

## 2. Cómo funciona el sistema inmunitario

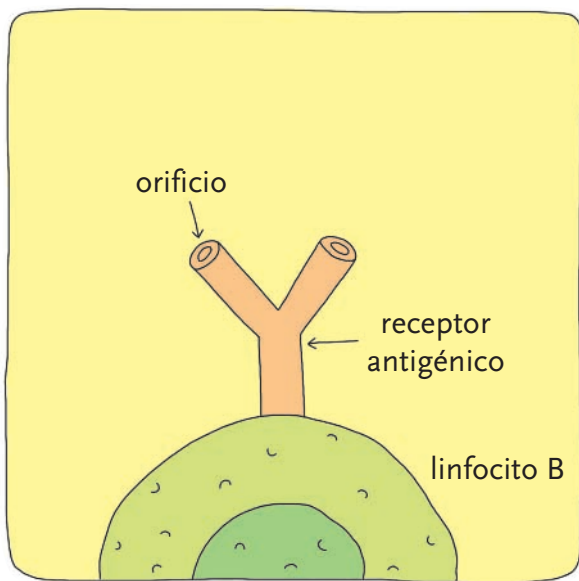
### Cómo diferencia el sistema inmunitario a los diversos patógenos

El sistema inmunitario puede identificar al patógeno que ha infectado el cuerpo y decidir cuáles son las mejores herramientas para contraatacarlo. Antes hemos aprendido que gracias a la memoria inmunitaria, la gente que ha pasado las paperas no puede volver a pasarlas. Pero este hecho no impediría que sufrieran otra enfermedad, como el sarampión. Las células del sistema inmunitario pueden distinguir entre el virus de las paperas y el virus del sarampión porque los memorizan como dos cosas completamente diferentes.

Esta propiedad del sistema inmunitario se conoce con un nombre complicado: **especificidad antigénica**.

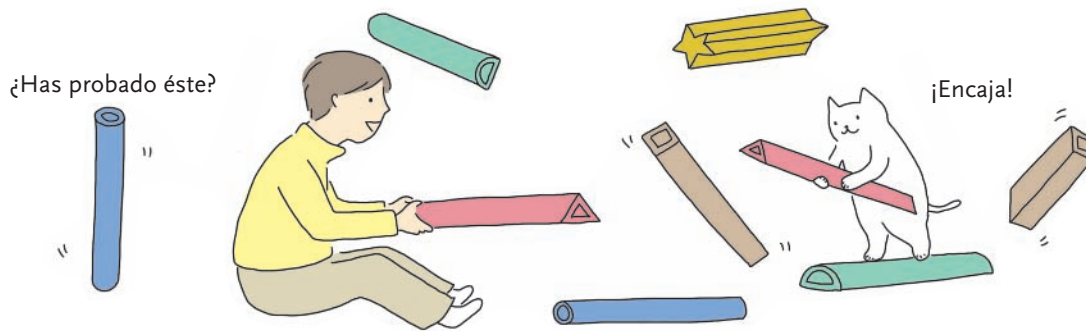
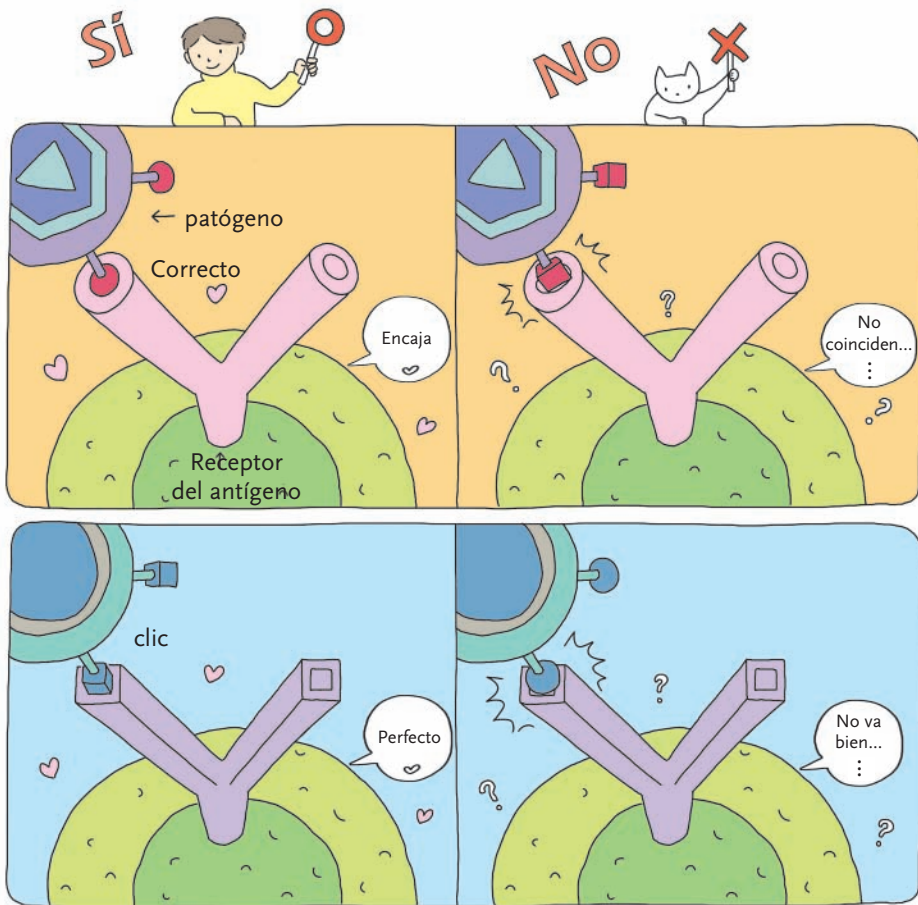


