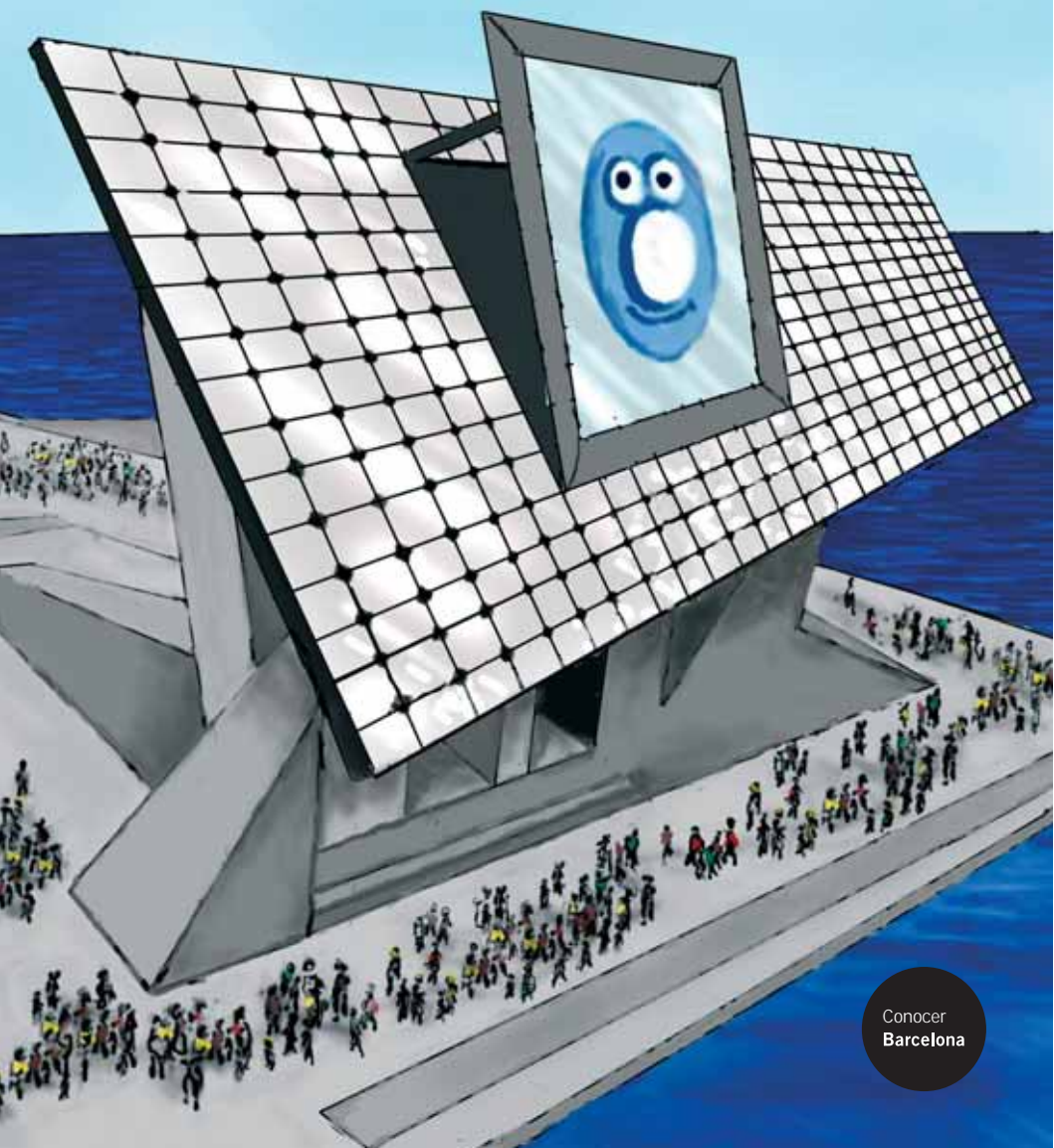


Ilustraciones de Fernando Krahn

# TAKE, EL FOTÓN

Un vertiginoso viaje desde una supernova hasta Barcelona



Conocer  
Barcelona

Texto: Joaquim Bosch  
Ilustración: Fernando Krahn

# TAKE, EL FOTÓN

Un vertiginoso viaje desde una supernova hasta Barcelona

**Edita: Ayuntamiento de Barcelona**

**Consejo de Ediciones y Publicaciones  
del Ayuntamiento de Barcelona**

Ferran Mascarell, Enric Casas, Alfredo Jorge Juan,  
Marius Rubert, Joan Conde, Glòria Figuerola,  
Joan A. Dalmau, Oriol Balaguer,  
Josep M. Lucchetti, José Pérez Freijo

**Comisionado de la Alcaldía para la Promoción  
y la Difusión de la Cultura Científica,  
Instituto de Cultura de Barcelona**  
Vladimir De Semir

**Director de Comunicación y Calidad**  
Enric Casas

**Jefe del Departamento de Imagen  
y Producción Editorial**  
José Pérez Freijo

**Directora de Promoción de Cultura Científica,  
Instituto de Cultura de Barcelona**  
Gemma Revuelta

**Asesores de la publicación:**

**Jefe del programa de Conocimiento de la  
Ciudad, Instituto Municipal de Educación**  
Esteve Barandica  
**Catedrático de Física de la Universidad  
Autónoma de Barcelona y poeta**  
David Jou  
**Historiador de la Ciencia, Escuela  
de Ingeniería Industrial de Barcelona, UPC**  
Antoni Roca Rosell

**Jefa Editorial**  
Marta Passola

**Coordinación Editorial**  
Bibiana Bonmatí

**Diseño gráfico y maquetación**  
Beatriz González

**Edición**  
Departamento de Imagen y Producción Editorial  
Municipal

© de la edición: Ayuntamiento de Barcelona,  
Instituto de Cultura de Barcelona  
© del texto: Joaquim Bosch, Observatorio de la  
Comunicación Científica, Universidad Pompeu Fabra  
© de la ilustración: Fernando Krahn

**Ajuntament  de Barcelona**

Paseo de la Zona Franca, 60  
08038 Barcelona  
tel. 93 402 31 31  
[www.bcn.es/publicacions](http://www.bcn.es/publicacions)

**BARCELONA 2005  
ANY DEL  
LIBRE  
I LA LECTURA**



Patrocinado por:



Plan Nacional de I+D+I 2004-2007

**Ajuntament  de Barcelona**

**Institut de  
cultura ■**

5

Presentación del alcalde

7

Las velas de la noche

11

Los fotones, los más rápidos del Universo

19

El coleccionista de electrones

27

De camino hacia la Tierra

37

La entrada en la atmósfera

47

El bronceado de Einstein

51

Descubriendo Barcelona

57

Hablando de Einstein

61

El centro de la ciudad

65

Termina el viaje

69

¿Quién es quien?



## A los chicos y chicas que se adentran en la historia de Take...

En el año 1923, Albert Einstein vino a Barcelona a dar unas conferencias. Einstein era el científico más conocido de su tiempo y seguramente continúa siendo un físico famoso incluso entre aquellos que no prestan mucha atención a la física. Y esto ocurre porque Einstein, con la Teoría de la Relatividad, reformó profundamente el edificio teórico de la física de su tiempo...Y hasta ahora. Planteó una nueva concepción del universo, capaz de explicar cosas que ocurrían y que hasta aquel momento no se acababan de entender.

Los científicos, cuando hacen descubrimientos de esta magnitud –y también cuando son descubrimientos pequeños–, los comunican a sus colegas a través de trabajos que publican en unas revistas concretas. Einstein publicó el primero de sus artículos en 1905, ahora hace cien años, y el segundo y complementario, en 1916. El hecho de que en 1923 fuera invitado a venir a Barcelona significa que la ciudad estaba al día sobre lo que se hacía en física teórica. Sin duda no había demasiada gente que pudiera explicar la Teoría de la Relatividad, pero muchos se acercaron a conocer a Einstein y a escuchar sus explicaciones de viva voz.

Hoy los chicos y chicas que van al Instituto tienen nociones bastante claras de la física que se produce cada día delante de nuestros ojos, que a veces son procesos de gran complejidad. Pero es importante que vayamos más allá y conozcamos las teorías básicas, porque son las que nos explican el mundo tal como es. Hace miles de años, nuestros antepasados inventaban mitos para explicar los fenómenos naturales, para contestarse preguntas que les afligían. Nosotros nos podemos adentrar con más certezas... y con nuevas preguntas.

Hemos llegado a un punto en el conocimiento en que muchos de los planteamientos son por fuerza teóricos. Es decir, no podemos comprobarlos con experimentos porque no tenemos suficiente energía o instrumentos lo bastante sofisticados para poner en práctica aquello que nos dice la intuición o las ecuaciones. Los científicos se encuentran con paradojas e incógnitas que seguramente serán resueltas en los próximos años y se establecerá una nueva frontera de conocimiento. Hay premisas que desafían la razón, ¡pero sólo porque nuestra razón ha empequeñecido ante la profundidad de aquello que investigamos! Es un proceso fascinante.

Es posible que, en las páginas de este cuento, encontréis el estímulo para seguir una vocación científica, y que una o uno de vosotros sea mañana un físico teórico. Quien lo sea se encontrará con que Barcelona estará preparada para recibir esta vocación, de la misma manera que en 1923 estaba a punto para acoger a Albert Einstein. Estamos trabajando mucho para que Barcelona pueda hacer alguna contribución al gran edificio de la ciencia, que siempre tiene alcance mundial. Sólo os diré que pronto tendremos en el Vallés un acelerador de partículas de última generación (la máquina que permite ver qué hacen las partículas y cómo) y que ya tenemos en funcionamiento un megaordenador, de hecho el más grande de Europa. Entre otras cosas...

De todo ello, tendréis noticias, porque este curso 2005-2006 la Audiencia Pública a los chicos y chicas de Barcelona tiene por lema "¡Barcelona hace ciencia!" y el año 2007 lo dedicaremos a la ciencia con el fin de conmemorar los primeros cien años de la creación de l'Institut d'Estudis Catalans, que es nuestra academia de ciencias y humanidades. Nuestros abuelos ya estaban poniendo las bases del edificio científico catalán, hombro a hombro con la Universidad. Ahora ya sólo falta que alguna o alguno de vosotros se apasione... y bien podéis empezar por este cuento.

Joan Clos, Alcalde de Barcelona

# Las velas de la noche





Hubo una vez un poeta que se refirió a las estrellas como “las velas de la noche”. Es una frase preciosa, de las que sólo se les ocurren a los poetas, pero la realidad es bastante menos poética porque con lo que realmente tendríamos que comparar el Sol, o cualquier otra estrella, no es con una vela, sino con una inmensa bomba atómica. Una bomba que dosifica su combustible con tanta avaricia que a pesar de llevar 4.600 millones de años quemando aun le queda combustible para unos cuantos millones de años más. Y, a pesar de todo, esta bomba atómica es tan gigantesca que un solo segundo produce millones de explosiones más violentas que las que destruyeron Hiroshima o Nagasaki, y su resplandor es visible desde la Tierra, que está a unos 150 millones de kilómetros.

Nuestro planeta ha tenido la suerte de estar en el lugar oportuno, a la distancia justa para que de estas explosiones nos llegue la cantidad precisa de luz y de calor para permitir la aparición y el desarrollo de la vida. Si estuviéramos demasiado cerca del Sol, nos llegaría tanto calor que la temperatura de los mares subiría hasta que sus aguas hirvieran, y si estuviéramos demasiado lejos, los océanos se congelarían. En ninguna de estas condiciones nos podemos imaginar ningún tipo de vida, al menos no tal y como la conocemos.

