

Laurent Schafer

INFÍNIX

Del infinito cósmico al infinito cuántico en cómic

Prefacio de Michel Mayor
Premio Nobel de Física 2019

Alianza editorial

Título original:
Infinix. De l'infini cosmique à l'infini quantique en BD

Primera edición en castellano: 2023

Guion y dibujos
Laurent Schafer

Color
Joël Odone
Laurent Schafer
Ariane Schafer

Colaboración científica
Claude-Alain Pillet
Profesor en el Centro de Física Teórica,
Universidad de Aix-Marseille, Universidad de Toulon, CNRS

Traducción
Isabel Soto

Corrección técnica
David Galadí-Enríquez, doctor en física

© Dunod, 2021, Malakoff
© de la traducción: Isabel Soto, 2023
© Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2023
Calle Valentín Beato, 21
28037 Madrid
www.alianzaeditorial.es



ISBN: 978-84-1148-305-6
Depósito legal: M. 5.566-2023
Printed in Spain

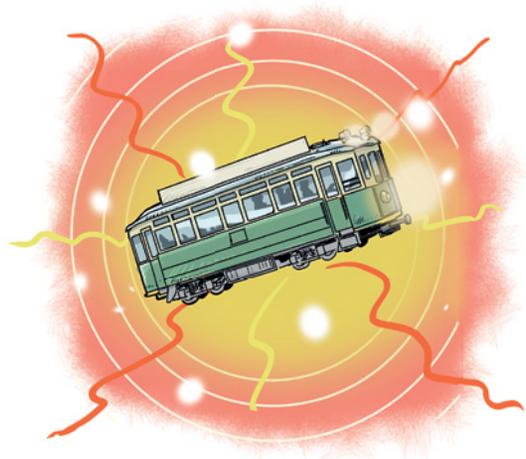
Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

PREFACIO

¡CUANDO LA CIENCIA SUPERA A LA FICCIÓN!

Si te gusta la ciencia ficción, aquí descubrirás que el universo es mucho más sorprendente que cualquier cosa que puedas imaginar. Deja que Laurent Schafer te guíe por los entresijos de la física moderna y sus descubrimientos, que la experimentación suele verificar con una precisión alucinante.

Terminada la lectura, no te habrás convertido en físico, pero, seducido por esta aventura cuyo objetivo es comprender nuestro universo y su asombrosa complejidad, espero que te sientas abrumado por el vértigo del investigador que se va internando poco a poco en las leyes de la materia y la evolución del universo.



Este libro nos ofrece lo que en mi opinión es el componente más noble de la cultura. Porque comprender la evolución del universo, la creación de la materia, el origen de la vida o, simplemente, reconocer los límites actuales de la física forman parte de nuestra cultura. Cuando admiras un cuadro de Leonardo da Vinci, percibes una belleza que está más allá de las palabras. Ante la increíble capacidad de los humanos para desentrañar las leyes que gobiernan nuestro mundo, sentirás también una especie de embriaguez.

¡El tiempo depende del observador!

Nada puede ir más rápido que la luz, sin embargo..., ¡las galaxias distantes se alejan más deprisa que ella!

Una masa oculta... ¡pero que detectamos!

¿Qué son los colores?

Escalofriante... ¡no somos más que una simple nube electromagnética!

¡Ah, y también está la relación entre el mundo real y las propiedades del... vacío...! Vertiginoso.

Y la presentación del nuevo miembro de la familia: el bosón de Higgs.

¡Feliz lectura!

Michel Mayor
Premio Nobel de Física 2019

A PROPÓSITO DEL INFINITO...

[...] el universo, no conociendo límites, por todas partes al infinito se dilata. Seguramente la naturaleza impide que la suma de las cosas pueda circunscribirse ella a sí misma; porque ha hecho que el vacío limitase al cuerpo, éste al vacío; de este modo ha dispuesto su obra ilimitada.

Lucrecio, *De la naturaleza de las cosas*

En el siglo I antes de nuestra era, el filósofo romano Lucrecio subraya la paradoja del todo y el infinito: si el universo es finito, posee un límite; y si ese límite existe, entonces más allá se encuentra un vacío que, por definición, forma parte del universo. Lucrecio también está convencido de la existencia de los átomos, como antes que él los griegos Epicuro y Demócrito. Sorprendente intuición.

Siglos antes, los filósofos orientales también se habían asomado al vértigo del vacío y el infinito. Habrán de pasar un par de milenios hasta que la ciencia occidental se interese por ello. No será hasta finales del siglo XIX cuando el matemático Georg Cantor demuestre la existencia de varios tipos de infinitos. En la actualidad, ¡los científicos hacen malabares con las diferencias entre dos infinitos gracias a la incorporación de infinitos negativos!

De manera mucho más modesta, aquí viajaremos hasta las escurridizas fronteras del infi-

nito: primero, hasta lo infinitamente grande, con su espacio-tiempo de tan extrañas propiedades; más tarde, hasta lo infinitamente pequeño y el vacío cuántico, ya que, al parecer, somos sus criaturas...

Infínix es la continuación de *Cuántix*. Aunque relacionadas, estas dos obras se complementan y se pueden leer de forma independiente. Al igual que *Cuántix*, *Infínix* se apoya en numerosas fuentes documentales (citadas en la págs. 142-143). Este cómic pretende ser una puerta entreabierta hacia las ciencias, una invitación a cruzar el umbral que conduce a otros libros, a otras miradas sobre el conocimiento.

Volverás a encontrarte con Zoé y Adam, con su familia y sus amigos. Para ellos, como para nosotros, ha pasado el tiempo desde sus últimas aventuras. Un poco.

Aunque podría tratarse solamente de una ilusión.



