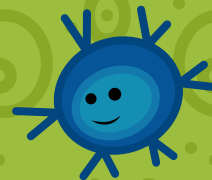
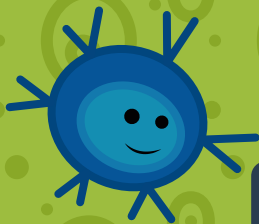
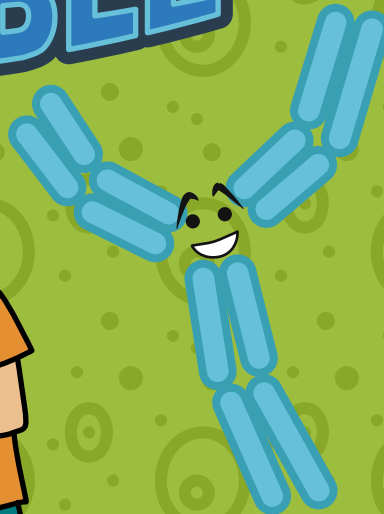
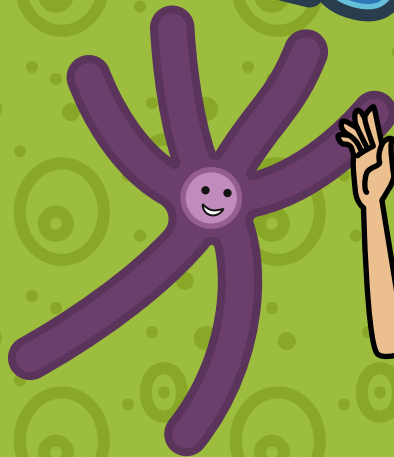


# TU SISTEMA INMUNE ES INCREÍBLE



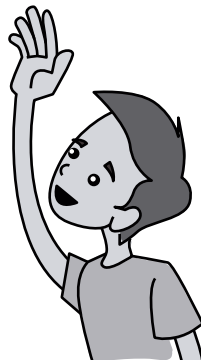


# Tu Sistema Inmune Es Increíble

El Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia junto a la Iniciativa Científica Milenio y el Ministerio de Economía, te invitan a esta entretenida cruzada, donde aprenderemos la importancia de nuestro sistema inmune. Te invitamos a visitar [www.imii.cl](http://www.imii.cl) para que te enteres de los avances científicos que realizamos en Chile, orientados a mejorar la salud de las personas.



yo te mostraré qué es y para qué sirve el sistema inmune



yo te enseñaré acerca de enfermedades y tratamientos donde participa el sistema inmune

# Tu Sistema Inmune Es Increíble

## **Edición General:**

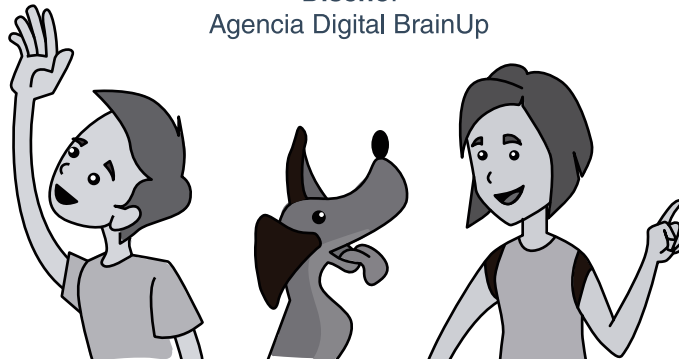
Dr. Leandro J. Carreño Márquez  
Catalina Berrios Ramirez

## **Autores:**

Dr. Leandro J. Carreño Márquez (Bioquímico, PhD, Académico Universidad de Chile)  
Carolina Schäfer Adriazola (Bioquímica, Estudiante Doctorado en Farmacología, Universidad de Chile)  
Cristián Gutiérrez Vera (Tesisista de Tecnología Médica, Universidad de Chile)  
Paula Bravo Rodríguez (Tesisista de Bioquímica, Universidad de Chile)  
Catalina Berrios Ramirez (Estudiante 2º año Obstetricia, Universidad de Chile)  
Gabriel Araneda Roselló (Estudiante 3º año Medicina, Universidad de Chile)  
Khalil Bruna Diaz (Estudiante 3º año Medicina, Universidad de Chile)  
Rocío González Garrido (Estudiante 3º año Medicina, Universidad de Chile)  
Diego Astudillo Lorca (Estudiante 3º año Medicina, Universidad de Chile)