Pero ¿cómo hace exactamente el sistema inmunitario para identificar a los diferentes patógenos?

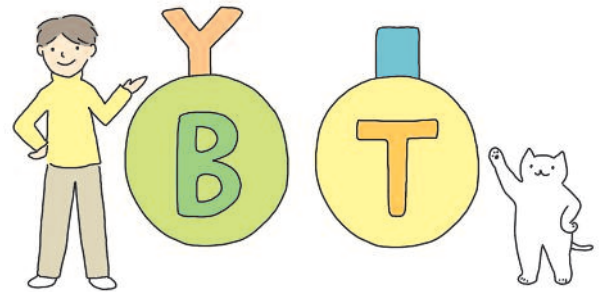


La tarea de distinguir a los distintos patógenos es propia de los linfocitos. Tanto los linfocitos T como los linfocitos B tienen unas herramientas especiales que recubren la superficie de la célula y que les permiten distinguir a los patógenos. Estas herramientas se llaman **receptores antigénicos** y parecen unos bastones minúsculos con unos pequeños orificios en los extremos.

Algunos de estos orificios tienen la forma exacta para encajar con el virus del sarampión, mientras que otras están hechas para encajar con el virus de las paperas o con algún otro patógeno. El sistema inmunitario sabrá si un patógeno ha entrado previamente en el cuerpo, y lo identificará en función de si encaja en los receptores antigénicos de alguna de sus células.



Tanto los linfocitos T como los B tienen receptores antigénicos que reconocen a los diferentes patógenos, pero sus formas y funciones son algo diferentes. Los receptores antigénicos de los linfocitos B se parecen a la letra Y y tienen un orificio al final de cada brazo.