Una noche estrellada nos ofrece la posibilidad de admirar un buen número de estas bombas atómicas. Es el mayor espectáculo de fuegos artificiales que podemos ver, y las estrellas que contemplamos están tan lejos que de sus explosiones sólo nos llega una tenue y parpadeante luz.

De vez en cuando –muy de vez en cuando–, a alguna estrella se le termina el combustible. Las hay que continúan quemándolo como han hecho siempre hasta que se les agota completamente y entonces se apagan. Pero hay otras que antes de agotar su combustible se despiden con una gran explosión final

en la que queman todo el que les queda. La explosión revienta la estrella y durante unas semanas le otorga un espectacular protagonismo, porque durante esos pocos días la estrella brillará más que toda su galaxia entera. Son las supernovas.

Esta es la historia de un poquito de luz nacida hace millones de años en la explosión de una de estas supernovas.

# Los fotones, los más rápidos del universo

Take, nuestro protagonista, es este poquito de luz. Quizá hayas oído decir que la luz es una **onda electromagnética**. Pero saber que Take es una onda electromagnética no ayuda demasiado a imaginarse qué aspecto tiene, ¿verdad?

Los científicos se inspiraron durante mucho tiempo en el sonido, que es otro tipo de onda, para imaginarse como es la luz. Si nos palpamos el cuello mientras cantamos notaremos una vibración en la garganta, y también vemos que las cuerdas de una guitarra vibran mientras alguien la toca. Por esta razón pensaron que para que haya luz también hace falta que alguna cosa vibre. Pero cuando descubrieron que la luz puede viajar por el vacío se quedaron de piedra, porque en el vacío no hay nada... y por lo tanto nada puede vibrar. Así que durante unos años nadie sabía cómo nos teníamos que imaginar la luz, hasta que **Albert Einstein** propuso que nos la imagináramos formada por diminutas partículas irrompibles que llamó **fotones**. Así que ahora ya nos podemos hacer una idea del aspecto que tiene Take: más o menos como una diminuta bola de billar.

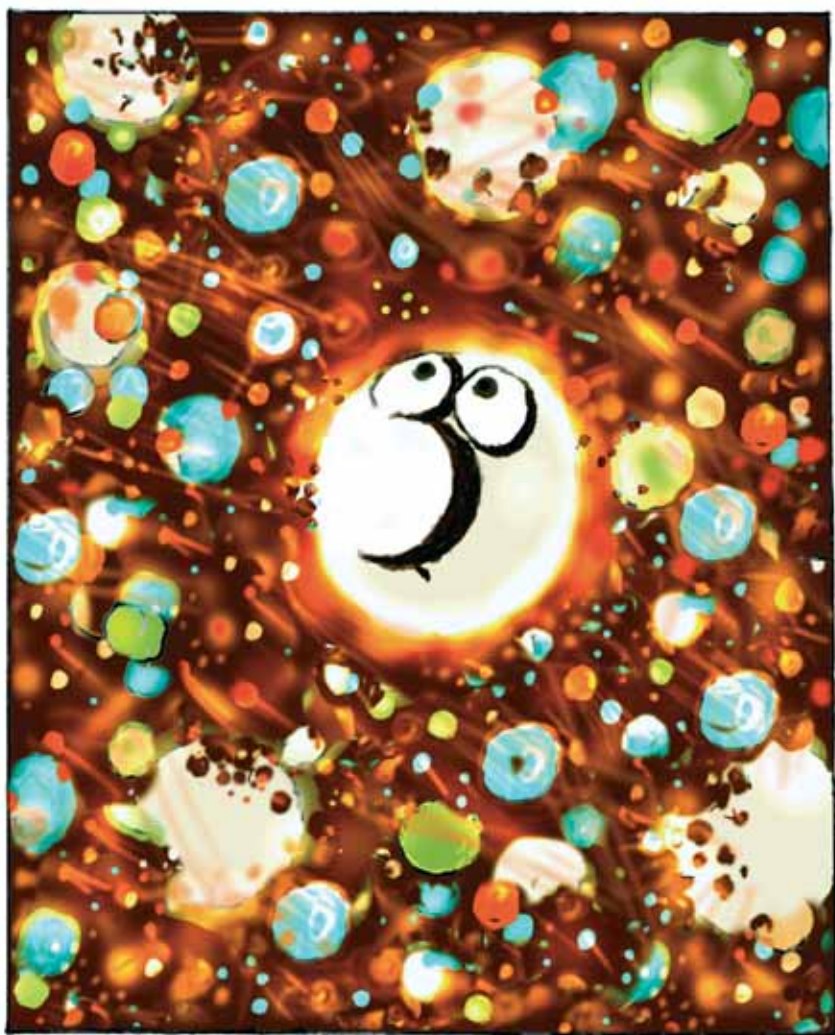
Pero los fotones son unas bolitas muy especiales. Si intentáramos pesarlos y consiguiéramos que durante un ratito se estuvieran quietos en una balanza nos llevaríamos una sorpresa al ver que ésta no marcaría nada: ¡los fotones no tienen masa! Pero, claro, algo tendrán, porque si no no serían nada... ¡y lo que tienen es energía! De hecho es lo único que tienen, y por lo tanto es lo único que nos permite distinguir a unos fotones de otros. Les damos nombres distintos según la energía que tengan, y al conjunto de todos estos nombres le llamamos **espectro**. Nuestros ojos sólo pueden ver algunos de estos fotones, los de la parte del espectro que normalmente llamamos "luz", y sabemos que los hay de varios colores: rojos, verdes, azules... uno para cada color del arco iris.

Pero aunque nuestros ojos no los puedan ver, los demás fotones también son un tipo de luz. Take es de los que tienen más energía: ¡es un rayo gamma! Como todos los rayos gamma es invisible a nuestros ojos, pero esto no quiere decir que no los podamos notar... Si ahora mismo Take llegase hasta nuestros ojos nos podría hacer mucho daño, porque los rayos gamma tienen tanta energía que pueden destruir los tejidos de nuestro cuerpo. Por suerte, a la Tierra llegan muy pocos rayos gamma porque el Sol prácticamente no emite. Pero las supernovas están llenas de ellos, e incluso hay quien ha pensado que los dinosaurios quizá se extinguieron porque hace unos 60 millones de años llegaron a la Tierra muchos rayos gamma procedentes de la explosión de una supernova.

Pero todavía es pronto para preocuparnos de por qué Take aun está lejos de la Tierra. Apenas acaba de nacer en su supernova. Como todos los jóvenes, es impaciente y tiene prisa por viajar por el Universo para conocer sus secretos. Pero antes tendrá que salir de su estrella, y esto no le va a ser nada fácil...

La estrella está tan atiborrada de todo tipo de átomos, electrones y fotones como él moviéndose rápidamente, que todos chocan unos contra otros cada dos por tres. Como van tan deprisa, Take cambia de dirección cada vez que choca con alguien, y así es muy difícil salir de la estrella... Él apunta hacia fuera, pero apenas ha dado dos pasos vuelve a chocar y se desvía, cuando no es con un átomo es con un fotón, y cuando no, con un electrón venido de no se sabe dónde. Después de este choque, otro, y luego otro... Take se desespera: ¡así no hay manera de ir a ninguna parte!

Pero todo cambia en un santiamén. De repente ya no choca con nadie. Sorprendido, Take mira a su alrededor y ve que todos, átomos, electrones y fotones, se mueven en la misma dirección que él. Parece que se hubieran puesto



Como van tan deprisa,  
Take cambia de dirección cada vez que choca con alguien,  
y así es muy difícil salir de la estrella...

de acuerdo: “¡hacia allí!”. Y hacia allí van todos, avanzando en línea recta... ¡Qué diferencia con antes, cuando cada uno iba en una dirección distinta y no paraban de chocar unos contra otros!

¿Qué está pasando? Take mira hacia delante y ve millones y millones de todo tipo de átomos, electrones y fotones yendo en su misma dirección. Después mira hacia atrás y ve millones y millones de otras partículas que le siguen, y cada vez hay más... Absolutamente desorientado, mira aún más atrás y allá a lo lejos ve a su supernova. Entonces lo entiende todo, sonrío, y exclama satisfecho:

- Así que era esto... ¡Por fin he salido de la estrella!

¡Qué espectáculo! Millones de partículas emergen de la estrella en todas direcciones, como si salieran a colonizar el espacio... o como si las echaran porque se ha acabado la fiesta. Take ha empezado su viaje.

Rápidamente se aleja de la supernova, y de vez en cuando adelanta a algún átomo o a algún electrón que se ha ido quedando rezagado... ¡y este es el primer gran descubrimiento que hace Take sobre su condición de fotón! En esta carrera desenfrenada por salir de la supernova, Take ha visto que –aunque algunas corren mucho– no existe ninguna partícula tan rápida como los fotones. Take y sus congéneres, los fotones, son los más rápidos del Universo. Además, todos los fotones son igual de rápidos, no hay ninguno que vaya más lento o más rápido que los demás, porque todos van a la misma velocidad: la **velocidad de la luz**.



Así que era esto...  
¡Por fin he salido de la estrella!



# El coleccionista de electrones

Hacía ya bastante que había salido de la supernova, y en este tiempo había visto muchas cosas, pero nada parecido a lo que ahora tenía delante... Era el átomo más grande que jamás había visto, ¡y ya había visto unos cuantos! Sobre todo mientras estaba en la supernova, donde cada dos por tres chocaba con alguno, aunque tampoco estaba nada mal la cantidad que había visto desde que salió de ella. Creía que ya los conocía a todos, pero evidentemente estaba equivocado.

Pero el tamaño no fue la única cosa que le sorprendió del átomo. Había otra cosa que también lo hacía distinto. Los átomos que había visto hasta ahora "sólo" estaban formados por dos tipos de partículas; los **protones** y los **neutrones**, que se mezclaban y formaban una masa compacta. Pero el átomo que ahora veía tenía algo especial: un montón de electrones pululando alrededor de la masa compacta de protones y los neutrones.

No es que no hubiera visto nunca un electrón. ¡En la estrella se había hartado de verlos! Pero allí ninguno giraba entorno a un átomo... ¡Todos iban por libre! Cada electrón iba a su bola, y se movía de aquí para allí sin que le importara dónde estaban los átomos. En cambio, al átomo que ahora estaba viendo lo acompañaba una manada de electrones girando a su alrededor, como abejas en un panal. Estaba muy intrigado, y sólo había una manera de aclarar el misterio: ¡interrogar al átomo! Intentó correr un poco más para atrapar en seguida a aquel átomo misterioso que coleccionaba electrones, pero no pudo. A Take le fue imposible ir más deprisa, porque los fotones siempre van a la misma velocidad, así que hasta al cabo de un rato no estuvo lo suficientemente cerca del átomo para empezar a hacerle preguntas.

- ¡Eh! ¿Qué clase de átomo eres?

- ¿Que qué átomo soy? ¿Es que no sabes contar?

- ¿Contar? ¡Pues claro que sí! ¿Pero esto qué tiene que ver?

- ¡Todo! Si quieres saber qué átomo soy tendrás que contar los protones que tengo. ¿A que a vosotros, los fotones, os llaman de una manera u otra según la energía que tengáis? Pues el nombre que nos dan a nosotros depende del número de protones que tengamos. Veamos, ¿has contado ya los que tengo?

