modernos Iraq, Siria e Irán hasta que desembocan en el golfo Pérsico. Juntos forman una frontera natural para la zona antes conocida como Mesopotamia.

Hacia el año 3000 a. C., allí prosperaba la civilización sumeria. Los sumerios construyeron complejas ciudades con vastos sistemas de riego. También contaban con uno de los primeros sistemas judiciales, dotados de tribunales, celdas y registros oficiales. Habían creado el primer sistema de escritura conocido, el cuneiforme (lo necesitaban para los registros), y un sistema de cuentas, para empezar. Incluso organizaron un servicio de correos.

Durante los mil años siguientes, los acadios se convirtieron en la fuerza dominante de la región. Aportaron su propia tecnología, incluido el ábaco, una herramienta de su invención. (El funcionamiento era un poco distinto de las versiones posteriores, como el ábaco chino). Al final su imperio cayó y dejó dos grupos diferenciados que hablaban acadio: los asirios, en el norte, y los babilonios, en el sur. Cada uno produjo una gran civilización, pero fue en el sur donde las matemáticas aceleraron de verdad.

La ciudad de Babilonia, a unos cien kilómetros al sur de la actual Bagdad, era la capital del imperio babilonio. Bajo el mando del rey Hammurabi, que gobernó desde el 1792 hasta el 1750 a. C.

aproximadamente, Babilonia se erigió en una potencia que tener en cuenta. Controlaba varias ciudades-Estado de la región, así que era muy rica y poderosa.



Mesopotamia abarcaba zonas de los actuales Iraq y Siria. Babilonia era un Estado de habla acadia, situado en la parte central al sur de Mesopotamia, y su principal ciudad era Babilonia.

Eso les aportó la estabilidad y los recursos necesarios para desarrollar una comunidad matemática fructífera.

En una extensa colección de tablas de arcilla que han llegado hasta hoy se documentan muchos detalles de la Babilonia de esa época. Los escribas grababan lo que querían anotar con un palo afilado en arcilla húmeda que dejaban endurecer al sol. Para los babilonios, esas tablillas eran como el papel y las hojas de cálculo para nosotros: herramientas cruciales para llevar un registro. Dejaron constancia del cuerpo legal de Hammurabi, conocido como el Código de Ham-

murabi. Formado por 282 leyes escritas, contiene uno de los primeros ejemplos del concepto de presunción de inocencia, aunque el grado de culpa dependía de si eras una persona con propiedades, libre o esclava. También registraban transacciones y narraciones, incluidos mitos sobre la creación, y comunicaban noticias.

Ha perdurado una tabla que, en esencia, es una reseña negativa. Escrita hacia el año 1750 a. C., es de un cliente insatisfecho llamado Nanni, que había acordado comprar lingotes de cobre a un mercader llamado Eanasir. Sin embargo, cuando llegaron los lingotes, no fueron del gusto de Nanni. En su queja, escribía que no estaba contento con el cobre y que el vendedor había sido grosero con su sirviente cuando estaban completando la transacción. Grabar y hornear una reseña de una forma que dure miles de años es la máxima expresión del poder del consumidor.*

Los babilonios usaban las matemáticas con numerosos fines prácticos, como dividir parcelas de tierra y calcular impuestos. En algunas tablillas se registraron ingresos y presupuestos, lo cual demuestra que estaban familiarizados con los números. Por desgracia, ninguna estaba firmada, así que apenas sabemos nada de los matemáticos como individuos de esa época. Aun así, algunos sin duda estudiaron la ciencia de forma sistemática, tratando campos como el álgebra, y descubrieron el famoso teorema sobre los triángulos que suele llamarse de Pitágoras (que vivió mucho después). También aproximaron la raíz cuadrada de dos correctamente hasta seis decimales.

El sistema de cálculo del tiempo procedía de los sumerios y era sexagesimal, basado en el número 60. Nuestra preferencia por dividir los círculos en 360 grados y las horas en 60 minutos tiene su origen en este sistema. Estos son los símbolos cuneiformes que utilizaban para representar los números del 1 al 59:

* Y, por supuesto, si quisieras usar ese poder del consumidor para grabar una reseña favorable de este libro, nosotros y los futuros arqueólogos te estaríamos muy agradecidos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	

Números babilónicos cuneiformes.