HACIA EL INFINITO CÓSMICO

LOS PERSONAJES

MAX, el friqui del grupo. Es experto en modernidad numérica (en todo lo demás, es francamente vintage).



QIAN, vegetariana conectada a la naturaleza, ama viajar. Tiene una hija: Adonie.



MAI, la compañera de Max, una periodista apasionada por Asia y la cultura *kawaii*.



Hija de Zoé y Adam, **LUCE** es una jovencita superdotada a quien apasionan las ciencias.



HILBERT, compañero de Luce, un crack en física teórica.

A **ADAM** le encantan los adornos (aunque los de los demás le parecen un engorro). **ZOÉ** es discreta e ingeniosa.



BASTIEN, el sobrino de 8 años de Adam y Zoé, quienes suelen tenerlo a menudo en su casa.



ALBUS, un amigo epicúreo que se ríe de forma estruendosa.

HACIA EL INFINITO CUÁNTICO

EL INFINITO CÓSMICO

¿QUÉ HORA ES EN EL UNIVERSO?

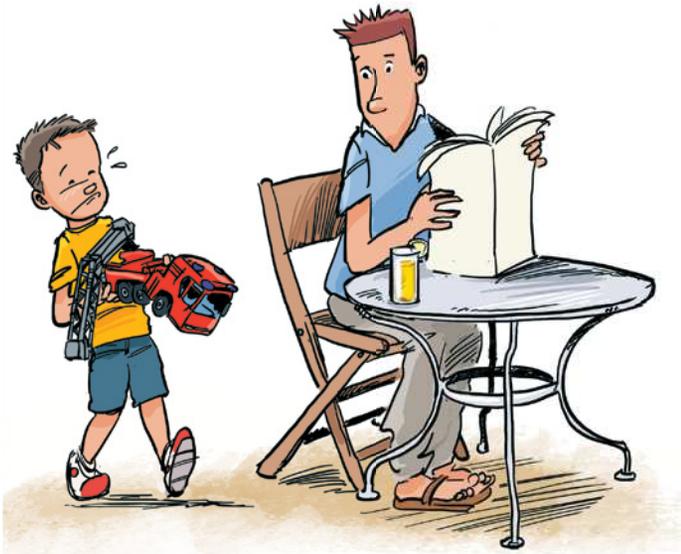
«La división efectiva del tiempo en pasado, presente y futuro parece carecer de sentido.»

Paul Davies, físico teórico

En algún lugar de la Tierra.
Ahora mismo son las 09 horas,
44 minutos y 27 segundos.



09:44:38



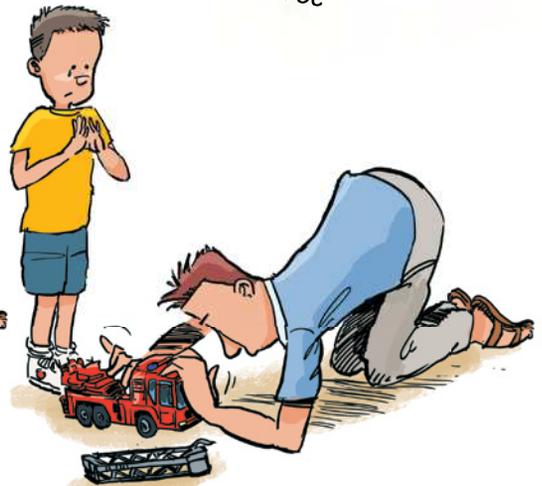
09:45:42



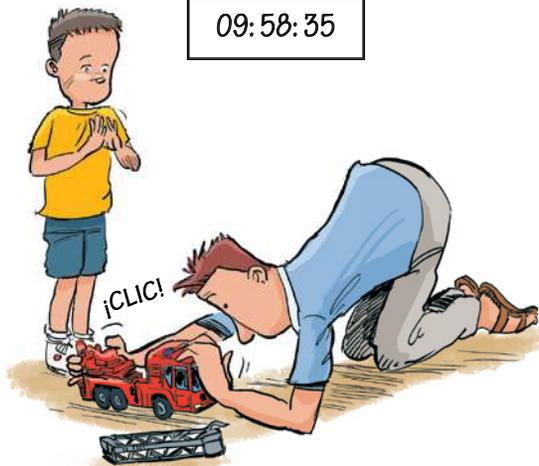
09:46:56



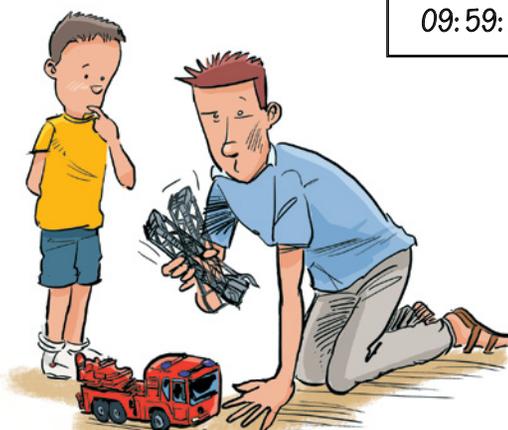
Pero ¿qué significa exactamente ahora?