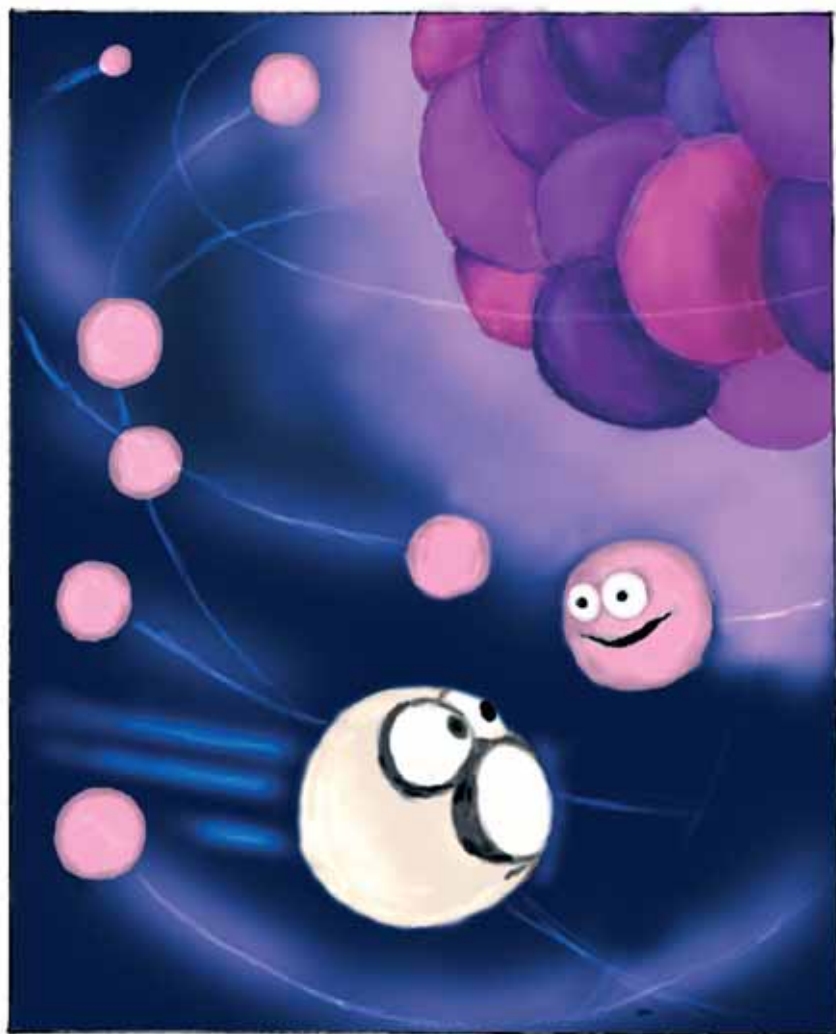
- Sí, noventa y cuatro.

- Pues ya lo tienes... Estás hablando con un átomo de plutonio.

"¿Plutonio? ¡Que nombre tan extraño!", pensó Take mientras se le escapaba una sonrisa. El átomo, que ya estaba acostumbrado a todo tipo de bromas, pensó que a Take no le iría nada mal una explicación.

- ¿Has visto alguna vez una **tabla periódica**? Es como una hoja cuadriculada en la que a cada átomo nos colocan en un recuadro o en otro según los protones que tengamos. A todos los que tienen sólo uno los ponen juntos en un mismo recuadro que marcan con la etiqueta "hidrógeno". A los que tienen dos se les pone en otro con el cartel "helio". Y así con todos... Cuando veas una tabla periódica fíjate en la casilla donde están los átomos que tienen noventa y cuatro protones. Ese es mi sitio, y verás que allí pone "plutonio"...

Take tenía que darse prisa. El átomo de plutonio empezaba a quedarse atrás y pronto lo tendría tan lejos que ya no le podría hacer más preguntas. Así que le hizo otra pregunta sin dejar que el átomo terminara su explicación.



Pues ya lo tienes...  
Estás hablando con un átomo de plutonio.

– Sí, sí, muchas gracias, ya lo entiendo... pero... ¿Cómo es que tienes todos estos electrones alrededor?

– Porqué los átomos coleccionamos electrones. ¡No creas que soy el único que lo hace! A todos los átomos nos gusta tener unos cuantos electrones alrededor, ¡y ellos están encantados! ¿Te acuerdas de lo que te he dicho de la tabla periódica? Pues a los átomos nos gustaría tener un electrón dando vueltas por cada protón que tenemos. A mí, por ejemplo, me encantaría tener noventa y cuatro electrones alrededor, pero aún me faltan unos cuantos para conseguirlo... Todo esto es por la **carga eléctrica**, Take. ¡La carga eléctrica es muy importante! Cada uno de mis protones tiene una carga positiva, mientras que los electrones la tienen negativa. Por eso me gustaría tener tantos protones como electrones, porque entonces tendría tantas cargas positivas como negativas y en conjunto yo estaría equilibrado. A nadie le gusta estar cargado...

– Sí, ya lo entiendo. Pero si todo esto es tan normal como dices ¿por qué yo no lo había visto nunca? Hasta ahora siempre había visto a los electrones por un lado y a los átomos por otro...

– Eso es porque vienes de una estrella, Take, y allí todo es especial. En las estrellas hace mucho calor, y todos chocábamos unos contra otros. ¿Te acuerdas, verdad? Tú no podías ir en la misma dirección durante mucho rato porque en seguida chocabas con alguien y cambiabas de dirección. Pues nosotros, los átomos, no podíamos quedarnos con nuestros electrones porque después de cada choque cada uno iba por un lado. Pero cuando no hay tantos choques, los átomos y los electrones vamos juntos y ahora yo puedo recogerlos porque ya estamos lejos de nuestra estrella. Ya no hace

tanto calor, y los átomos y los electrones por fin podemos estar juntos. ¡Ay, Take! Si en vez de venir de una estrella vinieras de la Tierra no te extrañaría nada ver todos estos electrones a mi alrededor, porque allá es de lo más normal. Entonces lo que te sorprendería sería que alguien te contara que en las estrellas los electrones y los átomos no están juntos, sino que van por separado...

Poco a poco, el átomo se había ido quedando atrás, y a Take cada vez le costaba más entender lo que le decía. Intentó frenar un poco, para no alejarse más de él, pero no pudo. Entonces Take recordó que antes, cuando quiso acelerar porque tenía prisa por alcanzar al átomo de plutonio, tampoco había podido cambiar su velocidad... ¡Casi se había olvidado de que los fotones van siempre a la misma velocidad! Desesperado, Take gritó para intentar mantener un rato más la conversación con el átomo:

– Disculpa, no te oigo, ¿me lo podrías repetir?

Pero se había alejado tanto de aquel átomo de plutonio que ya no pudo entender qué le contestaba, y no pudo averiguar nada más acerca de los átomos.

– Quizá algún día conoceré a alguien que pueda explicarme más cosas...



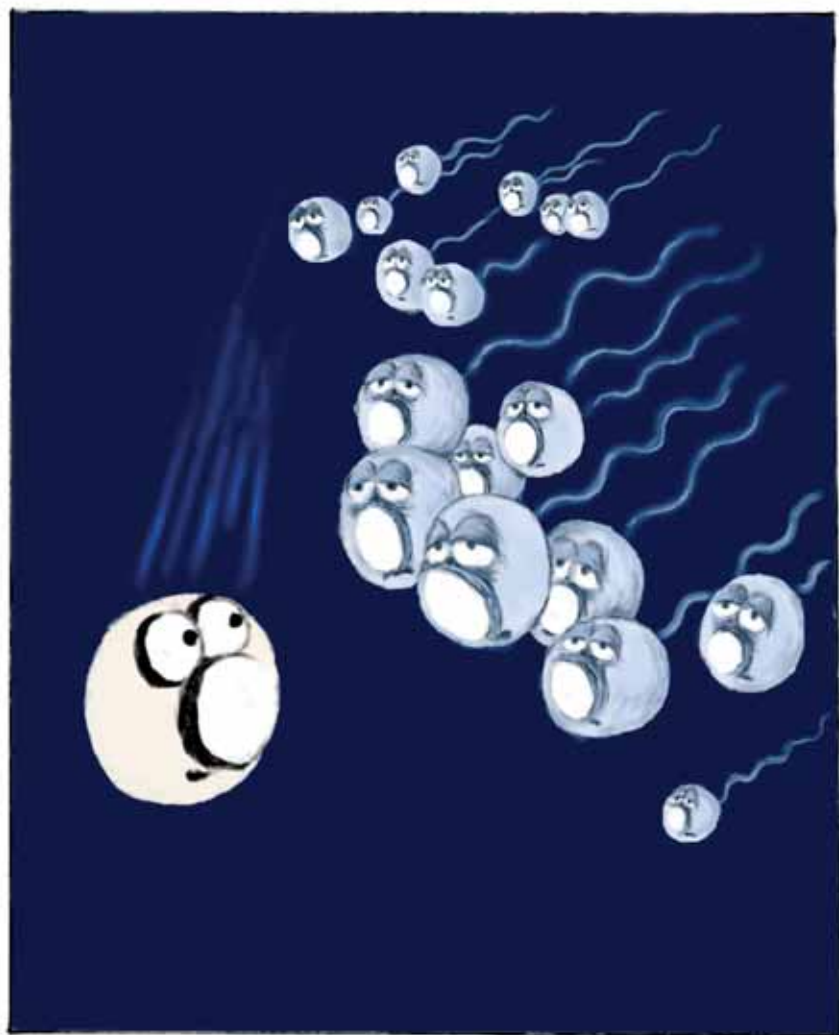
# De camino hacia la tierra

Tras este encuentro, Take se entretenía contando los protones que tenían los átomos con los que se cruzaba y miraba qué nombre ponía en el recuadro de la tabla periódica que le correspondía. Pero poco a poco el viaje se iba volviendo muy aburrido porque no pasaba nada nuevo...

A medida que se había ido alejando de la supernova el espacio estaba cada vez más desierto y cada vez le costaba más encontrar una partícula. Quedaban ya lejos aquellos primeros momentos, cuando Take se maravillaba al verse entre millones y millones de fotones y partículas saliendo todos a la vez de la supernova. Después de eso, cada uno había seguido su camino y Take se había ido quedando sólo. Sólo de vez en cuando se cruzaba con alguien que venía de no se sabe dónde. Quizá de alguna supernova, quien sabe... .

Pero le llamó la atención un tipo de fotones que se iba encontrando por todas partes. No eran muchos y ni siquiera eran una novedad, porque ya había visto unos cuantos al empezar el viaje. Entonces no les hizo mucho caso porque le pareció que eran muy pocos y en cambio la estrella estaba llena de todo tipo de partículas y fotones en los que fijarse. Pero a medida que se había ido alejando de la supernova menos partículas veía como las que abundaban allí, mientras que a este tipo de fotones se los continuaba encontrando igual que antes. No había muchos, pero estaban por todas partes... Lo más curioso de todo es que no parecía que vinieran de ningún lugar en concreto, ¡venían de todas direcciones! Como eran fotones, en lo primero que se fijó Take fue en su energía: ¡tenían muy poca! Todo esto era muy misterioso ¿de dónde procedían todos estos fotones? No podía ser de ninguna supernova ni de ningún lugar en concreto, porque le llegaban de todos lados. Esto era lo más desconcertante... ¿Cómo es que, a pesar de venir cada uno de un sitio distinto todos tenían la misma energía? ¿Cómo se habían puesto de acuerdo? La tentación era demasiado fuerte para resistirse a preguntárselo:





Pues yo vengo de una supernova ¿y vosotros?