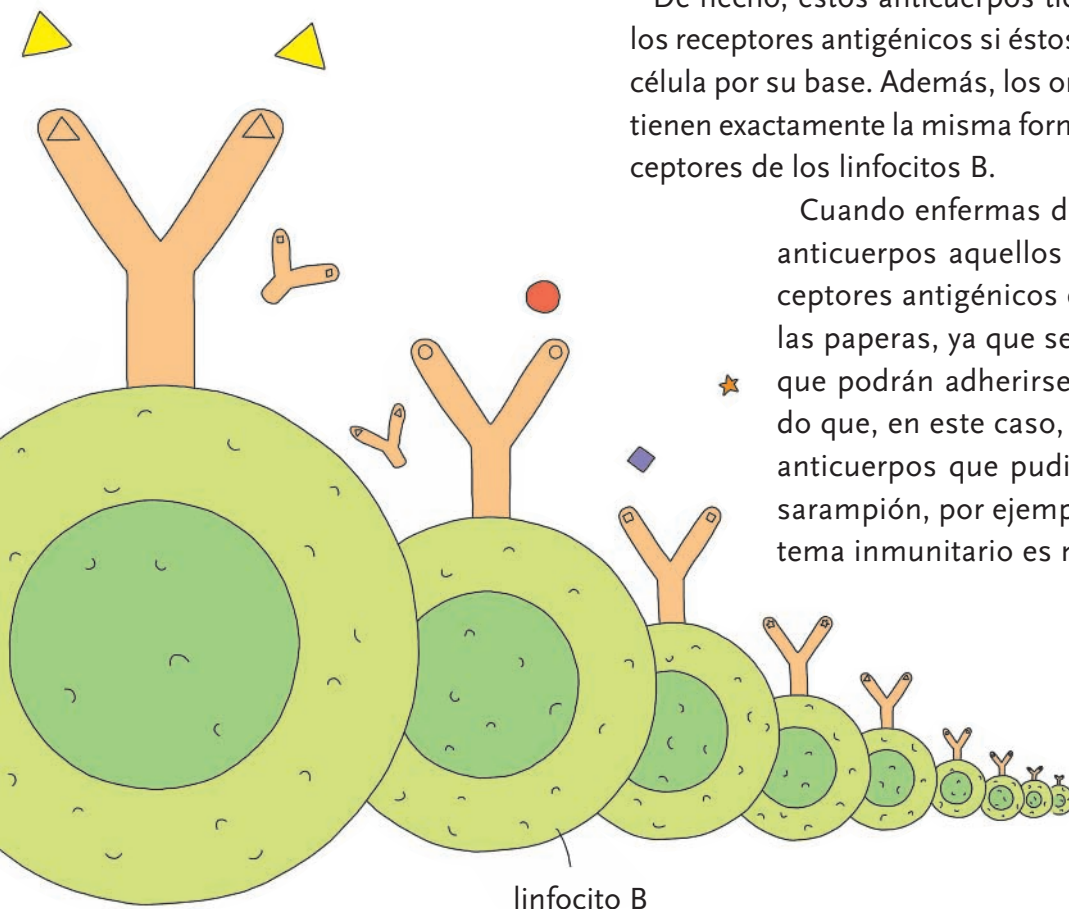


En cambio, los receptores de los linfocitos T parecen bastones y sólo tienen un orificio en su extremo.

Antes hemos explicado que los linfocitos B eliminan a los patógenos mediante la producción de los anticuerpos que los recubren.

De hecho, estos anticuerpos tienen el mismo aspecto que los receptores antigénicos si éstos se hubieran separado de la célula por su base. Además, los orificios de estos anticuerpos tienen exactamente la misma forma que los orificios de los receptores de los linfocitos B.

★ Cuando enfermas de paperas, sólo producirán anticuerpos aquellos linfocitos B que tienen receptores antigénicos específicos para el virus de las paperas, ya que serán los únicos anticuerpos que podrán adherirse al virus. No tendría sentido que, en este caso, los linfocitos B produjeran anticuerpos que pudieran adherirse al virus del sarampión, por ejemplo. O sea que ya ves, el sistema inmunitario es muy inteligente.



Al contrario que los anticuerpos, los receptores del antígeno de los linfocitos T no pueden adherirse a los patógenos sin ayuda.