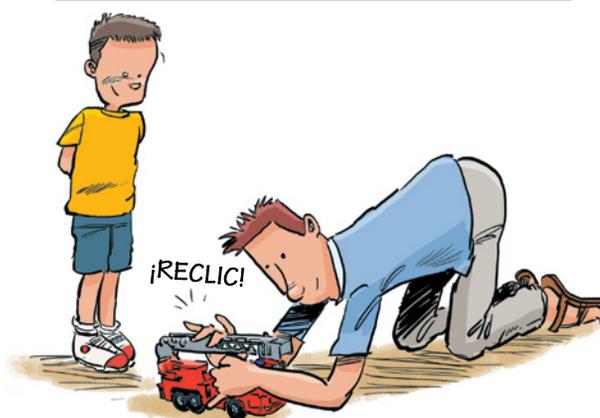
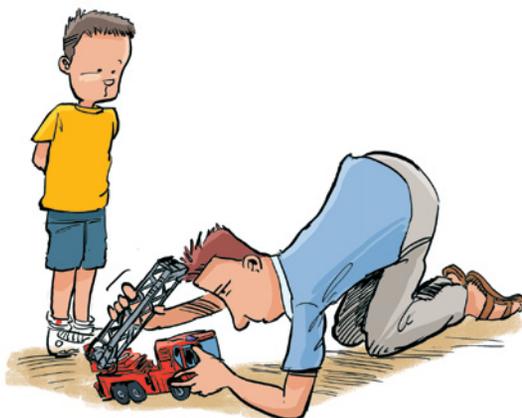
09:58:35



09:59:27



Una cosa es segura: hay unos *ahora* más importantes que otros.



Esa mañana, Bastien, de 8 años, concede a su tío Adam el título de... ¡«supermegagigarrey del universo»! En Tiempo Universal Coordinado (UTC, por sus siglas en inglés), son exactamente las 10 horas, 00 minutos, 00,00 segundos. Este «tiempo universal» permite que cualquier persona del planeta que tenga un reloj sincronizado con el UTC vea que su reloj marca las 10:00:00,00 «al mismo tiempo». Al menos, en una primera aproximación.

10:00:00,00



Así, durante ese exacto *ahora* 10:00:00,00 UTC, en otro lugar del mundo...



Henri está en su sótano, pero no sabe para qué ha bajado...

... Mira fijamente los tarros de pepinillos, como si estos pudieran darle la respuesta.



A varios cientos de kilómetros, Zelia y Pierre escuchan por decimoséptima vez: «¡Novia mojada, novia afortunada!».

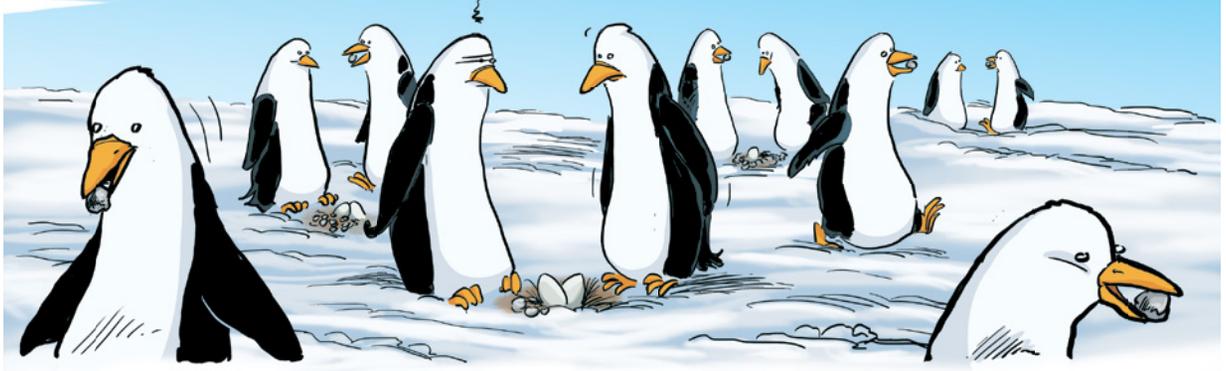
Piensan que el día será largo, sobre todo si sigue lloviendo.

En África oriental, un todoterreno se detiene en mitad de la sabana, cerca de una trampa para moscas tsé-tsé.



Son las 10:00:00,00 UTC cuando Qian cae en la cuenta de que su conjunto es exactamente del mismo color que la trampa.

Mismo *ahora* en el Polo Sur. Earl, un pingüino papúa, acaba de regresar. Su compañera se pregunta cómo diablos le ha podido tocar el único macho de la colonia incapaz de conseguir una piedra para su nido.



10: 00: 00,00 UTC.
En cabeza, Gūnhilda,
especialista en líquenes y
marmotas de altura, y, tras
ella, Mai, periodista. Esta
se ofreció voluntaria con
gran entusiasmo para este
reportaje extremo.

El célebre Justin B. Redford iba
a participar en la expedición. El
guapo actor de Hollywood es un
apasionado de las marmotas...

Al menos, eso es lo que sus colegas le aseguraron
a Mai en la reunión de redacción.

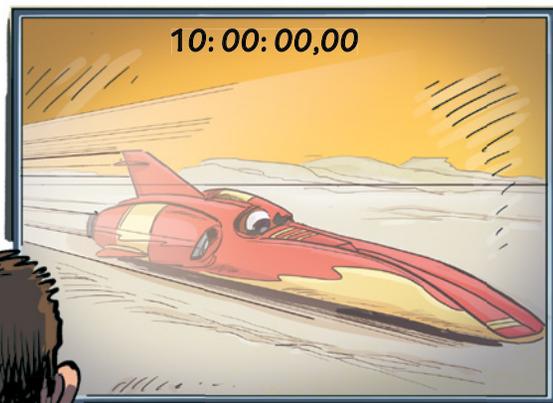
¡ASÍ QUE
JUSTIN B. REDFORD!
¡LOS MUY CABRITOS
SE DEBEN DE ESTAR
PARTIENDO DE
RISA!



Mismo *ahora* para Paul, en un lejano desierto. Supera el umbral de los 1.000 km/h durante
su sesión de entrenamiento.