Nosotros de la Gran Explosión  
que hubo hace mucho tiempo.

– ¡Buenos días, amigos! Me llamo Take y soy un rayo gamma. ¿Qué clase de fotones sois vosotros, que tenéis tan poca energía?

– ¡Somos microondas!

¡Microondas! Como los que nosotras, las personas, utilizamos para descongelar comida y cocinar. ¡Qué curioso! En la Tierra hemos tenido que inventar un aparato para fabricar microondas y resulta que el espacio que hay entre las estrellas está lleno de ellas. Claro que también es verdad que en la Tierra casi no tenemos rayos gamma y en cambio en las supernovas son de lo más habitual... Take quería saber más cosas.

– Pues yo vengo de una supernova ¿y vosotros?

– Nosotros de la **Gran Explosión** que hubo hace mucho tiempo.

– Mi supernova estalló hace muchos años...

– Pues de nuestra explosión aún hace más tiempo. ¿Nos creerías si te dijéramos que pasó hace 14.000 millones de años?

No supo qué contestar. Primero pensó que le querían tomar el pelo, pero había visto tantas cosas raras en su viaje que ya no le sorprendía nada y era capaz de creerse cualquier cosa. Le preguntó lo mismo a todos los fotones con los que se cruzaba, y todos le explicaban la misma historia. Al final, claro, se creyó lo que le contaban sobre una gran explosión de la que estos microondas eran el eco.

Y así pasaron no se sabe cuantos años, tal vez siglos o incluso milenios, durante los cuales Take se aburrió mucho. Prácticamente la única compañía que tenía eran estos misteriosos microondas. Sólo de vez en cuando se cruzaba con algún electrón que iba por libre o con algún átomo buscando electrones para completar su colección.

Take empezó a temer que a partir de entonces el viaje iba a ser siempre así de solitario. Quizá su destino era correr por esa parte del espacio en la que no pasa casi nada. Qué curioso, mientras estaba en la supernova sólo pensaba en irse, y en cambio ahora añoraba aquella época en que le pasaban tantas cosas: cuando chocaba con electrones, con átomos, con fotones, tan pronto iba hacia aquí como hacia allí... “Me parece”, pensó Take, “que las cosas interesantes sólo pasan cerca de las estrellas”.

– Ojalá pase cerca de otra, quizá así me volvería a pasar cosas y podría hacer más descubrimientos...

Estaba tan concentrado en estos pensamientos que no se dio cuenta de que se le acercaba un fotón “distinto” a aquellos microondas que veía por todas partes. Cuando lo descubrió ya fue demasiado tarde... Ya había pasado de largo y ahora se alejaban el uno del otro. Take se giró y se quedó boquiabierto ¡era un fotón de luz visible! De aquellos que los humanos podemos ver con los ojos y que tanto abundan en el Sol.

– ¿De dónde habrá salido este?

Apenas terminó la pregunta cuando otro fotón visible le pasó justo por delante. Venía de la misma dirección que el anterior... ¿era sólo una casualidad?

¡Nada de eso! Al cabo de un momento un tercer fotón venía de la misma dirección, y detrás de él muchos más. Todos venían del mismo punto...

– ¡Ahí pasa algo!

¡Vaya si pasaba algo! Ahora los fotones visibles ya no venían de uno en uno... venían a decenas, y al cabo de un rato a centenares... . ¡Confirmado! ¡Take se acercaba a una estrella!

Poco a poco la fue divisando. Era una estrella muy bonita con unos cuantos planetas alrededor. Pero no era una estrella cualquiera, ¡era nuestro Sol! Quedó un poco decepcionado cuando, tras hacer unos cálculos, vio que si continuaba yendo en línea recta pasaría de largo del Sol y de la Tierra... Pasaría muy cerca de ellos, sí, pero atravesaría el sistema solar sin visitar ningún planeta y volvería al espacio que hay entre las estrellas, aquel en el que ya ha pasado tanto tiempo y en el que ya sabe que prácticamente no hay más que microondas. "Lástima", pensó, "que con la dirección que llevo no pueda visitar la Tierra. Ojalá me suceda algo que me empuje un poco, lo justo, y me desvíe hacia allí..."

Se acercaba al Sol, y a medida que lo hacía cada vez se cruzaba con más fotones que venían de aquel planeta. También vio unos cuantos átomos saliendo del Sol, y se acordó de su supernova. Eran muchos los átomos que salían del Sol, pero le dijeron que esto no era muy normal.

– Siempre hay algún átomo que se escapa, pero no tantos como ahora. Nos has pillado en un momento excepcional porque al Sol le ha salido una mancha. Es lo que en la Tierra llaman **tormentas magnéticas**. Si te pasas por allí, ya oirás hablar de ellas...



Eran muchos los átomos  
que salían del Sol.

Mientras escuchaba estas explicaciones, tuvo una sensación extraña. Si no fuera porque era una suposición ridícula para un fotón, hubiera dicho que se estaba mareando. Estaba perdiendo el equilibrio, le parecía que todo giraba y perdía el rumbo, que no iba en línea recta... ¡Era eso! Por primera vez en todo el viaje Take no se movía en línea recta. ¿Cómo era posible? Poco a poco fue virando hacia su izquierda y se acercaba cada vez más al Sol. El Sol lo atraía hacia él y lo desviaba de su dirección inicial. Take estaba completamente desorientado y los átomos que tenía cerca se burlaron de él.

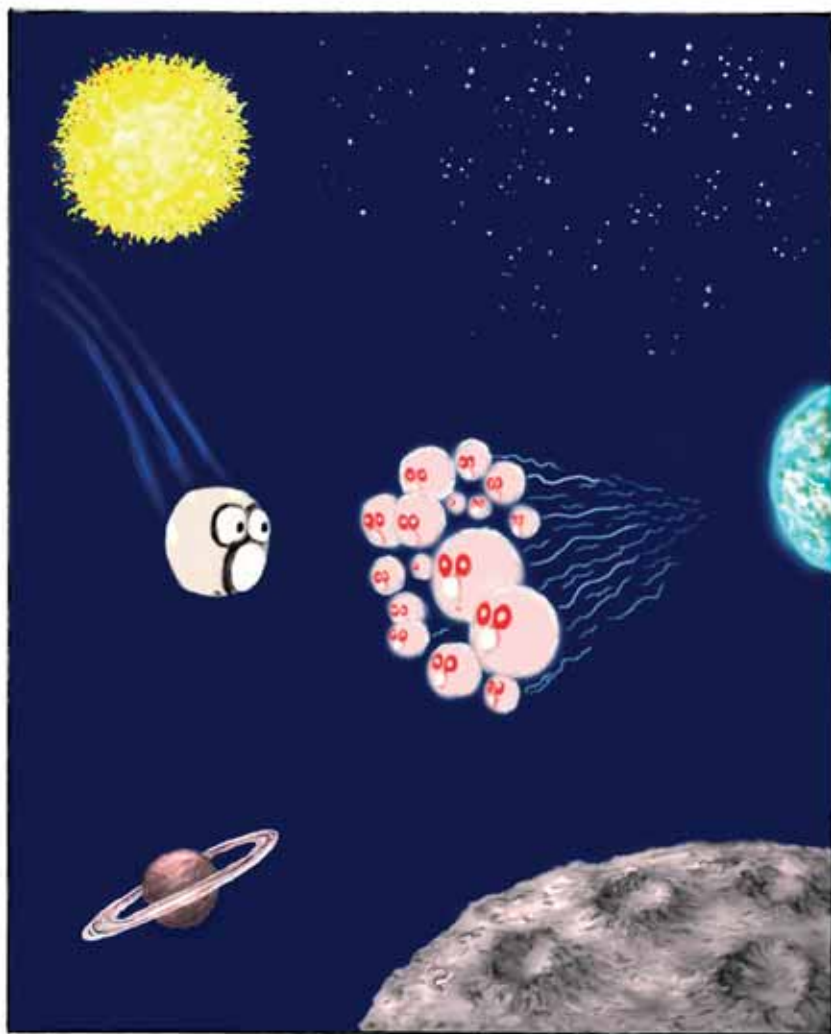
– ¿De qué te sorprendes, Take? ¿No habías oído hablar de la **ley de la gravedad**?

– ¡Sí! Pero no sabía que a mí también me afectase. Como los fotones no pesamos...

Eso es lo que todos pensaban. Hasta que un físico llamado Albert Einstein dijo que la gravedad afecta a todo el mundo. ¡Incluso a los fotones! ¡Menudo sabio! Lo descubrió todo sobre los fotones: que eran como partículas, que viajan siempre a la misma velocidad, que nada puede ir más rápido, y que no siempre viajan en línea recta porque los rayos de luz se curvan un poco al pasar cerca de una estrella... De hecho, Einstein es tan famoso entre los fotones que todos saben quién fue y los lugares en los que estuvo.

Y ahora Take comprobaba que Einstein tenía razón. Poco a poco iba girando hacia la izquierda, y ahora apuntaba de lleno a la Tierra. El Sol le estaba dando ese empujón que tanto deseaba, y gracias a esto Take conocería un planeta. Nuestro planeta, el planeta de aquel gran sabio...

# La entrada en la atmósfera



De la Tierra salía un montón de infrarrojos,  
y querían hacerles todo tipo de preguntas para averiguar  
qué les esperaba en la Tierra.



Estaba entusiasmado, ¡quizá se pasaría por Ulm, la ciudad alemana donde nació Einstein! Take volvía a tener unos compañeros de viaje muy peculiares. Los microondas todavía estaban por allí. ¡Los microondas siempre estaban por allí! Pero ahora los fotones más abundantes eran los visibles que venían del Sol. Take se sentía especial, en la supernova no llamaba la atención porque estaba llena de rayos gamma. En cambio, aquí destacaba porque había muy pocos como él y todos le miraban y le preguntaban de donde venía. “Es una historia muy larga...” Y claro, él la alargaba todo lo que podía porque le encantaba ser el centro de atención: se sentía importante. Y para hacerse el interesante, de vez en cuando soltaba algún comentario del tipo:

– Aquí casi todos los fotones sois visibles, pero de donde yo vengo...

Estas palabras le daban un toque misterioso en el que él se recreaba. A nadie le gustaba que Take se diera esos aires de don importante, pero nadie se resistía porque era, de largo, el fotón más interesante que corría por allí. Y él se aprovechaba...

Pero a medida que se iban acercando a la Tierra cada vez había menos fotones que le hicieran caso, porque había aparecido otro tipo de fotones que llamaba más la atención. De la Tierra salía un montón de infrarrojos, y querían hacerles todo tipo de preguntas para averiguar qué les esperaba en la Tierra.

– ¡Uf! Allá pasan cosas muy raras. Ya lo veréis...

– ¿Cómo por ejemplo?

– Fijaos en nosotros. Cuando salimos del Sol éramos como vosotros, fotones

visibles. Pero ahora somos infrarrojos porque la Tierra nos ha cambiado... allí se ha quedado parte de la energía que teníamos al salir del Sol.