## **Diseño:**

Agencia Digital BrainUp



# Índice

## Primera parte

¿Qué es el sistema inmune y para qué sirve? .....	06
¡El sistema inmune tiene muy buena memoria! .....	10
¿Dónde está nuestro sistema inmune? .....	14
Nuestro sistema inmune esta compuesto de células muy especiales .....	18
El armamento de nuestro sistema inmune nos protege de microorganismos invasores .....	25
¡La clave es el reconocimiento! .....	31
Redes sociales de nuestro sistema inmune y autorregulación .....	37

## Segunda parte

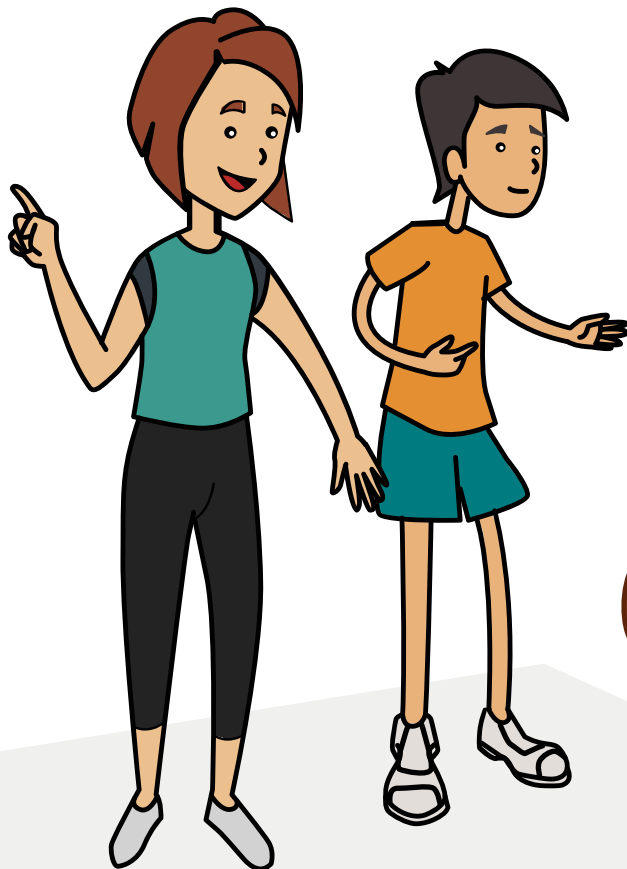
2.1 Microorganismos patógenos que causan enfermedades: Bacterias, virus, parásitos y hongos.....	46
2.2 Las vacunas nos protegen de patógenos que se esconden de nuestro sistema inmune .....	55
2.3 Cuando nuestro sistema inmune ataca lo propio se produce autoinmunidad .....	59
2.4 Investigación científica para tratar enfermedades autoinmunes .....	63
2.5 ¿Qué es la alergia? ¡Ashu! .....	66
2.6 ¿Podemos curar la alergia? .....	70
2.7 ¿Nuestro sistema inmune es capaz de defendernos contra el cáncer? .....	73
2.8 ¿Qué es la inmunoterapia? .....	77

No te alteres, es una herida pequeña, su sistema inmune podrá defenderla de las infecciones

¡¡Oh no, te has herido, tu herida se puede infectar debemos llevarte al hospital inmediatamente!!



¿No sabes lo que es el sistema inmune?  
¡Nosotros te explicaremos!



En este libro te explicaremos qué es el sistema inmune, cuáles son funciones y cómo es que este opera en tu organismo para mantenerte sano y protegerte de enfermedades. Los contenidos de este libro están orientados a entusiasmar a estudiantes de enseñanza básica al fascinante mundo de la Inmunología, así como también servir de apoyo para estudiantes y profesores de enseñanza media. ¡El diseño amigable de este libro permite que toda la familia aprenda!

¿Sistema inmune?  
¿qué es eso?