Surge un primer escollo: 20.000 km separan las dos escenas de aquí abajo. Ahora bien, la luz tarda 0,07 segundos (a 300.000 km/s) en recorrer esa distancia. Si Bastien pudiera observar a la hazaña del piloto de carreras, lo vería con 0,07 segundos de retraso en relación a su *ahora*.



¿Bastaría con descontar ese desfase de 0,07 segundos para sincronizar las imágenes? ¡No es tan sencillo!
Desde cualquier lugar de la Tierra, sería imposible observar con exactitud en pantallas en tiempo real esas
escenas de manera que ambas indicaran simultáneamente las 10: 00: 00,00.

Otra dificultad para nuestro *ahora*: ¡espacio y tiempo no son constantes! Nuestra velocidad en el tiempo está relacionada con nuestra velocidad en el espacio. Imaginemos nuestra esfera espaciotemporal así:



El límite del amarillo y el azul se mueve según nuestra velocidad.

Cuanto más deprisa se desplace un objeto en el espacio, **más se ralentiza en el tiempo**. En la esfera, la superficie amarilla aumenta; la azul disminuye:



Al ganar velocidad en el espacio, el piloto pierde en velocidad temporal. El tictac de su reloj se ralentiza...



... comparado con el tictac del reloj de Adam.

Una ralentización relativa: el piloto no observaría ninguna ralentización en su reloj. Pero si Adam pudiera observar en detalle el reloj del piloto...



Un objeto inmóvil en el universo solo se desplazaría en el tiempo en relación con todos los demás. Por tanto, la esfera sería completamente azul:



Ten en cuenta que tal objeto no existe en el cosmos (... mucho menos un banco sobre una piedra).

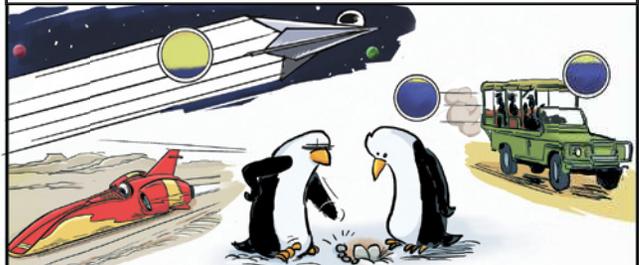
Por el contrario, la luz se desplaza a la velocidad máxima. Siempre se aleja de nosotros a 300.000 kilómetros/segundo*, cualquiera que sea nuestra velocidad: está como fuera del tiempo.

La luz solo se desplaza en «el espacio». ¡Para ella, el tiempo no pasa!



Los fotones transportan la luz. No tienen masa.

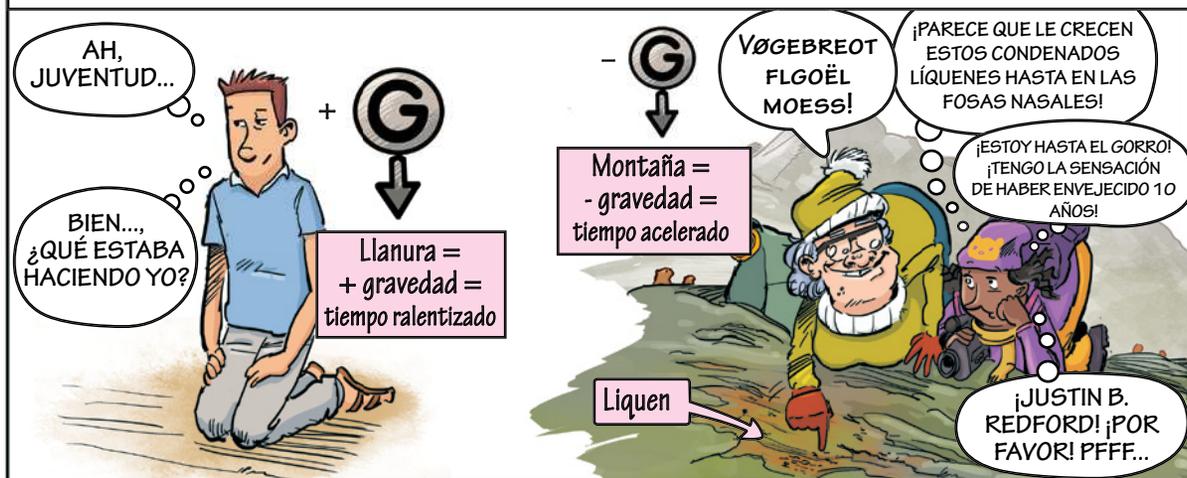
Todo objeto dotado de una masa experimenta una combinación de los dos desplazamientos: en el tiempo y en el espacio. La esfera completa representa la velocidad de la luz que —ella sí— es constante.