Take echó un vistazo y comprobó que, efectivamente, casi todos ellos eran infrarrojos. Así que era cierto: a los fotones les pasan cosas en la Tierra. “Tanto quejarme de que no me pasaba nada”, pensó Take, “y ahora me da miedo no saber qué me puede ocurrir allá abajo...” De pronto, alguien avisó:

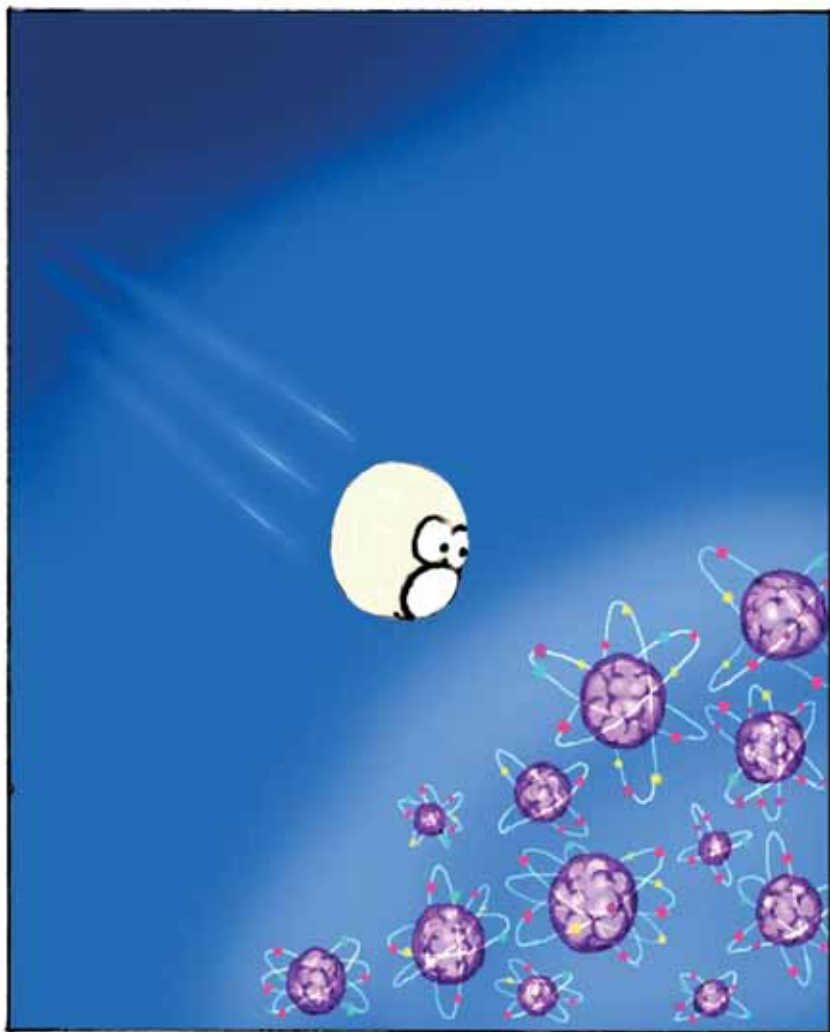
– ¡Atención, fotones! Estamos a punto de entrar en la atmósfera de la Tierra. Tres, dos, uno,...

No llegó a oír el cero. Nada más entrar se pegó un castañazo con el primer átomo que corría por allí. El choque los cambió a los dos.

Lo primero que Take vio fue como al átomo se le escapaba uno de sus electrones, que salió a toda prisa. “Pobre átomo”, pensó, “espero que no se haya hecho mucho daño. Si con un choque así sólo ha perdido un electrón ya se puede dar por satisfecho”. Pero cuando se le pasó el susto se dio cuenta que él también se había dejado algo en aquel choque... Había perdido energía. Porque, recordémoslo, lo único que tienen los fotones es energía, y por lo tanto es lo único que pueden perder... Entonces entendió qué había pasado.

– ¡Maldito electrón! Se ha aprovechado de la confusión del choque para robarme energía y salir corriendo. ¡Al ladrón! ¡Al ladrón...!

Pero ya era demasiado tarde. El electrón había tenido tiempo para desaparecer y Take tuvo que hacerse a la idea de que jamás recuperaría la energía que le acababan de robar. Jamás volvería a ser un rayo gamma. Calculó cuanta



¡Atención, fotones!  
Estamos a punto de entrar en la atmósfera de la Tierra.  
Tres, dos, uno,...

energía le quedaba y se dio cuenta de que a partir de ahora sería un rayo X, como los que utilizan los médicos para hacer radiografías y ver si te has roto algún hueso.

– ¡Ahora ya sé que clase de cosas pasan en la Tierra! Esto está lleno de electrones que a la que te descuidas te quitan toda la energía que pueden. Por eso hay tantos fotones que llegan siendo visibles y cuando salen no son más que infrarrojos... Tendré que ir con cuidado para que no me vuelva a pasar.

Mientras Take proseguía su descenso hacia la superficie se cruzaba con muchos fotones que venían de allí abajo. Uno de estos hizo un comentario que le llamó la atención.

– ¡Oh, no! ¡Una tormenta magnética!

No era la primera vez que oía esta expresión. Cuando pasaba cerca del Sol le habían comentado que de allí salían más átomos de lo normal, y que esto en la Tierra se llama tormenta magnética. Ya le habían avanzado que en la Tierra oiría comentarios sobre ellas, ¡y tenían razón! Ahora podría averiguar qué eran.

– ¡Buenos días, amigo! ¿Por qué tienes miedo de las tormentas magnéticas?

– Porque soy un fotón con muy poca energía: soy una onda de radio. Llevo noticias muy importantes y necesito rebotar en esta parte de la atmósfera para poder volver a la superficie y entregar esta noticia.

– ¿Y qué tienen de malo las tormentas magnéticas?

– Pues que arman un buen lío por aquí arriba. Las tormentas magnéticas revolucionan los átomos y éstos, en vez de rebotarnos hacia abajo, nos quieren capturar. Y si me capturan, esta noticia tan importante que llevo no llegará jamás a su destino.

– ¿Y ya lo saben, ahí abajo, que aquí pasan estas cosas?

– Ya lo creo. Si escuchan la radio, en seguida notan cuando hay problemas. Bueno, ¡ellos lo llaman interferencias!

“Qué curioso”, pensó Take. Pero no le hizo mucho caso porque ya estaba bastante ocupado esquivando el choque con los átomos de la atmósfera. Cada vez le resultaba más difícil, porque a medida que se adentraba en la atmósfera había cada vez más átomos. Se dio cuenta de que los átomos con los que se cruzaba solían ir en grupo, a veces eran sólo grupos de dos, pero también los había de tres e incluso de muchos más átomos. Lo encontró extraño, porque hasta ahora, tanto en la supernova como en el **espacio interestelar**, siempre se había encontrado con átomos que iban solos. “Estos grupitos se llaman moléculas”, le comentó un fotón que tenía al lado, “a la mayoría de los átomos no les gusta estar solos”.

“¿Moléculas? ¡Qué interesante!”, pensó Take, “aquel átomo de plutonio me contó que a los átomos les gusta rodearse de electrones. Y ahora descubro que también buscan la compañía de otros átomos. Hay que ver lo sociables que llegan a ser ...” Estos pensamientos distrajeron a Take y, claro, pasó lo que suele pasar cuando te descuidas... “¡Zas!”.

Otro choque, y otro electrón que huye. Take comprobó en seguida si lo tenía todo... ¡cómo iba a tenerlo todo! Ya le habían birlado un poco más de energía.

– ¡Es indignante! ¡Esto está lleno de ladrones!

El mismo fotón que antes le había hablado de las moléculas comprendió que Take andaba muy despistado y que necesitaba un poco de información.

– Te daré una buena noticia. Cuanta menos energía tengas menos probabilidades hay de que te roben. A los electrones les gustan los fotones con mucha energía, por eso te han atracado en seguida: porque has llegado como un rayo gamma. Después, como eras un rayo X y tenías menos energía, has durado un poco más. Y ahora que este pillastre te ha desplumado un poco más y sólo te ha dejado energía para ser un ultravioleta, corres menos peligro. Pero a pesar de todo no llegarás muy lejos si no te despabilas...

– ¿Y qué tengo que hacer?

– De entrada tienes que saber que a cada tipo de fotón nos atracan unos átomos y unas moléculas distintas. Ahora eres un ultravioleta, igual que yo, y nuestro principal enemigo en la atmósfera terrestre es una molécula que se llama ozono: la reconocerás fácilmente porque son tres átomos de oxígeno que van juntos.

– ¿Una molécula de tres átomos de oxígeno? ¿Y hay muchas por aquí?

– Bastantes, pero estamos de suerte, porque según dicen ahora hay muchas menos de las que solía haber. Así que si formamos un equipo y nos ayudamos quizá consigamos llegar hasta la superficie. Los ultravioletas no lo habíamos tenido nunca tan fácil como ahora para llegar hasta allí.

– Y si llegamos ¿qué haremos?

– No lo sé. Todo depende de donde vayamos a parar... Si caemos sobre una bacteria o un virus seguramente lo mataremos. Pero si caemos sobre alguien que esté en la playa quizá lo pongamos un poco moreno y lo ayudemos a fabricar vitaminas... aunque si somos muchos los que llegamos hasta él es posible que le hagamos daño: que le quememos la piel o incluso le provoquemos un cáncer... Los ultravioletas podemos ser muy buenos o muy malos, Take...

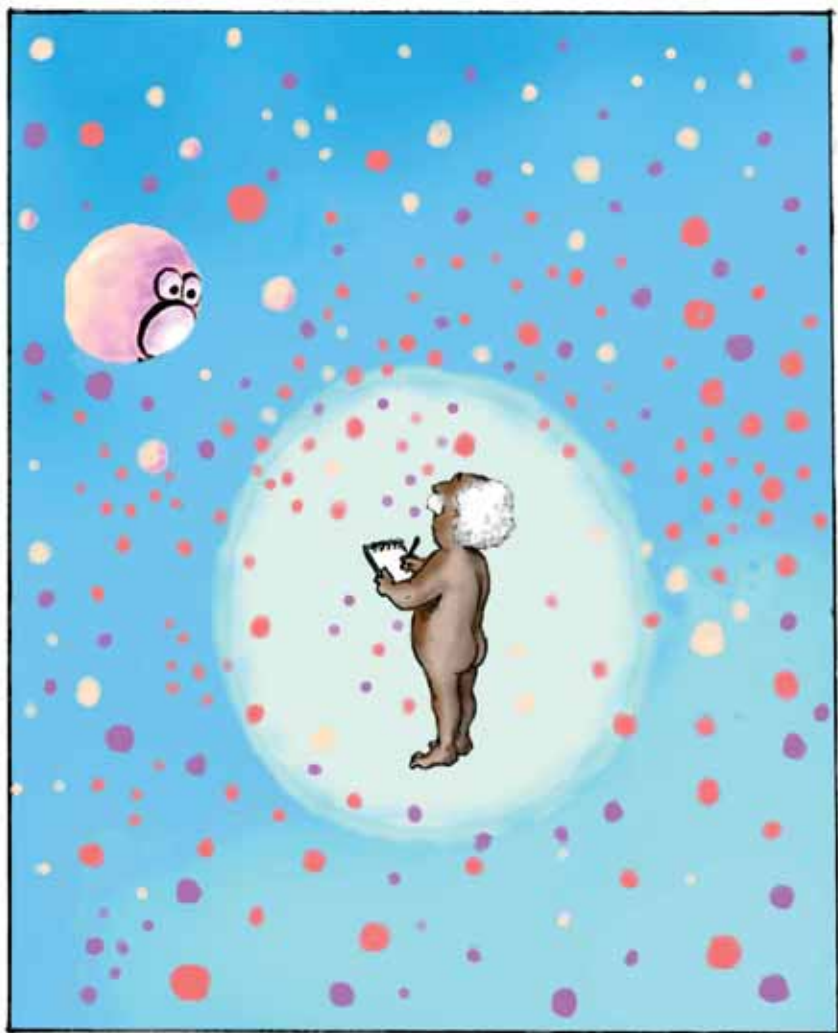
Take se puso triste al descubrir el daño que podía causar. Quizá lo mejor era dejarse robar otra vez para no ser tan peligroso. Si le quitaban un poquito de energía, sólo otro poquito, dejaría de ser un fotón ultravioleta, se convertiría en luz visible y entonces seguro que no podría hacer ningún daño... Pero su compañero también le había dicho que unos cuantos ultravioletas son necesarios porque ayudan a las personas a fabricar vitaminas... ¿Qué debía hacer? ¿Quedarse tal como estaba, asumiendo el riesgo de provocar un cáncer, o dejarse robar un poco de energía y quizás dejar a alguien sin vitaminas?