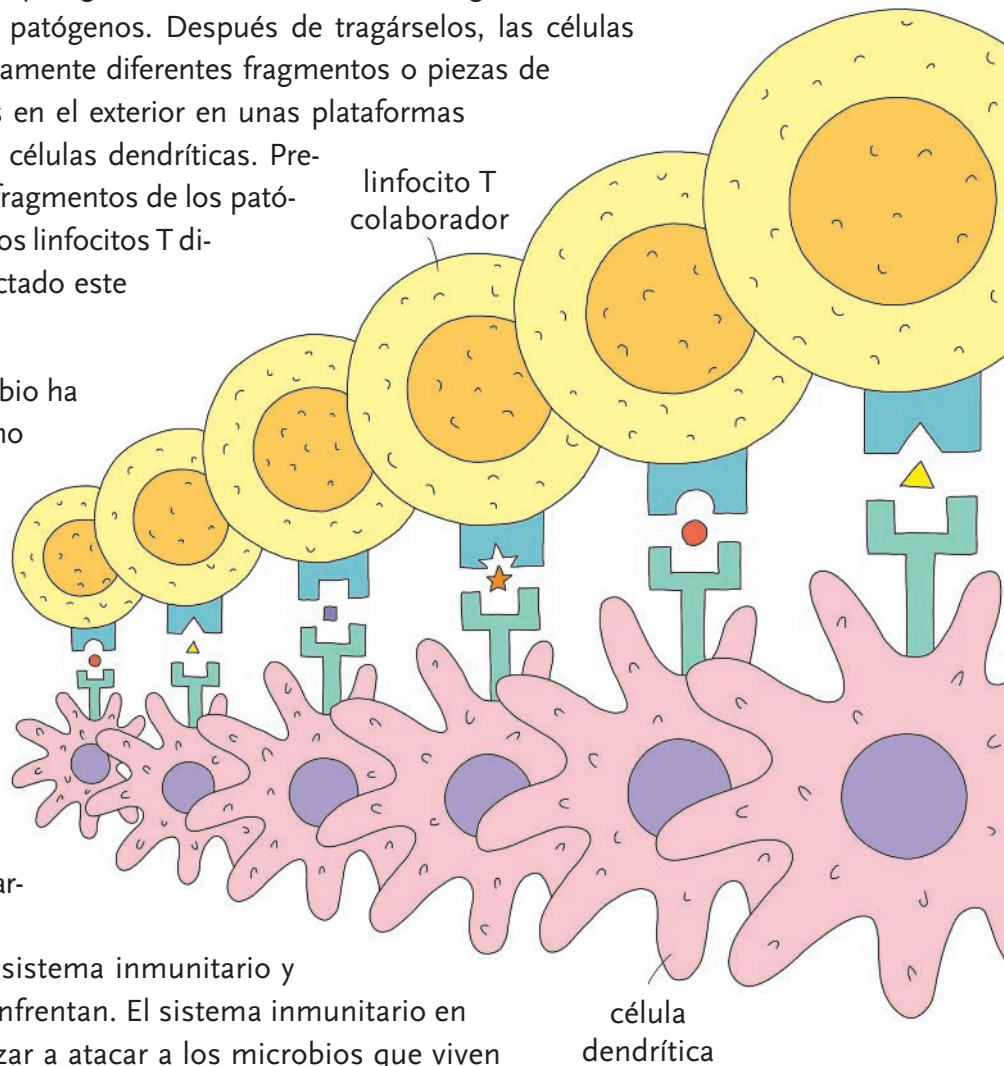
Es aquí donde las células dendríticas, que te hemos presentado anteriormente, tienen un papel importante. Las células dendríticas limpian el cuerpo de patógenos mediante dos mecanismos diferentes. Se tragan a los patógenos directamente o bien engullen otras células que han sido infectadas por los patógenos. Después de tragárselos, las células dendríticas seleccionan cuidadosamente diferentes fragmentos o piezas de estos patógenos para exponerlos en el exterior en unas plataformas que recubren la superficie de las células dendríticas. Presentándolos de esta manera, los fragmentos de los patógenos actúan como señales para los linfocitos T diciendo, «¡Eh, mirad! Nos ha infectado este microbio».

Este acto de mostrar qué microbio ha causado la infección se conoce como **presentación antigénica**.

Como las piezas que forman los distintos virus, como el sarampión y las paperas, tienen formas diferentes, un linfocito T puede saber exactamente qué virus ha infectado al cuerpo.

Así, una vez las células dendríticas han presentado un antígeno, los linfocitos T pueden identificarlo y hacer su trabajo.