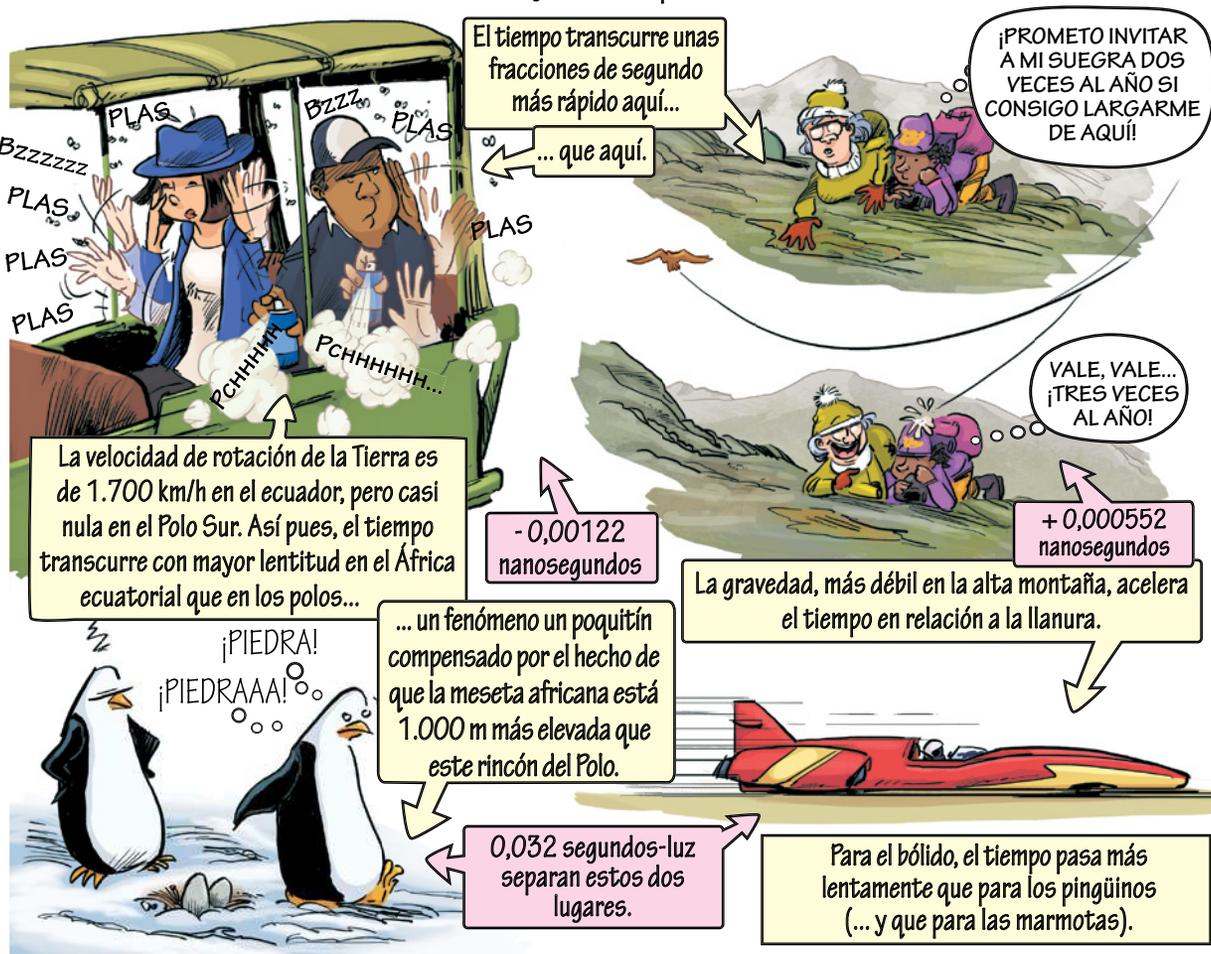
En resumen: cuanto mayor sea nuestra velocidad en relación con un objeto, más lento será el tictac de nuestro reloj en relación a ese objeto. Incluso en la Tierra. Es uno de los principios de la relatividad restringida de Einstein.

* Exactamente: 299.792,458 km/s.

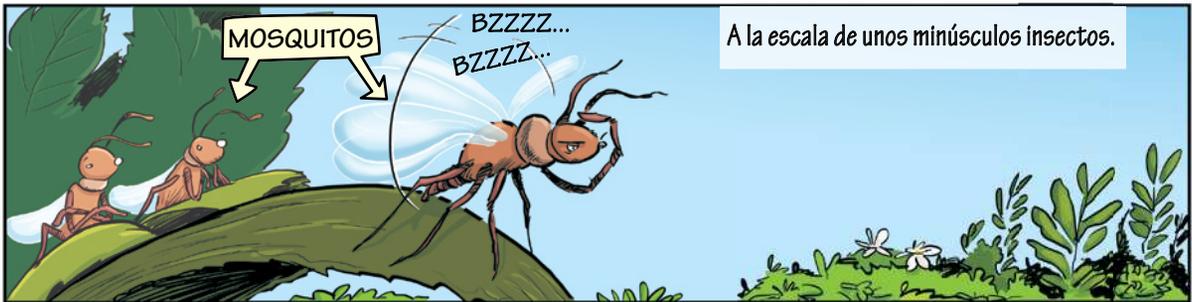
Compliquemos el asunto con un segundo ralentizador temporal: la gravedad, cuya acción hace que los objetos se atraigan entre sí en proporción a su masa. Cuanto más fuerte es la gravedad, más ralentiza el tiempo. Ahora bien, la gravedad es más pronunciada en altitudes bajas, de manera que allí el tiempo pasa ligeramente más lento que en la montaña.



He aquí el problema (aparte de la ausencia de Justin B. Redford). En varios puntos del globo, todos concuerdan en un *ahora* a las 10 h 00 min y 00,0 segundos. Pero una medición más precisa señala el fin de la simultaneidad: en cada uno de esos lugares imperan condiciones distintas de gravedad y de velocidad de desplazamiento. Además, unas centésimas de segundo los separan debido a la velocidad de la luz.



En resumen: el *ahora* de unos difiere en algunos nanosegundos con respecto al *ahora* de otros. Dado que nuestros sentidos son incapaces de percibir el mundo por debajo de alrededor de una décima de segundo, las 10 h 00 min 00,00 s UTC solo nos proporcionan la *ilusión* de un tiempo simultáneo en todos los lugares de la Tierra.



¡¡GUAU!!
¿¿QUÉ HA
COMIDO PARA
HACER ESO?!?