## Primera Parte

### 1.1

---

**¿Qué es el Sistema inmune  
y para qué sirve?**

---



# ¿Qué es el sistema inmune?

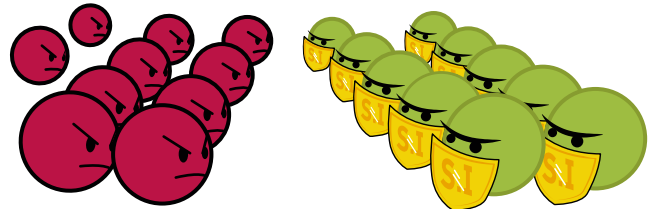


## i ¿No sabes lo que es el Sistema Inmune?

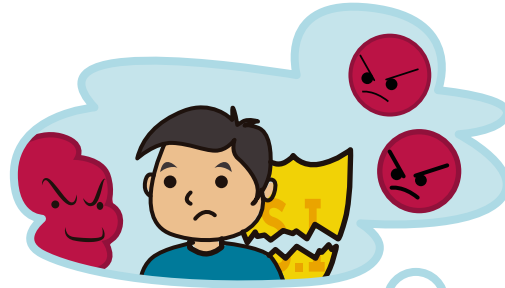
Es un sistema de nuestro cuerpo, formado por varios órganos y células que nos protegen de invasores extraños que nos pueden atacar, enfermar, y hasta causar muerte.

El sistema inmune es una especie de escudo protector que nos protege de microorganismos patógenos, es decir, gérmenes que nos causan enfermedades, como bacterias y virus. Y no tan solo nos protege como un escudo protector, sino que también es un gran ejército que nos defiende y elimina invasores patógenos.

Cuando estamos sanos y nos sentimos bien, no pensamos mucho en nuestro sistema inmune, pero...¿qué pasaría si no tuviéramos sistema inmune?



# ¡Ya sé! No podríamos defendernos y nos enfermaríamos siempre, ¿verdad?



¡Exacto! Sin sistema inmune no nos podríamos defender de microorganismos patógenos y por lo tanto estaríamos a merced de ser atacados por ellos. Esto llevaría a que enfermásemos gravemente.

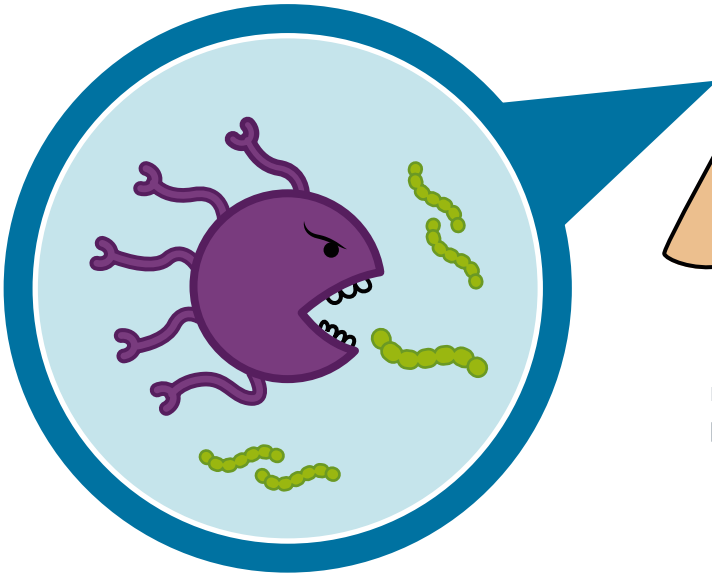
Aunque es muy poco común, tristemente existen personas que nacen con un sistema inmune que no funciona. Esto se conoce como "Inmunodeficiencia Congénita".. ¿Has oído hablar de los niños burbuja? En ellos su sistema inmune no funciona y por esta razón deben vivir en una burbuja, para estar aislados y protegerse de infecciones.



## **i** ¿Ves?

Aunque parezca a veces que nuestro sistema inmune no hace mucho, éste trabaja incansablemente día y noche, los 365 días del año. Es un trabajo ¡24/7!

# No hagas ruido... así trabaja nuestro Sistema Inmune



Nuestro sistema nos protege al reconocer y eliminar microorganismos patógenos que nos atacan y que pueden causarnos enfermedades.

En los próximos capítulos veremos cómo funciona nuestro sistema inmune.