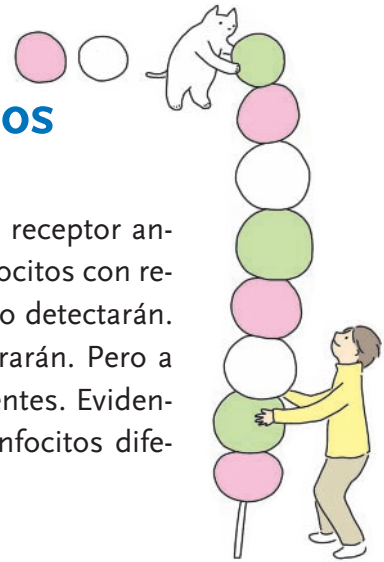
Alertan a las otras células del sistema inmunitario y les explican a qué patógeno se enfrentan. El sistema inmunitario en este momento ya puede comenzar a atacar a los microbios que viven y se multiplican dentro de las células del cuerpo.



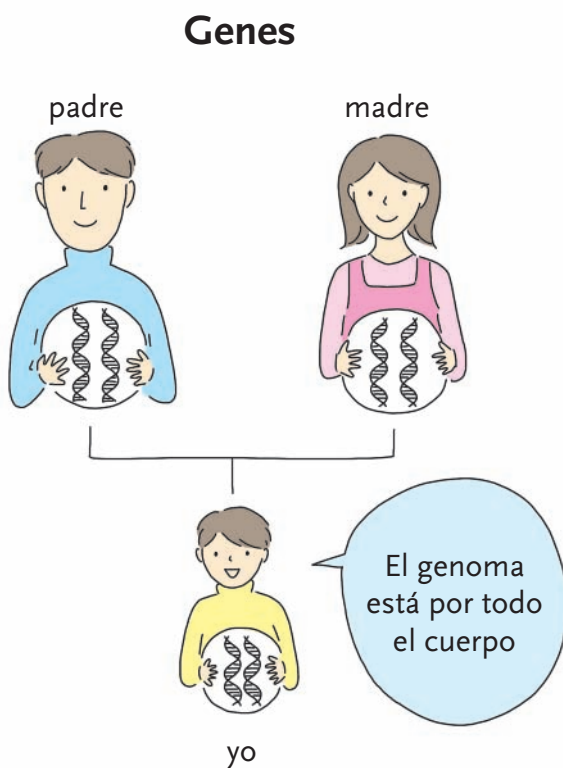
La plataforma que hemos descrito aquí se llama: complejo principal de histocompatibilidad, o MHC del inglés *Major histocompatibility complex*. Recibieron este nombre porque son responsables de cómo se acepta o se rechaza un órgano o tejido trasplantado. *Histo* significa «tejido» en latín. Conocer más sobre el funcionamiento del MHC es vital para avanzar en la medicina de los trasplantes o en los tratamientos con células madre en las enfermedades degenerativas.

## Cómo reconoce el sistema inmunitario a los diferentes microbios

Hemos aprendido que cada linfocito tiene un único tipo de receptor antigénico. Por tanto, cuando enfermamos con paperas, sólo los linfocitos con receptores antigénicos específicos para el virus de las paperas lo detectarán. Las células preparadas para detectar otros microbios lo ignorarán. Pero a nuestro alrededor hay millones y millones de microbios diferentes. Evidentemente, el cuerpo necesita tener una cantidad enorme de linfocitos diferentes para protegerse.