FRUTA
PODRIDA Y AGUA
ESTANCADA...,
LO NORMAL.

FFFLBLLBLL

¿ACASO
PODEMOS
COMER ALGO
DISTINTO?

¿Es rápido un mosquito?

FLBLLBLLBLL

Visto así, sí.

FLBLLBLLBLLLL

Sin embargo,
visto así...

SÍ, ES UN
CASTILLO-MUSEO
SOBRE
COSMOLOGÍA Y...

¿...?
¿¿ALGO VIBRA,
NO??

ES EL
TELÉFONO...



Cualquier conversación telefónica (onda de radio), imagen (onda de luz visible) u otra onda electromagnética emitida en nuestro planeta también sale al cosmos. Esta onda tarda casi un segundo y medio en llegar a la Luna, nuestro «matorral cósmico» más cercano. Así, la escala del tiempo de transmisión cambia: de un máximo de unos 0,1 segundos en la Tierra, pasa a poco más de 1 segundo.



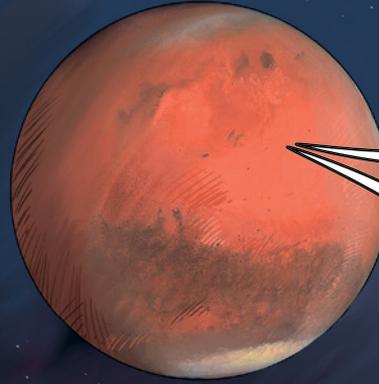
Imaginemos ahora que nuestro mosquito rebasa su «matorral-Luna» para aventurarse algo más lejos.



A escala cósmica, el «garaje de al lado» es Marte, el planeta rojo.

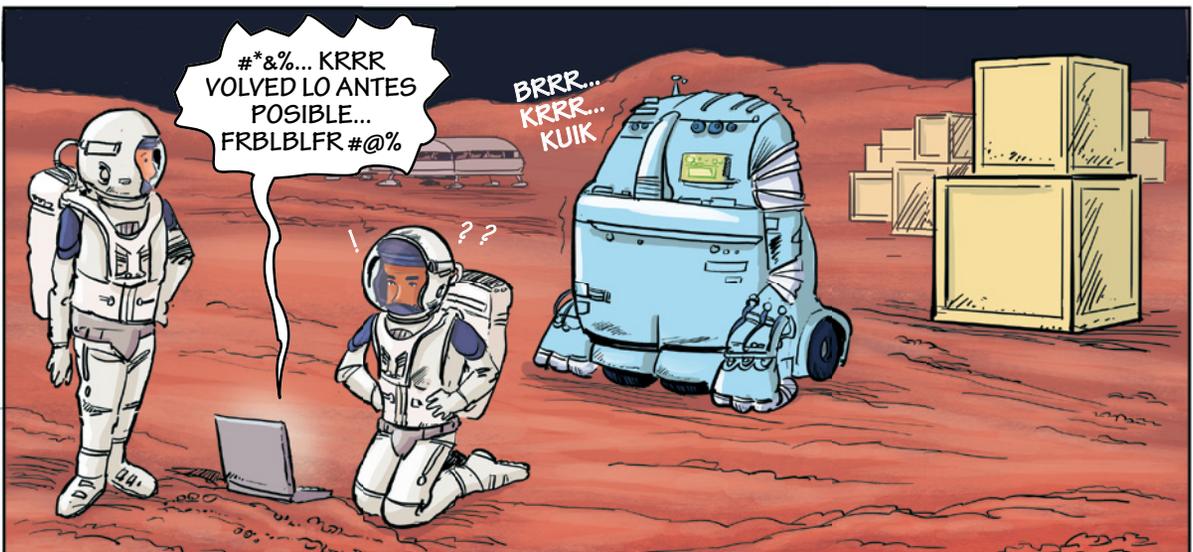
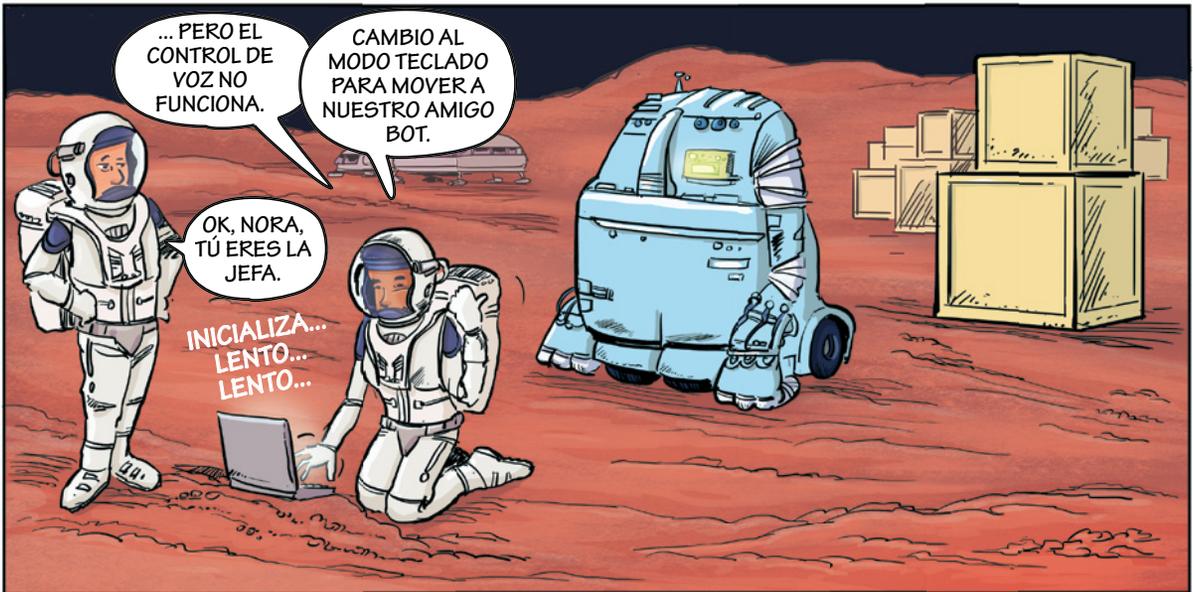