El sistema numérico babilonio era posicional, como el nuestro, lo que significa que el orden de los números te indica la cantidad que representan. Por ejemplo, cuando escribimos el número 271, queda implícito que el número situado más a la derecha representa la unidad 1 y, al movernos a la izquierda, hay 7 decenas y 2 centenas. O, en números:

$$271 = (2 \times 10^2) + (7 \times 10^1) + (1 \times 10^0)$$

De manera parecida, los babilonios utilizaban las posiciones para representar potencias de 60, de manera que 271 podría expresarse:

$$271 = (4 \times 60^1) \times (31 \times 60^0)$$

O, en cuneiforme:



En lo que el sistema numérico babilonio difiere más del nuestro es en que no había cero: hasta siglos después no surgió un cero

de verdad. Eso significa que los babilonios a menudo tenían que deducir el tamaño de un número a partir del contexto. Si veían un símbolo cuneiforme de 42, por ejemplo, tenían que inferir si significaba 42, o 42×60^1 o 42×60^2 o $\frac{42}{60^1}$ o $\frac{42}{60^2}$, por mencionar algunas de las opciones. Aunque podía inducir a error, no es tan irracional como parece de entrada. Si oyeras que alguien dice que una casa cuesta «300» de una moneda concreta, según en qué lugar del mundo estés probablemente deducirás si significa 300, 300.000, 3.000.000 o más.

Puede que la base de 60 parezca difícil en comparación con la base de 10, pero confirió a los babilonios una ventaja matemática. El número 60 es un número compuesto muy superior, lo que significa que tiene muchos factores: se puede dividir entre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 y 60. Por eso es fácil trabajar con él, sobre todo al escribir fracciones.

Recordemos que, igual que las posiciones a la izquierda a partir de la coma decimal representan unidades, decenas, centenas, etc., hacia la derecha después de la coma decimal representan décimas, centésimas, milésimas, etc. El número 0,347, por ejemplo, es en realidad una abreviatura de

$$0,347 = \frac{0}{10^0} + \frac{3}{10^1} + \frac{4}{10^2} + \frac{7}{10^3}$$

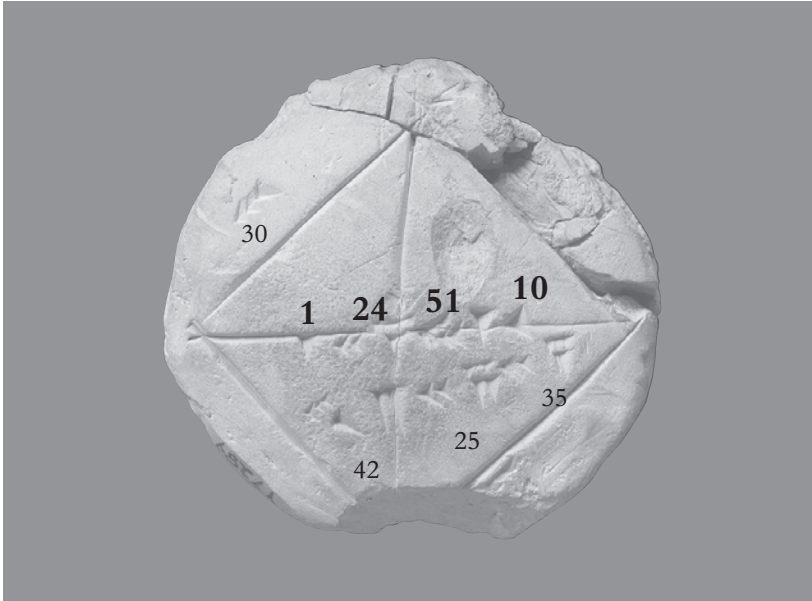
Ahora pensemos en la fracción $\frac{1}{3}$. En decimal se escribe

$$0,333... = \frac{0}{10^0} + \frac{3}{10^1} + \frac{3}{10^2} + \frac{3}{10^3}$$

Estamos tan acostumbrados a escribir así un tercio en decimal que su naturaleza recurrente parece normal, pero es una peculiaridad de nuestro sistema numérico. Se debe a que 10 no se puede dividir entre 3. Pero 60 sí. Un tercio es lo mismo que $\frac{20}{60}$, lo que significa que, en el sistema sexagesimal, se podría escribir simplemente 0,20, o en otros números:

$$\frac{1}{3} = \frac{0}{60^0} + \frac{20}{60^1}$$

Por tanto, dado que 60 es un número compuesto muy superior, se pueden expresar bien más fracciones en base a 60 que en base a 10.