Estaba hecho un lío. No sabía lo que debía hacer. Pero mientras le daba vueltas a todas estas cuestiones, una molécula de ozono capturó a su compañero, y Take se lo tomó como una señal.

– Él me ha dicho que es necesario que algunos de nosotros lleguemos a la Tierra. Que tan malo sería que llegásemos pocos como que llegáramos demasiados. Puesto que él ya no lo podrá conseguir, yo intentaré llegar hasta la superficie.

# El bronceado de Einstein





Los científicos tardaron mucho tiempo  
en descubrir como funcionaba la luz.  
Hasta que llegó Einstein

Para animarse un poco, se puso a pensar en todas las cosas buenas que los fotones ultravioletas pueden hacer. Cada tipo de fotón sirve para una cosa. Los ultravioletas broncean y ayudan a fabricar vitaminas, con los rayos X los médicos hacen radiografías, las microondas descongelan comida, con los visibles las personas ven las cosas, los infrarrojos calientan... Pensó en todos aquellos infrarrojos que había visto antes de entrar en la atmósfera. A él le pareció que eran muchos los que lograban escaparse de la Tierra, pero los fotones que llevaban más tiempo por aquí le contaron que cada vez eran más los que no lo conseguían y se quedaban en la Tierra calentándola. Del mismo modo que las tormentas magnéticas absorben las ondas de radio, también existen unas moléculas que absorben los infrarrojos. Son los gases de efecto invernadero, y se llaman así porque al no dejar que los infrarrojos salgan de la atmósfera hacen que todo su calor se quede en la Tierra. Cada vez se emiten más gases de este tipo, como el dióxido de carbono, por lo que cada vez la Tierra se calienta más.

– Es curioso como funciona todo esto. Nosotros, los ultravioletas, bronceamos pero los infrarrojos no. La única diferencia entre nosotros y ellos es que nosotros tenemos un poco más de energía... Pero si se juntasen unos cuantos infrarrojos entre todos tendrían tanta energía como uno de nosotros... y a pesar de todo, entre todos ellos no serían capaces de hacer lo que hace uno sólo de nosotros: poner morena la piel de una persona! ¿Por qué?

Es muy desconcertante. Vamos a ver: un fotón no es más que energía: por lo tanto, cuando decimos que los ultravioletas nos broncean estamos diciendo que necesitamos energía para ponernos morenos. Entonces ¿por qué la energía de un ultravioleta nos sirve y la de un montón de infrarrojos no?

La respuesta es un poco complicada. En nuestra piel hay un pigmento llamado melanina que cuando se estimula hace que nos pongamos morenos. Este pigmento necesita la energía de un fotón ultravioleta para estimularse, por eso la luz de un fotón ultravioleta nos broncea. Si este pigmento pudiera “almacenar” energía, cada vez que le llegase un fotón infrarrojo se quedaría con su energía, la guardaría, y pensaría: “¡ya me falta un poco menos para estimularme!”. Iría almacenando la energía de cada fotón infrarrojo que le llegase, y cuando tuviera la suficiente se estimularía y nosotros nos pondríamos morenos sólo con luz infrarroja... Pero las cosas no funcionan así. Este pigmento no puede almacenar energía, y por lo tanto cuando le llega un fotón infrarrojo no le hace caso porque no puede quedarse con su energía para utilizarla “dentro de un rato”. Por eso, si sólo nos llegasen infrarrojos, por muchos que fueran, nunca nos pondríamos morenos.

Todo esto es bastante complicado. Y de hecho los científicos tardaron mucho tiempo en descubrir como funciona. Hasta que llegó Einstein, y por este descubrimiento le dieron el premio más importante que puede ganar un científico: el premio Nobel. Aunque, de hecho, ni él ni ninguno de los científicos de esa época se preguntaron nunca por qué la luz ultravioleta nos broncea y la infrarroja no. Lo que a ellos les tenía intrigados era por qué la luz ultravioleta provoca corrientes eléctricas en algunos metales y en cambio la infrarroja no. Pero eso es porque entonces no estaba de moda tomar el Sol y, además, la mayoría de los científicos eran de países donde no hace mucho Sol. Por esta razón, en vez de pensar por qué unos fotones broncean y otros no, se preguntaron por qué unos crean corrientes eléctricas y otros no. Pero los dos problemas se explican por el mismo motivo

# Descubriendo Barcelona



De repente nota que la piedra  
lo lanza hacia arriba, hacia el cielo...

Take estaba a punto de lograrlo. El suelo ya quedaba muy cerca. Estaba muy concentrado en evitar el choque con las moléculas de gas de la atmósfera, pero a pesar de ello reconoció hacia donde se dirigía. Vio el mar y una cordillera de montañas que iba más o menos paralela a la costa. Él caería entre el mar y las montañas...

Había muchas ciudades, una al lado de otra. Unas estaban pegadas a las de al lado, a otras les faltaba muy poco. Y en medio de todas ellas reconoció... ¡Barcelona! Pero, por ahora, sólo la sobrevolará, porque, tal y como va pasará de largo y caerá un poco más al norte. ¡Qué gracia! Tanto hablar de Einstein y al final verá, aunque sólo sea desde el aire, la ciudad que lo declaró huésped ilustre cuando este gran físico la visitó durante una semana...

De hecho, Take no caerá en la ciudad porque va derecho a un bosque no muy tupido que hay al norte. Con algunos árboles, claros, yerbajos y bastantes piedras... ¡Una piedra! ¡Hay una piedra que tiene cada vez más cerca!... "si choco con ella rebotaré, y entonces quien sabe a dónde iré", pensó Take.

Va derecho a la piedra. Pero no sale rebotado porque la piedra lo retiene un rato. Take se desorienta, "¿qué me va a hacer esta piedra?". De repente nota que la piedra lo lanza hacia arriba, hacia el cielo...

– Tengo que averiguar dos cosas. Primero: ¿qué me ha hecho esa piedra? Y segundo: ahora que voy hacia arriba ¿haré como aquellos infrarrojos y terminaré saliendo de la Tierra?

Pronto halla la respuesta a la primera pregunta. ¡La piedra le ha robado energía! No tiene nada de extraño, al fin y al cabo las piedras también están formadas por átomos y electrones, como los átomos de la atmósfera, y por lo tanto también pueden

robar energía a los fotones. Take ha perdido un poco más de energía en esa piedra, y ya no es un fotón ultravioleta... ahora es un fotón visible... de color azul. ¡La piedra lo ha convertido en un fotón visible! Se alegra mucho, porque no le hacía ninguna gracia esto de ser ultravioleta después de descubrir que podía resultar tan peligroso.

A esto de transformar fotones ultravioletas en visibles se le llama fluorescencia. No sólo lo hacen algunas piedras, también lo hacen las luciérnagas. Por eso brillan de noche: porque aunque sea oscuro ellas son capaces de "fabricar" luz que nosotros podamos ver.

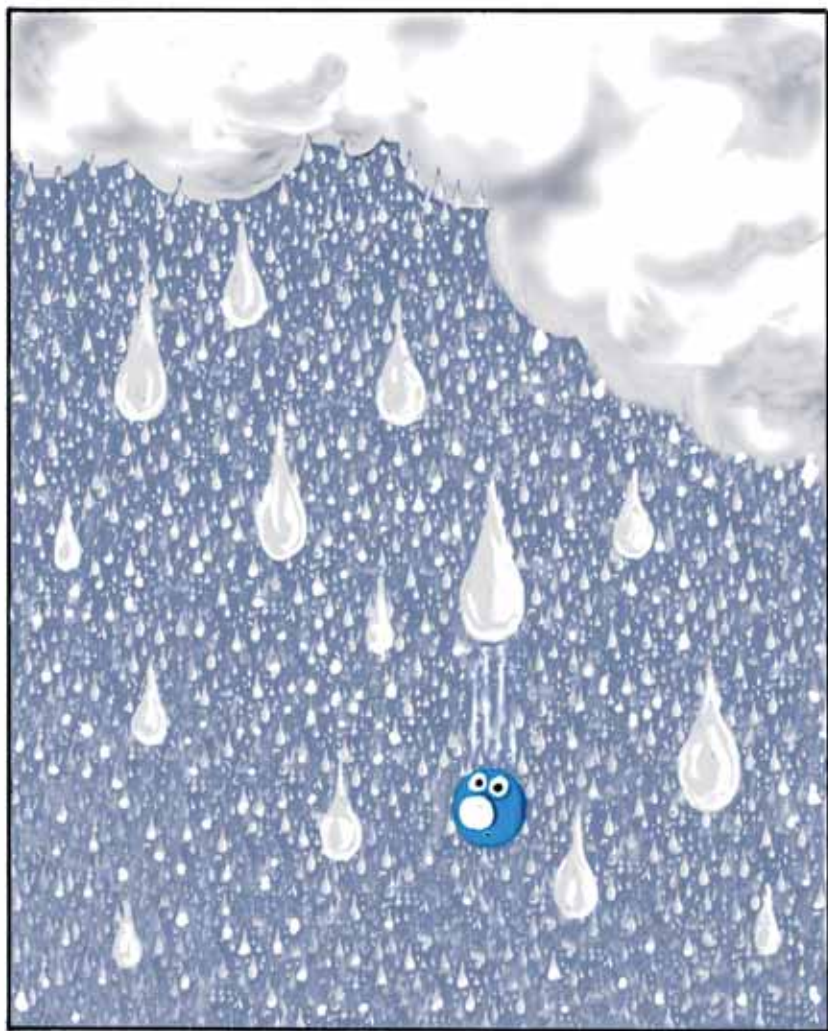
Cuanta razón tenían aquellos infrarrojos... ¡la de cosas que pasan en la Tierra! Ahora a Take sólo le falta por saber si continuará siempre yendo hacia arriba hasta salir de la Tierra, hacia el espacio interestelar, o si aun le esperan más sorpresas que lo devolverán hacia abajo...

Take sube y sube, disfrutando de la vista que se le abre al mirar abajo. Vuelve a pasar por encima de Barcelona. ¡Qué vista! Se fija en la Rambla y piensa en la mujer de Einstein, a la que tanto le gustaban las flores. Durante los días que estuvieron en Barcelona, en 1923, el científico no paró de regalarle flores a su mujer...

Mientras se eleva se da cuenta de que ha llovido hace poco, porque el aire está lleno de pequeñas gotas de agua. "Pobres infrarrojos", piensa, "esto es una trampa para ellos. El agua es especialista en capturar fotones infrarrojos, y si entran en una de estas gotas ya no podrán salir".