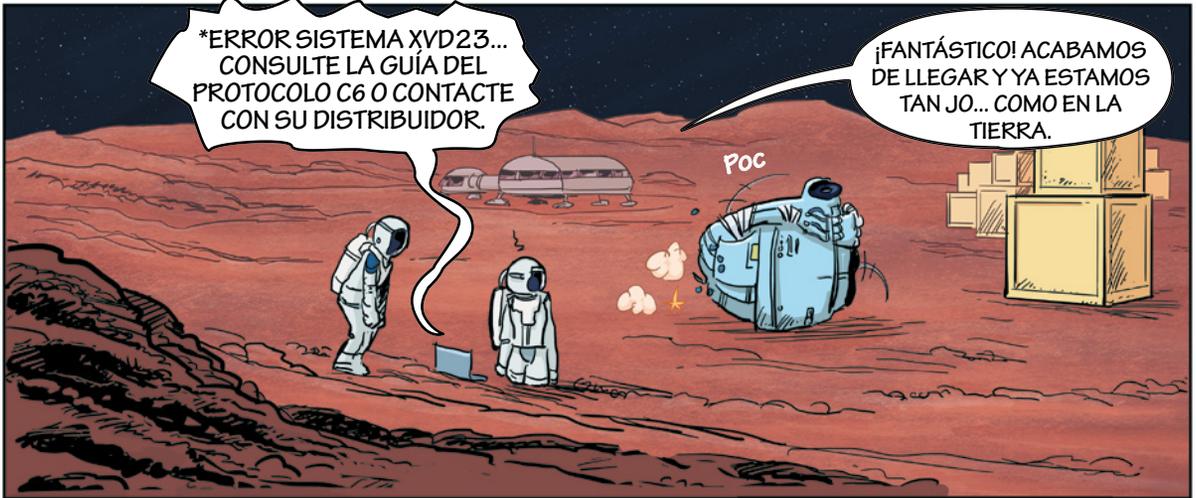
Supongamos que los primeros colonos
terrácolas hubieran desembarcado
en Marte, tras unos meses de viaje.



¿TODO BIEN?

MMM... SE
SUPONE QUE EL MÓDULO
BOT SE ENCARGA DE LA
SECUENCIA DE MONTAJE
DEL CAMPAMENTO
BASE...





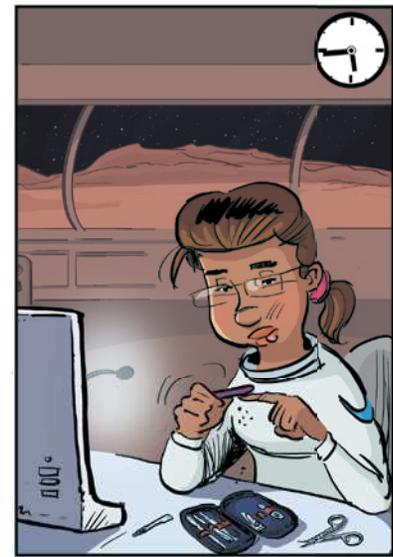
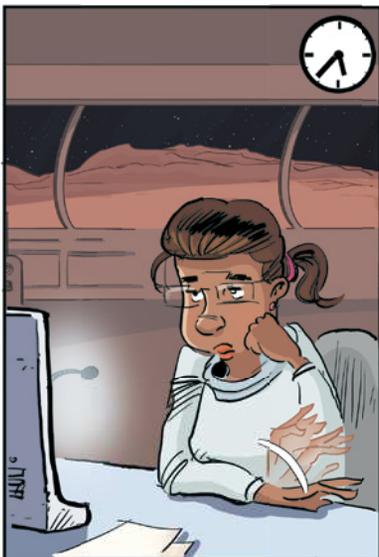
*ERROR SISTEMA XYD23...
CONSULTE LA GUÍA DEL
PROTOCOLO C6 O CONTACTE
CON SU DISTRIBUIDOR.

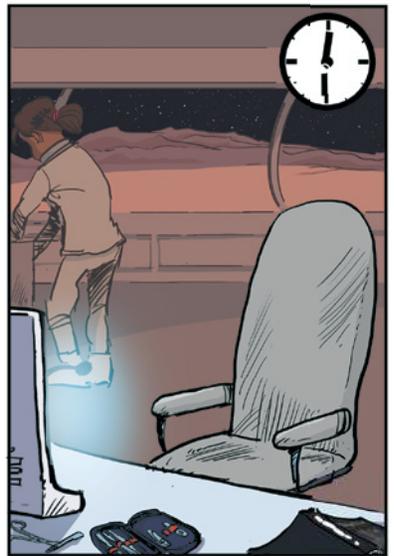
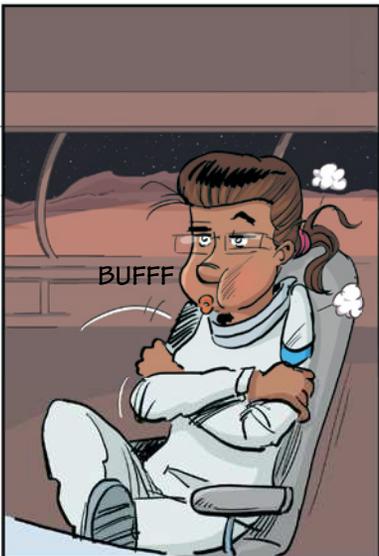
¡FANTÁSTICO! ACABAMOS
DE LLEGAR Y YA ESTAMOS
TAN JO... COMO EN LA
TIERRA.