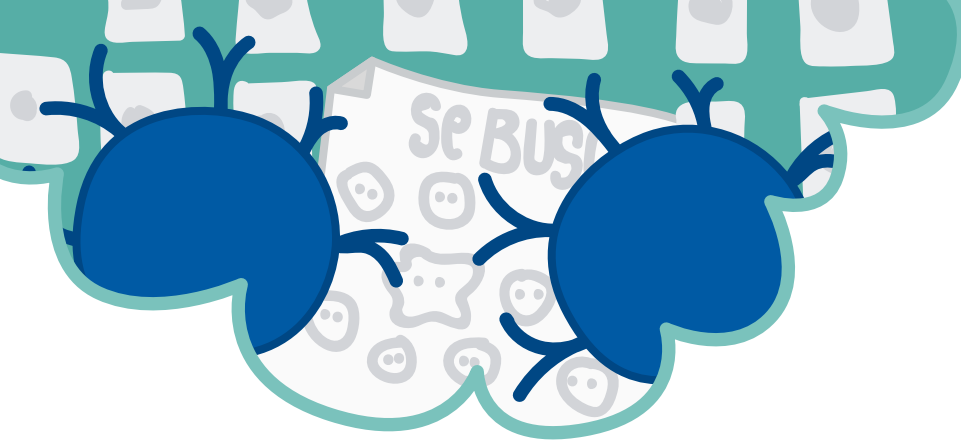
**¡Vamos a aprender!**

## 1.2

---

**¡El sistema inmune tiene  
muy buena memoria!**

---



En un primer encuentro con un microorganismo patógeno, algunas células de nuestro sistema inmune lo reconocen y generan una respuesta inmune para combatirlo. Luego de eliminarlo, algunas de estas células recuerdan a este patógeno y se multiplican, quedando como células de memoria. Estas células son los linfocitos.

En un segundo encuentro con el mismo microorganismo patógeno, estas muchas células de memoria, reaccionan rápidamente y de esta forma el invasor se elimina en menor tiempo que la primera vez. Es como si las células de memoria guardaran una foto del patógeno.





¿Por qué de nuevo te enfermaste,  
si ya te habías enfermado de lo mismo  
el año pasado?

Los patógenos también  
son astutos



# Si es tan buena la memoria ¿Por qué nos seguimos enfermando por los mismos patógenos?

Puede que muchas veces hayas estado enfermo a causa de la infección con el mismo microorganismo patógeno, pero si nuestro sistema inmune tiene memoria, ¿por qué nos seguimos enfermando por el mismo patógeno?

A pesar de que nuestro sistema inmune tiene mecanismos para poder eliminar a los patógenos, algunos de ellos son capaces de engañar a nuestro sistema inmune y así esconderse de él. Imaginemos que los patógenos se cubrieran con una ropa en particular, como una chaqueta roja. Algunos de ellos en el segundo encuentro llegarán con una chaqueta de distinto color, que no es como las células de memoria las recordaban.

# 1.3

---

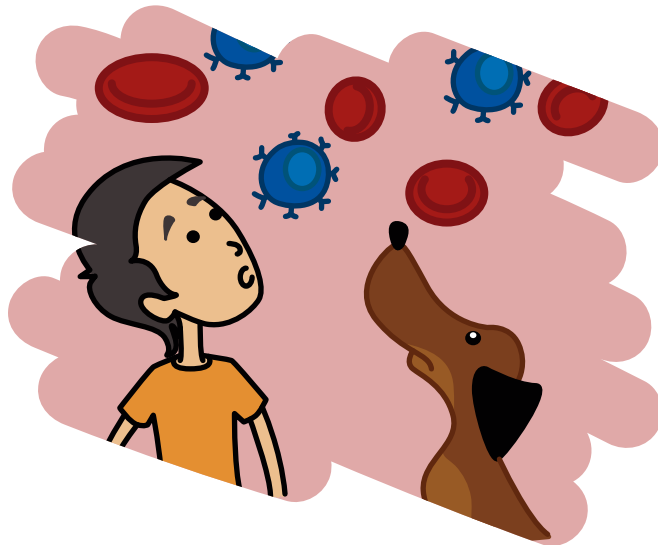
¿Dónde está nuestro  
sistema inmune?