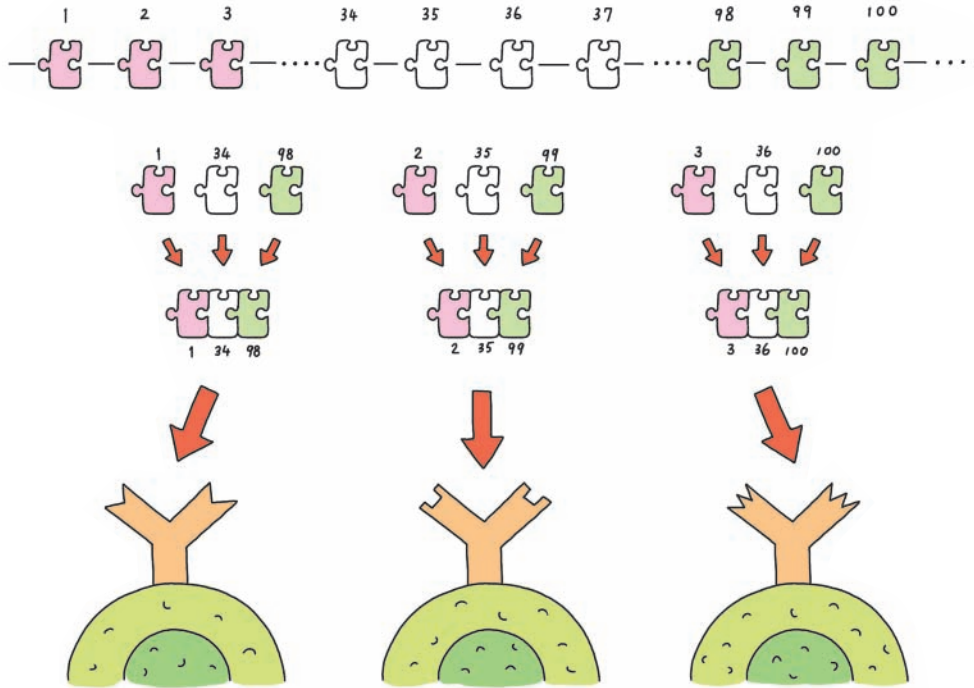
Por suerte, los tiene. Si miraras cuántos receptores antigénicos tienen los humanos, encontrarías que hay: ¡más de 10 mil millones diferentes! Es decir: 10.000.000.000. Con tantos receptores diferentes, habrá al menos un linfocito en el cuerpo que pueda reconocer al patógeno que entre. Y con todos estos linfocitos trabajando conjuntamente, el sistema inmunitario puede proteger al cuerpo de una variedad enorme de patógenos.



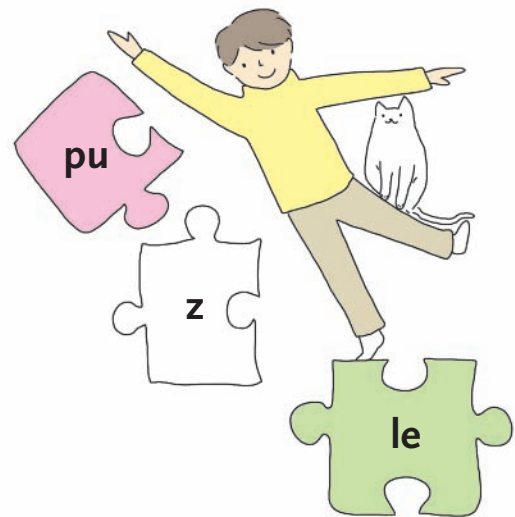
¿Y cómo hace el cuerpo para fabricar tantos tipos de receptores antigénicos diferentes?

Nuestros padres nos pasan entre 30.000 y 40.000 genes, y todos estos genes juntos forman el **genoma**. Dentro del genoma están los genes para crear las diferentes partes de nuestro cuerpo como los músculos, los huesos y los órganos. También están los genes para hacer los receptores antigénicos.

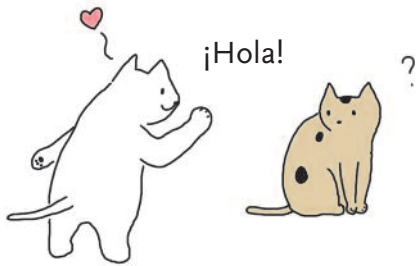
Normalmente decimos que un gen hace una parte del cuerpo, pero no es así con los receptores antigénicos. Los genes que los forman están separados en diferentes segmentos, como las piezas de un puzle. Y es sólo dentro de los linfocitos donde estas piezas se pueden combinar de diferentes maneras para producir todos los receptores del antígeno.



De los cientos de piezas de puzle disponibles, cada linfocito selecciona dos o tres y las combina. El linfocito puede combinar estas piezas de muchas maneras diferentes, y como a menudo las piezas se ligan de forma inexacta, se pueden producir un número extraordinario de receptores antigénicos diferentes.