¿Y a él? ¿Qué le pasaría a él si entrase en una gota de agua? La gota no se lo quedaría, porque no es un infrarrojo. ¿Pero le haría algo?

– Más vale no averiguarlo. Por si acaso... Claro que si no me pasa nada de nada



Nada más llegar choca con la primera gota de agua que le sale al paso. Y Take sale rebotado... hacia abajo.



terminaré saliendo de la Tierra como todos aquellos infrarrojos, y este plan tampoco me gusta...

Sube y sube, sin tener claro si entrar en una gota de agua le conviene o no. Y mientras se lo piensa se encuentra de cara con una inmensa nube blanca... ¡millones y millones de gotas de agua le están esperando! Se quiere hacer el valiente y dice: "Mejor, así saldré de dudas". Pero en realidad está tan asustado que no sabe qué pensar. Pero no hace falta que le dé muchas vueltas, todo le viene dado porque nada más llegar choca con la primera gota de agua que le sale al paso. Y Take sale rebotado... hacia abajo.

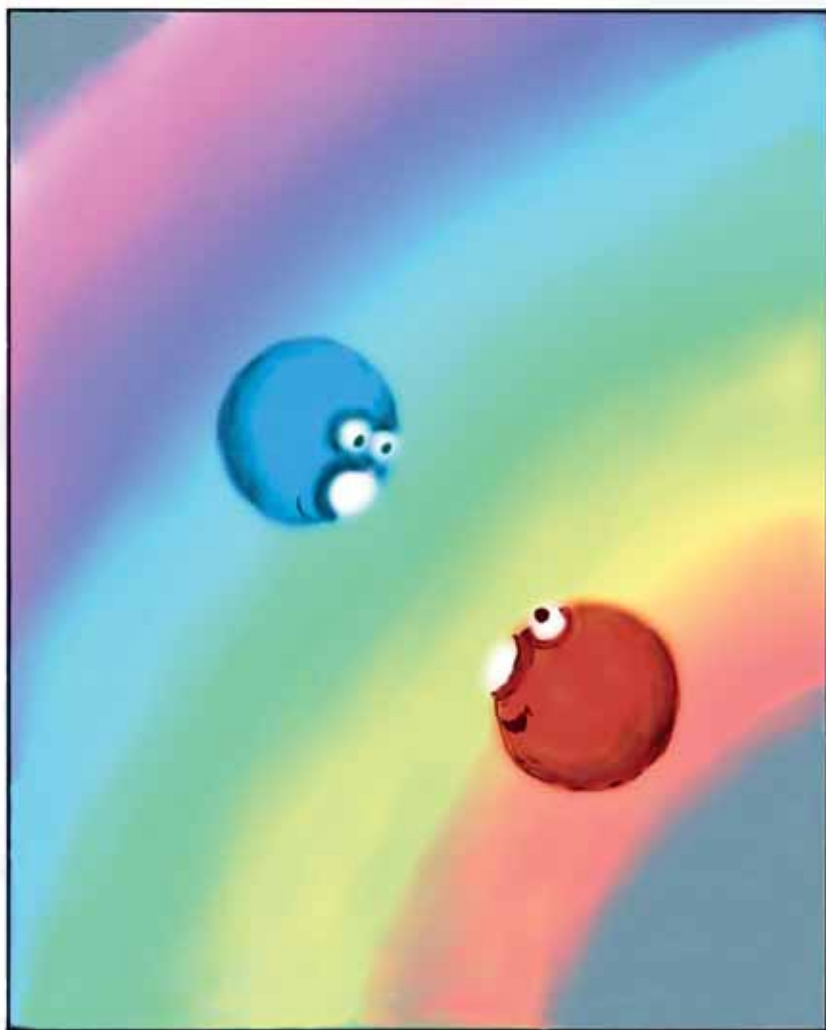
La nube blanca se ha portado como un espejo, y ahora sobrevuela Barcelona por tercera vez...

– Primero hacia abajo. Luego hacia arriba. Y ahora otra vez hacia abajo. ¡Me voy a marear!

Sigue bajando, y esta vez atraviesa la ciudad en sentido contrario: hacia el sur-oeste. La nube estaba sobre el centro de la ciudad, con la Rambla justo debajo, y ahora Take pasa por encima de la **Escuela Industrial** de la calle Urgell. Este edificio le llama la atención y no sólo por su estilo novocentista, sino también porque es uno de los que Einstein visitó, y en él vio bailar unas sardanas. Lo acompañaron muchas autoridades políticas, tanto de la ciudad como de Cataluña, que querían enseñársela porque estaban muy orgullosas de ella: hacía pocos años que la habían inaugurado y para ellos era un símbolo del interés de los catalanes por la ciencia y el progreso. Como también lo fue que durante su estancia en la ciudad el Ayuntamiento nombrara a Einstein huésped de honor, o que declarase el 2007 Año de la Ciencia.

Pero por la dirección que lleva, Take pasará de largo de Barcelona...

# Hablando de Einstein



¡Buenos días, fotón rojo!  
¿Sabías que Einstein pasó unos días en Barcelona?

Habíamos dejado a Take sobrevolando la ciudad. Ya empieza a dejarla atrás y ahora pasa por encima del delta del río Llobregat. Después de chocar con la nube ya no le tiene miedo al agua y no le preocupa que haya gotitas por todas partes. Se relaja y se anima a hablar con un fotón rojo que tiene al lado y que va en su misma dirección. ¿Y de qué pueden hablar dos fotones que se acaban de conocer? ¡Pues de Einstein!

– ¡Buenos días, fotón rojo! ¿Sabías que Einstein pasó unos días en Barcelona?

– ¡Claro que sí, fotón azul! En 1923 fue una gran noticia. Dio unas cuantas conferencias, asistió a una recepción oficial en el ayuntamiento de Barcelona, se encontró con el presidente de la Mancomunidad de Cataluña, que en aquella época era la institución más importante del país...

– ¿De verdad?

– ¡Fue un bombazo! Todos los periódicos hablaron de ello... Has de tener en cuenta que no ha habido nunca un científico tan conocido y querido como él. ¡Hasta lo paraban por la calle! Ni siquiera Picasso o Samitier, que eran el artista y el futbolista más conocidos de entonces, fueron tan famosos como Einstein. Hasta *Patufet*, que era una revista para niños, hablaba de él, y las revistas de humor, como *L'Esquella de la Torratxa* o *La Campana de Gràcia*, lo incluían en sus chistes...

Take está tan concentrado escuchando estas historias que no se da cuenta de que poco a poco el fotón rojo se va apartando de él. En cuanto se da cuenta, lanza un grito. ¡No entiende nada! Hace sólo un rato los dos iban en la misma dirección, y ahora cada uno lleva una diferente. ¿Qué ha pasado? ¿Quién de los dos ha cambiado de dirección?

- Los dos hemos cambiado, Take. ¿No te has dado cuenta?
- ¡No! ¿Cuándo he cambiado yo de dirección?
- Al mismo tiempo que yo lo he hecho, Take, cuando hemos entrado y salido de aquella gota de agua.
- ¡Cómo! ¿Hemos entrado y salido de una gota de agua?
- Sí, Take, sí... ¡Me parece que eres un poco despistado! Los dos hemos cambiado de dirección al entrar en la gota, y aún la hemos cambiado un poco más al salir de ella. Yo la he cambiado un poquito, Take, pero tú la has cambiado más, y por eso ahora ya no vamos en la misma dirección...
- ¿Al atravesar la gota de agua? Esto es la ley de la refracción ¿a que sí? La que hace que parezca que el trozo de cucharilla que está dentro de un vaso de agua esté torcido respecto al trozo que está fuera...
- Eso es, Take. Y como para cada color es distinta, tú, que eres azul, vas en una dirección, y yo, que soy rojo, voy en otra.
- No sabía que la refracción era distinta para cada color.
- Pues ahora ya lo sabes, Take. Gracias a eso a veces se puede ver el Arco Iris, cuando las gotas de agua que hay en el cielo separan los distintos colores de la luz y nos los enseñan uno a uno. Esto es un Arco Iris... Adiós, Take, no sabes cómo te envidio, porque después de pasar por esa gota de agua vas directo a Barcelona.

# El centro de la ciudad



¡Está sobrevolando Barcelona por cuarta vez!  
Y si las cosas no se tuercen esta vez no sólo pasará por encima,  
sino que irá derecho a ella...

¿Cómo? Take echa un vistazo a lo que tiene delante... ¡está sobrevolando Barcelona por cuarta vez! Y si las cosas no se tuercen, esta vez no sólo pasará por encima, sino que irá derecho a ella...

Continúa su descenso hacia la ciudad atravesándola de oeste a este. Vuelve a pasar por encima de la Escuela Industrial y al cabo de un momento ya está sobre la plaza Cataluña. ¡Cuántos recuerdos de Einstein en pocos metros! En el número 10 de esta plaza, en la esquina con el Paseo de Gracia, estaba el Hotel Colón, que es donde se hospedó durante su visita.

Un poco más abajo de la fuente de Canaletes, en el número 115 de la Rambla, Take ve la [Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona](#), de la que Einstein fue miembro y en la que dio una conferencia sobre sus teorías. Y lo que dijo no sólo interesó a los científicos... ¡menuda conmoción causaron sus ideas! Su visita fue todo un acontecimiento para científicos, filósofos, obreros, políticos... para todos.

Unos le pedían que les explicase sus teorías científicas. Pero otros preferían preguntarle por el socialismo, la revolución, el nacionalismo o la paz... Y ahora Take sobrevuela la calle de Sant Pere més baix, donde Einstein habló de todo esto con un dirigente de la CNT, el sindicato más importante de entonces.

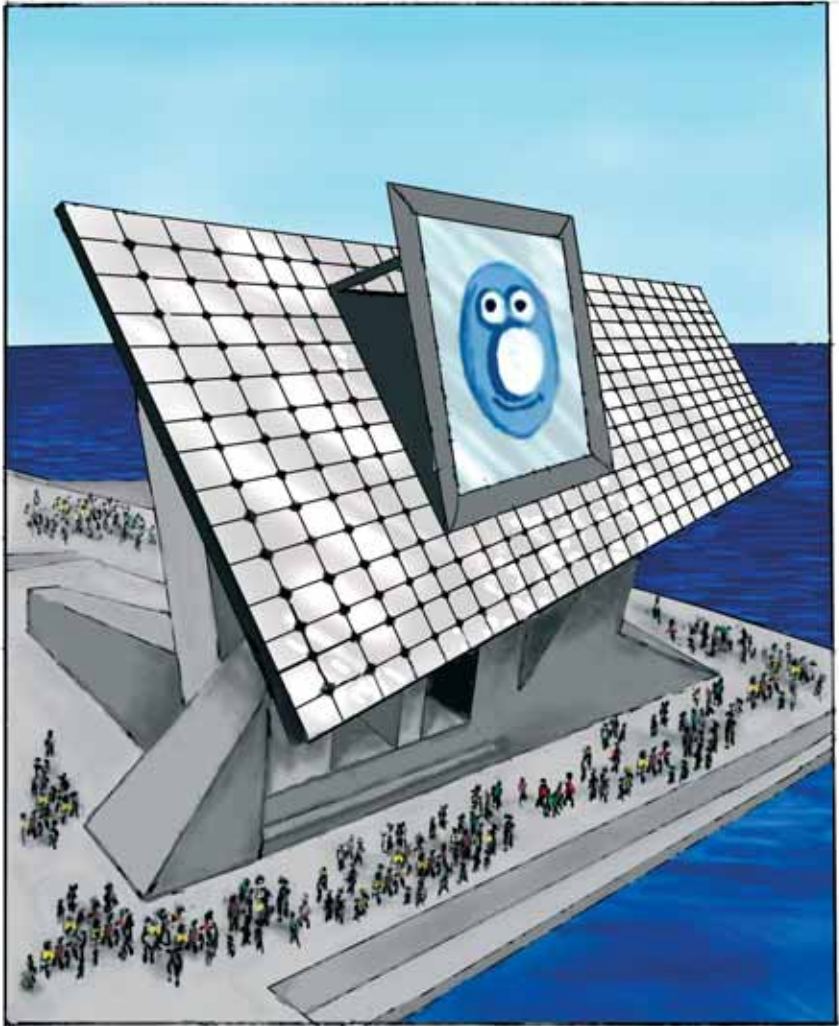
Take pasa por la plaza de Sant Jaume, y sonríe al pensar que Einstein estuvo en los edificios de ambos lados. Invitado por el [Institut d'Estudis Catalans](#), en el palacio de la Generalitat dio tres conferencias sobre una de sus teorías científicas más extrañas: la de la [relatividad](#), que es la que explica que Take no siguiera en línea recta, sino que "se torciera" al pasar cerca del Sol.