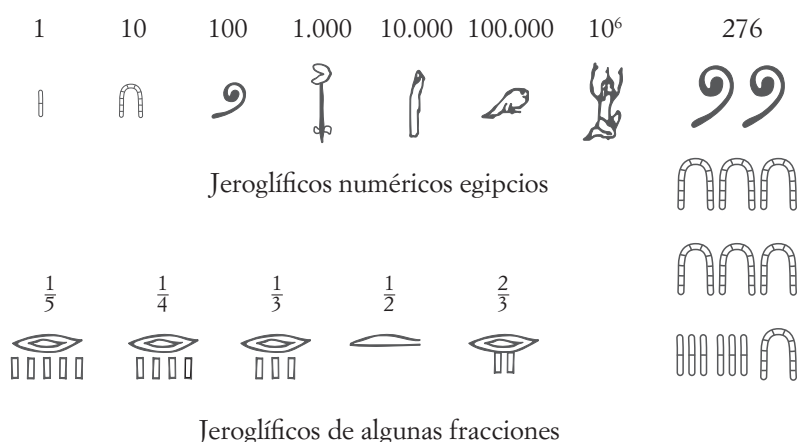


Aproximación babilónica de $\sqrt{2}$.

En el sistema sexagesimal, 1 24 51 10. En el decimal, aproximadamente 1,414213.

Los antiguos egipcios hicieron avances parecidos en la misma época. A partir del año 3000 a. C., la gente tenía símbolos específicos para representar números distintos como parte de un sistema de base 10. Una sola línea representaba el número 1, dos líneas el número 2, y así sucesivamente, hasta el número 9. Había jeroglíficos específicos para números como 10, 100, 1.000, etc., además de símbolos para fracciones. Para escribir un número concreto, los antiguos egipcios simplemente anotaban la combinación correcta de jeroglíficos.

Gran parte de esto se recoge en el papiro de Rhind,* un manuscrito redactado por un escriba llamado Ahmes. Que sepamos, es el manual de matemáticas más antiguo, y arranca con algo extraordinario: «Cálculo exacto. La entrada al conocimiento de todas las cosas y todos los secretos oscuros».¹ Ahmes escribió el manuscrito hacia el año 1.550 a. C. y señala que utilizó textos del año 2.000 a. C. para redactarlo. Cuesta asimilar que las matemáticas que recoge podrían datar de hace como mínimo cuatro mil años, sobre todo teniendo en cuenta que gran parte del contenido se parece a las matemáticas tal como las conocemos hoy en día.



El manual contiene ochenta y cuatro problemas matemáticos y maneras de resolverlos. Seis de ellos tratan de calcular la pendiente de una pirámide a partir de la altura y la anchura usando ideas parecidas a la trigonometría. Los pueblos que crearon las pirámides fueron los que dieron forma a las matemáticas, así que no es de extrañar que a los matemáticos egipcios les interesaran la ciencia de aquellas, con lo obsesionados que estaban los faraones

* El nombre procede del arqueólogo británico Alexander Henry Rhind, que compró el papiro en 1863. La mayor parte está guardada en el Museo Británico de Londres.

con construirlas. Sin embargo, las ideas matemáticas también son universales. Muchas otras culturas descubrieron por su cuenta la trigonometría, desde la antigua China hasta la Europa del Renacimiento, solo que con distintas motivaciones. El papiro también incluye tablas de dividir y multiplicar, además de explicaciones sobre cómo calcular el volumen y la superficie. De un modo u otro aparecen muchos de nuestros conceptos e ideas modernos sobre aritmética, álgebra y geometría.

Hay cierta superposición entre las ideas del papiro de Rhind y las que aparecen en las tablas babilónicas. Las dos civilizaciones tenían sistemas numéricos, creencias y culturas distintos, pero ambas descubrieron verdades matemáticas parecidas. Se suele considerar que no se debe a un intercambio activo, sino a que estudiaron independientemente algunas de las ideas matemáticas más fundamentales.

UN MANUSCRITO BAJO EL BRAZO

Al otro lado del Atlántico, y en la misma época, prosperaba una civilización con un enfoque distinto de las matemáticas, surgido de la astronomía: la civilización maya, nacida hacia el 2600 a. C. No era un único imperio, sino un grupo de gobernantes independientes de ciudades-Estado que se extendían desde México hasta Honduras y compartían cultura, mitología y calendario. Había templos alineados con los movimientos del Sol, la Luna y los planetas, y ciudades amplias y en expansión. Se cree que en Tikal, en el norte de la actual Guatemala, llegó a haber cincuenta mil habitantes y tres mil edificios separados, desde palacios y santuarios hasta casas, plazas y depósitos de agua. Era un centro económico y de ceremonias, con un amplio comercio de bienes preciosos como el jade, las plumas de quetzal y el cacao. La maya, como otras civilizaciones, contaba con sofisticados sistemas de riego para alimentar las cosechas. También crearon el procedimiento para purificar el agua de boca utilizando zeolitas, que se sigue usando hoy en día.