## Cómo recuerda el sistema inmunitario a los patógenos que se ha encontrado previamente

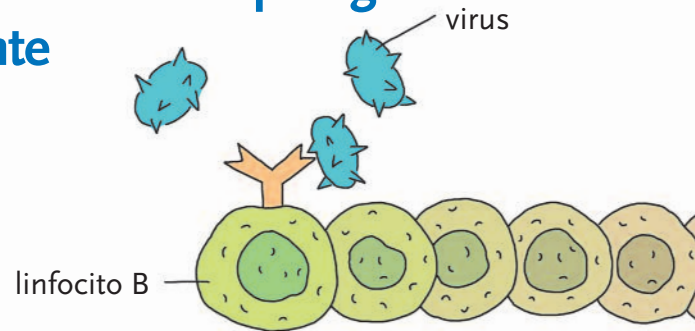


Los linfocitos pueden recordar a los patógenos con los que ya se han encontrado alguna vez.

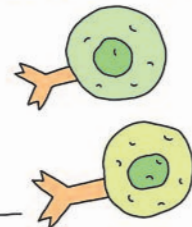
La primera vez que un linfocito B se encuentra con un patógeno tarda más de una semana en producir anticuerpos contra este patógeno. Durante este tiempo el linfocito B se transforma en una célula capaz de producir grandes cantidades de anticuerpos. Sin embargo, no todos los linfocitos B se convierten en **células productoras de anticuerpos**. Algunos linfocitos B tienen la función de recordar al nuevo patógeno. A estos linfocitos B se les conoce como **linfocitos B de memoria**.

Cuando un linfocito B de memoria se encuentra de nuevo con el patógeno al que debía recordar, comienza a trabajar inmediatamente y produce cantidades enormes de anticuerpos en pocos días.

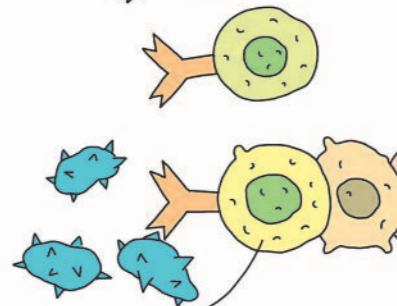
Los linfocitos de memoria, además de producir anticuerpos más rápido, también hacen anticuerpos de mejor calidad que los linfocitos B que se encuentran con el patógeno por primera vez. Estos «superanticuerpos» pueden unirse de forma más eficiente a su antígeno, es decir, podrán inactivar a las toxinas bacterianas con más fuerza y también serán mejores para señalar bacterias, para que los macrófagos las encuentren y se las coman.