A la derecha de la plaza está el Ayuntamiento de la ciudad, y a Take le gustaría visitar el **Saló de Cent**, no sólo porqué es muy bonito, sino también porqué siente curiosidad por ver la sala en la que el alcalde encabezó la recepción de bienvenida a Einstein. Fue un acto muy bonito, en el que el alcalde le dijo que ni Barcelona ni ningún lugar del mundo le consideraban un extranjero porque tanto él como la ciencia pertenecían por igual a toda la humanidad.

Lástima que Take vuele demasiado alto y sólo pase por encima de estos dos edificios... Continúa su descenso y tiene el mar cada vez más cerca. Pero de repente choca con una de las muchas partículas de polvo que flotan en el aire. Es una partícula enorme, o al menos eso le parece a Take... y este choque lo vuelve a cambiar de dirección. Ahora viaja hacia el noreste, y si sus cálculos son correctos y no tiene más sorpresas chocará contra el suelo más o menos donde termina la ciudad...

Termina el viaje



Cada vez que estas placas capturan un fotón,  
se quedan con su energía.

Sus cálculos son correctos. Pero no llega a chocar contra el suelo porque poco antes de alcanzarlo se lleva otra sorpresa: un enorme rectángulo oscuro. “¿Qué demonios es este rectángulo?”, piensa.

¡Ay! Si Take lo hubiera preguntado, cualquiera se lo hubiera podido decir. ¡Todo el mundo en Barcelona reconoce la **placa fotovoltaica** del Fórum!

¡Esto no estaba ahí cuando Einstein pasó por Barcelona! Pero ahora, y gracias a sus ideas, hay “rectángulos oscuros” como este por todo el mundo. ¿Sabes qué hacen? ¡Capturan fotones! ¿Y por qué? Porque los fotones son energía, sólo energía, ¿te acuerdas? Y nosotros la necesitamos para hacer funcionar cualquier aparato. Cada vez que estas placas capturan un fotón, se quedan con su energía. ¿Habías oído hablar de la energía solar? Pues es esto: la energía de los fotones.

Con la energía que le ha quitado a Take, la placa envía inmediatamente un electrón por un complejo entramado de cables eléctricos que hay por toda la ciudad. El electrón llega hasta una bombilla que está encendida y que convierte la energía de este electrón recién llegado en un fotón azul, igual que Take, y lo emite. El fotón llega hasta este libro, rebota en la página que estás leyendo y ahora mismo te entra por el ojo.



# TAKE, EL FOTÓN

¿Quién es quien?



**Albert Einstein.** Uno de los científicos más importantes de la historia. Nació en Ulm (Alemania) en 1879, pero estudió matemáticas en Zurich (Suiza). Aquí trabajó en una oficina de patentes hasta que sus descubrimientos lo hicieron famoso. Su descubrimiento más importante es la teoría de la relatividad, pero también contribuyó a demostrar la existencia de los átomos y a explicar qué es la luz.

**Átomo.** Podemos imaginarnos un átomo como un diminuto sistema solar en el que los protones y los neutrones están juntos formando un núcleo que ocuparía el lugar del Sol, y a cuyo alrededor los electrones –mucho más pequeños– darían vueltas del mismo modo que la Tierra y los demás planetas giran alrededor del Sol. La palabra átomo en griego quiere decir “indivisible”. Ahora sabemos que los átomos no son indivisibles, sino que los podemos romper (en electrones, protones y neutrones), pero lo importante es retener la idea de que cualquier cosa (ya sea una hoja de papel o un lápiz) está formada por pequeñas partículas que, al combinarse, forman todos los objetos que vemos.



**Carga eléctrica.** Propiedad de las partículas que forman los átomos: los electrones tienen carga negativa y los protones la tienen positiva. Normalmente los átomos tienen tantos protones como electrones, por lo que en global no tienen carga eléctrica, ya que cada carga negativa contrarresta a una positiva, pero si un átomo pierde o gana electrones se carga eléctricamente. Las cargas de distinto signo se atraen y las del mismo signo se repelen. Las personas también estamos formadas por átomos, por lo que a veces también podemos tener carga eléctrica y nos puede pasar la corriente si tocamos algún objeto con otra carga.

**Electrón.** Partícula con carga eléctrica negativa que forma parte de los átomos. Los electrones giran alrededor del núcleo de los átomos, de manera parecida a como los planetas giran alrededor del Sol. Los electrones son mucho más pequeños que los protones o los neutrones que hay en el núcleo de los átomos.

**Escuela Industrial.** Centro de estudios de formación tecnológica fundada en 1904, en plena Revolución Industrial, para formar técnicos para trabajar en las industrias. La crearon el gremio de empresarios, la Diputación y el Ayuntamiento de Barcelona para modernizar la industria y el sistema educativo catalán. Está en la calle Comte d'Urgell.

**Espacio interestelar.** Espacio que hay entre las estrellas. Cerca de una estrella puede haber unos cuantos planetas alrededor formando un Sistema Solar como el nuestro, pero la inmensa mayoría del espacio que hay entre las estrellas está casi vacío, prácticamente no hay partículas y la mayoría de los pocos fotones que se pueden encontrar son microondas procedentes del Big Bang (ver Gran Explosión).

**Espectro.** El conjunto de todos los distintos tipos de luz ordenados según su energía. Yendo de más energía a menos tenemos: rayos gamma, rayos X, ultravioletas, luz visible, infrarrojos, microondas y ondas de radio. En la luz visible encontraríamos los colores por este orden: azul, verde, amarillo, naranja y rojo.

**Fotón.** Una de las dos maneras que tenemos de imaginarnos la luz (la otra es como una onda electromagnética). Según Einstein, la luz está formada por pequeñas partículas de energía: los fotones. Lo que diferencia a los distintos tipos de luz es la energía de sus fotones; por ejemplo, la luz azul está formada por fotones con más energía que los de luz roja.

**Gran Explosión.** Explosión que ocurrió hace unos 13.700 millones de años, a partir de la cual se creó todo el Universo. Normalmente se la conoce por su nombre en inglés: *Big Bang*.

## **Institut d'Estudis Catalans.**

Institución creada en 1907 por la Diputación de Barcelona, con el objetivo de promover la cultura catalana. Inicialmente tenía sólo cuatro secciones (historia, arqueología, literatura y derecho) y su sede estaba en el palacio de la Generalitat. En 1911 se inauguró su sección de Ciencias. Actualmente su sede está en la calle del Carme.

**Ley de la gravedad.** Ley descubierta por Isaac Newton en el siglo XVII, según la cual todas las masas se atraen. Es la responsable de que los objetos “pesen” y explica porqué la Tierra gira alrededor del Sol y porqué las cosas caen al suelo si nadie las sujeta. Según una leyenda, a Newton se le ocurrió esta ley al ver caer una manzana mientras descansaba bajo un árbol. Einstein modificó un poco esta ley (en su teoría general de la relatividad) y dedujo que la luz también “pesa”.

**Neutrón.** Partícula sin carga eléctrica (es decir, neutra: ni positiva ni negativa) que, juntamente con los protones, encontramos en el núcleo de los átomos. Los neutrones son un poco más grandes que los protones y mucho más grandes que los electrones.

**Onda electromagnética.** Una de las dos maneras que tenemos de imaginarnos la luz (la otra es como una partícula de energía). Desde este punto de vista, la luz sería una vibración que se propaga como las ondas del mar. Si nos la imaginamos así, lo que hace diferentes a los distintos tipos de luz es la longitud de esta onda. Por ejemplo, a la luz azul le corresponde una longitud de onda menor que a la de la luz roja.

**Placa fotovoltaica.** Dispositivo mediante el cual se genera electricidad a partir de la luz del Sol. Las placas fotovoltaicas están constituidas por unos materiales (semiconductores) que gracias a sus electrones pueden capturar la energía de sus fotones y la convierten en electricidad.

**Protón.** Partícula con carga eléctrica positiva que, junto con los neutrones, encontramos en el núcleo de los átomos. Los protones son mucho más grandes que los electrones pero un poco más pequeños que los neutrones.

## **Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.**

Fundada en 1764 por dieciséis científicos que se reunieron en una farmacia de la calle de la Boqueria con la intención de promover la física y las matemáticas. Una de sus primeras actividades fue reunir en una biblioteca los libros científicos más importantes del mundo. Actualmente tiene su sede en las Ramblas.

**Relatividad.** Einstein descubrió esta teoría que le hizo famoso en dos etapas. En 1905 enunció la teoría especial de la relatividad según la cual la velocidad de la luz es constante y llegó a la famosa ecuación  $E = mc^2$  que establece la equivalencia entre masa y energía. En 1916 enunció la teoría general de la relatividad, que es una modificación de la ley de la gravedad de Newton.

**Saló de Cent.** Es la principal sala del Ayuntamiento de Barcelona. Se construyó en 1373 para que se reuniera el Consell de Cent, el consejo formado por cien representantes que gobernaba la ciudad.

**Tabla periódica.** Clasificación de los elementos químicos en la que a cada elemento le corresponde un lugar en función de su número de protones. La tabla fue un invento del científico ruso Dimitri Mendeleiev en 1869. A partir del lugar que ocupa cada átomo se pueden deducir algunas de sus características químicas. Gracias ello, cuando Mendeleiev formuló la tabla periódica y vio que aun quedaban espacios vacíos predijo la existencia de nuevos elementos que tendrían que “rellenar” esos espacios vacíos, y algunas de sus propiedades.

**Tormentas magnéticas.** Se producen cuando muchos átomos emitidos por el Sol llegan de golpe a la atmósfera, lo que hace que ésta se cargue eléctricamente. Sucede principalmente en verano y provoca interferencias con las ondas de radio.

**Velocidad de la luz.** Velocidad a la que se mueven los fotones, y que en el vacío es de 300.000 kilómetros por segundo (100.000 veces más rápido que un avión de pasajeros). En cualquier otro medio (como por ejemplo en el aire o en el agua) la luz viaja más despacio. Según la teoría de la relatividad, la velocidad de la luz es una constante; es decir: cualquiera que la mida obtendrá el mismo valor, independientemente de si está quieto o si se está moviendo.