Los matemáticos eran tan importantes y célebres que aparecían en pinturas murales, con sus manuscritos bajo el brazo. Esos matemáticos contaron con la ayuda de determinados rasgos fortuitos de la cultura maya. Para empezar, aunque los mayas hablaban muchos idiomas locales distintos, había un solo sistema de escritura basado en jeroglíficos para las sílabas y en los perfiles de los dioses para los números (véase la imagen siguiente). La mayoría de la gente era analfabeta, pero los escribas podían comunicarse sin importar el idioma que hablaran gracias a los libros escritos en jeroglíficos sobre papel fabricado con la corteza interna de las higueras. Usaban dos símbolos: un punto y una barra. El punto representaba el 1 y la barra el 5. En lugar de basarse en el 10 o el 60, como los sistemas numéricos decimal o sexagesimal, el maya era vigesimal, es decir, creado a partir del número 20.



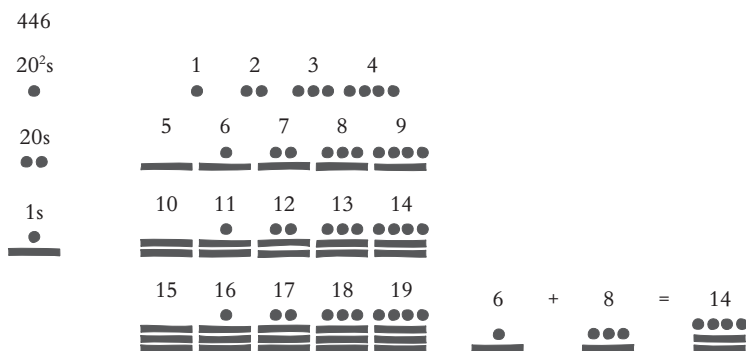
La civilización maya. El área cubre partes de lo que hoy es México, Guatemala, Belice, Honduras y El Salvador.

Por desgracia, para comprender el funcionamiento exacto de este sistema numérico solo podemos hacer conjeturas. Cuando los conquistadores españoles invadieron Mesoamérica, en el siglo XVI, aún existían numerosos libros mayas hechos con corteza de higuera, pero los curas católicos creyeron que contenían «las mentiras del diablo» y quemaron muchos.

Aun así, sabemos que los mayas usaban sus sistemas numéricos con gran eficacia. Una de las funciones básicas de los matemáticos mayas era ser astrónomos. Su trabajo consistía en planificar rituales sagrados para que estuvieran alienados con los acontecimientos celestes. Los mayas crearon observatorios sencillos pero funcionales para ayudar a predecir los cambios de estación y cuándo era mejor plantar las cosechas. Aunque el edificio se construyó más tarde, muchas de las ventanas del observatorio El Caracol, en Chichén Itza, en el actual México, ofrecían una visión perfecta de importantes hechos astronómicos, como la puesta de sol y el equinoccio de primavera.



Los glifos numéricos con variantes de cabezas.



Numerales mayas y una suma de muestra ($6 + 8 = 14$).

Los restos de una escribanía maya, conocida como la casa de los calendarios, nos muestran que los astrónomos conservaban un registro de sus datos. De principios del siglo IX a. C., la pared y el techo están adornados con coloridas pinturas, que representan varias figuras humanas, números y glifos. Probablemente la pared se usaba a modo de pizarra. Hay jeroglíficos coloreados, que se usaban para cálculos del calendario y astronómicos. En los restos de dos tablas de cálculo se ve el movimiento de la Luna y probablemente de Marte y Venus.

Los matemáticos-astrónomos mayas pertenecían a la clase sacerdotal y gozaban de gran consideración. Eran capaces de pronosticar con precisión los eclipses solares, e incluso lograban predecir los extraños movimientos de Venus en el cielo, que se repiten durante un período de ocho años, que en parte se deben a que el Sol nos obstaculiza verlo. Consideraban a Venus un compañero del Sol y lo llamaron Chak Ek', o Gran Estrella.

Los mayas llevaron a cabo mediciones increíblemente exactas de los movimientos de la Luna y las estrellas: por ejemplo, calcularon que 149 meses lunares duraban 4.400 días; en nuestra notación, eso arroja como resultado que un mes lunar son 29,5302 días, y el cálculo actual es de 29,5306. Asimismo, dedujeron que la duración del año era de 365,242 días; ahora la establecemos en 365,242198 días.

Impulsados por el deseo de entender mejor el cielo nocturno y sus efectos en la Tierra, los mayas se vieron impelidos a desarrollar las matemáticas. Creían que si dominaban la astronomía prosperarían en la agricultura. Un mecanismo parecido impulsaría otro período de evolución matemática en otro lugar del mundo, que nació por lo menos tan temprano como las matemáticas en Babilonia y duró miles de años: en China, donde sin embargo las matemáticas no abordarían solo las lluvias y las cosechas, sino también la autoridad para gobernar y la voluntad de los cielos.