Una instalación en el planeta rojo plantearía múltiples problemas. Hay uno del que casi no somos conscientes. Y este problema es insoluble. Así sería un chat en directo.

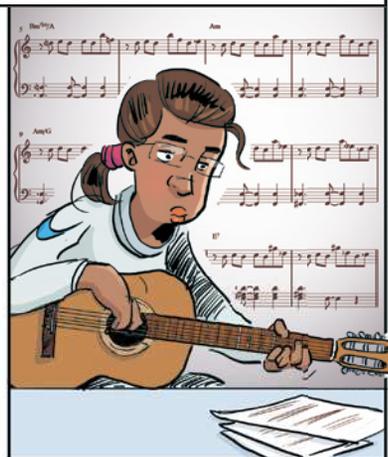


CONTROL TIERRA. AQUÍ NORA EN
MARTE UNO. TENEMOS UNA
AVERÍA INFORMÁTICA CON EL
MÓDULO BOT. POR FAVOR, ENVIEN
LA GUÍA DEL PROTOCOLO C6.
GRACIAS.

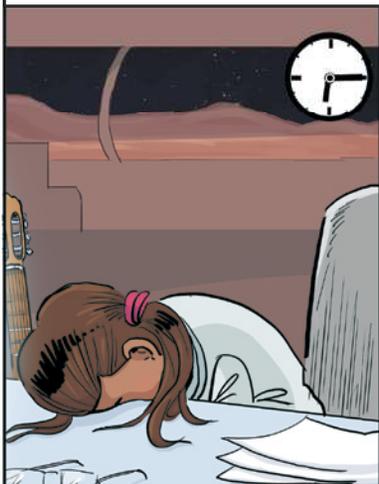




Recuerda el ligero retraso de 0,07 segundos en la Tierra, relacionado con la velocidad de la luz.
Entre Marte y la Tierra, cualquier transmisión tarda hasta... ¡20 minutos!



La tecnología no tiene la culpa. No puede ni nunca podrá ir más rápido.





Entonces, ¿cuál es el *ahora* entre el planeta azul y el planeta rojo?



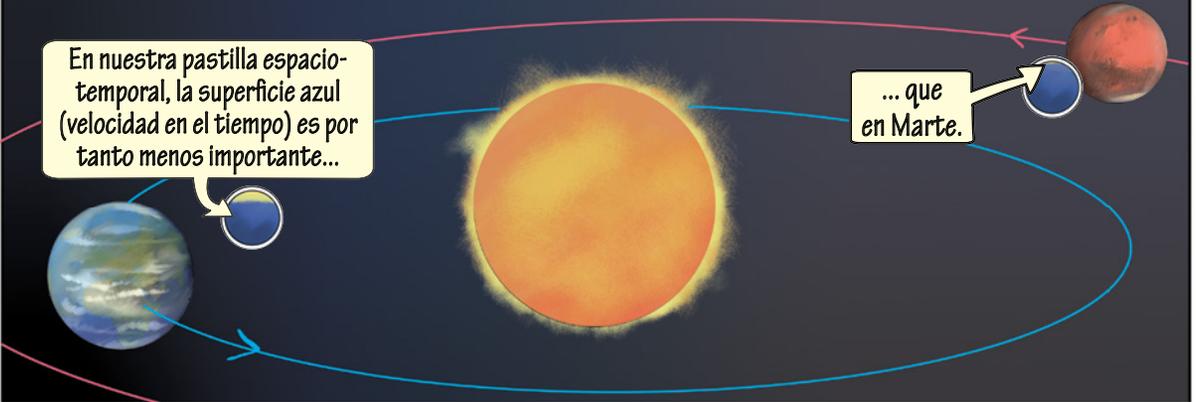
Podríamos definir un instante «t» para compensar el intervalo de 20 minutos necesarios para la llegada de la señal. Pero, una vez más, sería imposible observar las dos escenas de aquí abajo de manera simultánea, en pantallas, por ejemplo. Un instante «t» entre la Tierra y Marte tendría incluso cierto aire surrealista.



Además, recuerda: un objeto se desplaza en el espacio (en amarillo  en la pequeña esfera), pero también en el tiempo (en azul ). La velocidad combinada de su velocidad en el espacio y en el tiempo equivale a la esfera entera: es la velocidad de la luz, siempre constante. Ahora bien, la Tierra orbita unos miles de km/h más rápido que Marte. Un observador situado en el Sol, por ejemplo, mediría que el tiempo pasa un poco más lentamente en la Tierra que en Marte.

En nuestra pastilla espaciotemporal, la superficie azul (velocidad en el tiempo) es por tanto menos importante...

... que en Marte.



Añadamos un elemento del que ya hemos hablado: la gravedad. Al integrar la gravedad a la relatividad restringida, Albert Einstein descubrió la **relatividad general**. Esta demuestra que todo el espacio-tiempo es blando, algo así como un colchón sobre el que hubiésemos colocado unas pelotas pesadas.



Las masas curvan el espacio... ¡y el tiempo! En otras palabras: cuanto más macizo es un objeto, más fuerte es su gravedad y más ralentiza el tiempo.

Marte, menos macizo, sufre una gravedad casi tres veces inferior a la de la Tierra.