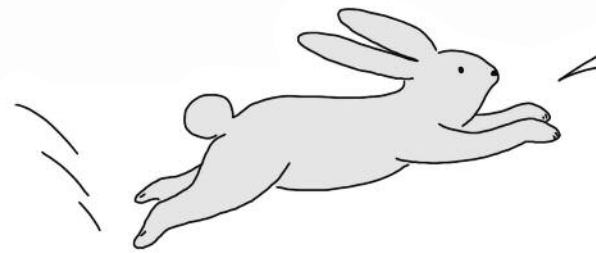
1<sup>a</sup> vez

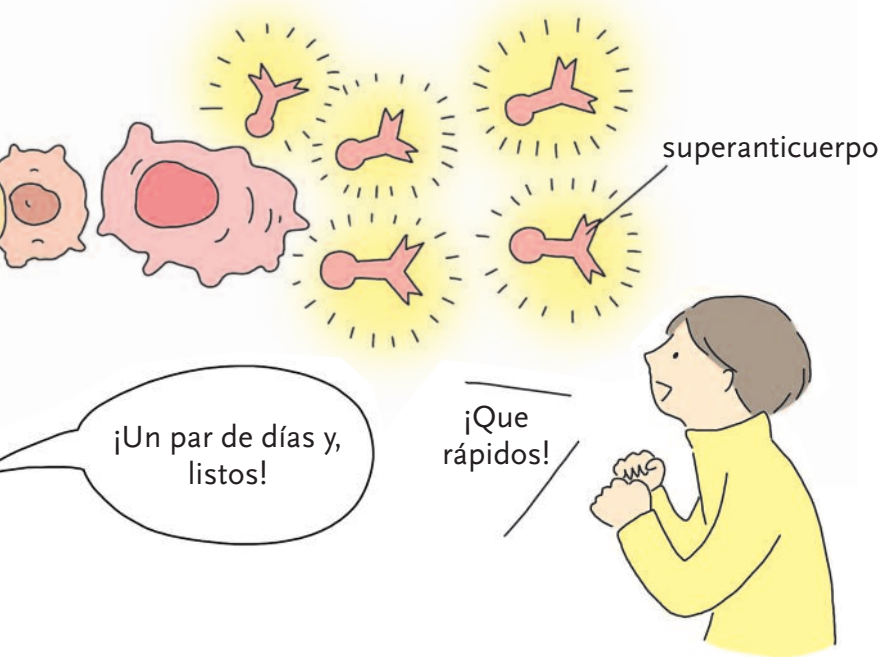
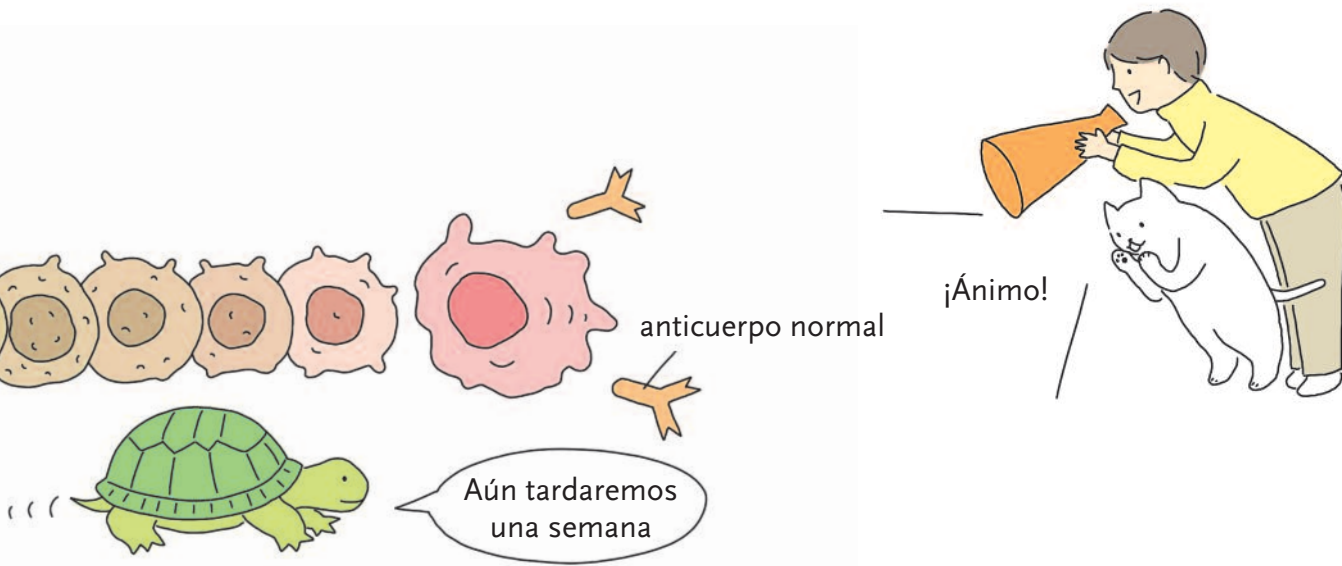


2<sup>a</sup> vez



linfocito B de memoria





Los linfocitos T también tienen memoria. Los linfocitos T colaboradores y los linfocitos T citotóxicos normalmente viajan por el cuerpo vigilándolo. Cuando se encuentran con un patógeno, los linfocitos T con receptores antigénicos que reconocen al antígeno empiezan a dividirse rápidamente y se preparan para entrar en acción. Este proceso tarda una semana. Durante este tiempo, algunos de los linfocitos T colaboradores se transforman en linfocitos T de memoria. Y si se encuentran otra vez con el mismo patógeno, ya están preparados para comenzar a actuar inmediatamente.

De esta manera la gente que se recupera de las paperas tiene una gran cantidad de linfocitos T y B de memoria que sólo reconocen a este virus. De una forma similar, las personas que se han recuperado de cualquier otra infección tendrán grandes cantidades de sólo aquellos linfocitos T y B de memoria que identifican a los patógenos específicos con los que han estado en contacto.