---

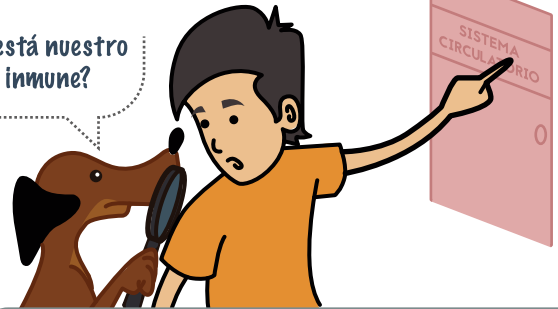


# ¿Dónde está nuestro Sistema Inmune?

El sistema inmune está distribuido por todo nuestro cuerpo, tiene células y órganos encargados de protegernos de microorganismos patógenos que pueden causar infección y hacernos daño. En nuestra sangre tenemos una gran cantidad de células que circulan por todo el cuerpo, como los glóbulos rojos



¿Dónde está nuestro sistema inmune?



i

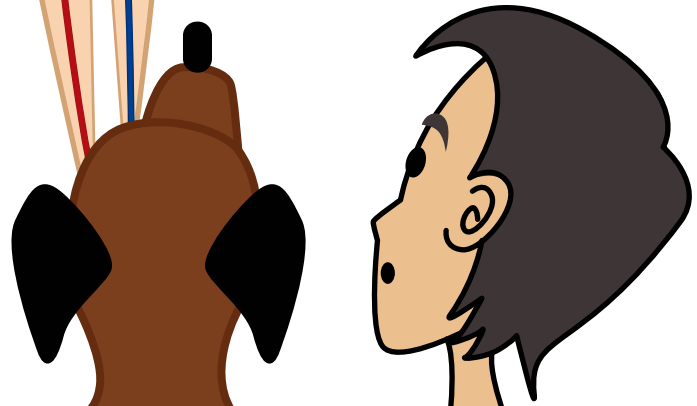
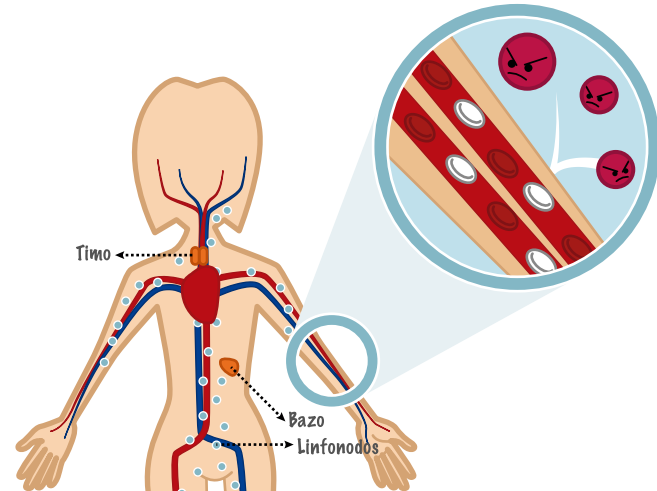
Los glóbulos blancos también conocidos como leucocitos pueden llegar a todas las partes del cuerpo desde nuestra circulación sanguínea. Pueden llegar a los órganos internos así como aquellas partes del cuerpo que tienen contacto con el medio exterior como la nariz, la boca y la piel.

que se encargan de llevar oxígeno y nutrientes a todas las células de nuestro cuerpo, y también células del sistema inmune conocidas como glóbulos blancos, que nos defienden de invasores, como microorganismos patógenos, por lo que su función es mantenernos sanos.

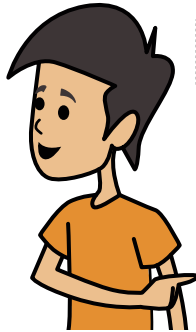
Existen zonas pequeñas de nuestro cuerpo donde hay una mayor cantidad de leucocitos, estas zonas son los linfonodos, el timo y el bazo.

En el bazo se produce el reconocimiento de patógenos, el entrenamiento de células del sistema inmune que los atacan, y la producción de anticuerpos, los cuales son armas importantes para el sistema inmune, puesto que permiten eliminar a los patógenos que nos están atacando.

Por otra parte, el timo es un órgano que permite la maduración y diferenciación de los linfocitos T, los cuales son un tipo de leucocitos, y es aquí donde se desarrollan los linfocitos ayudadores y linfocitos citotóxicos, los cuales son linfocitos con funciones especializadas para combatir a los distintos patógenos que nos infectan.

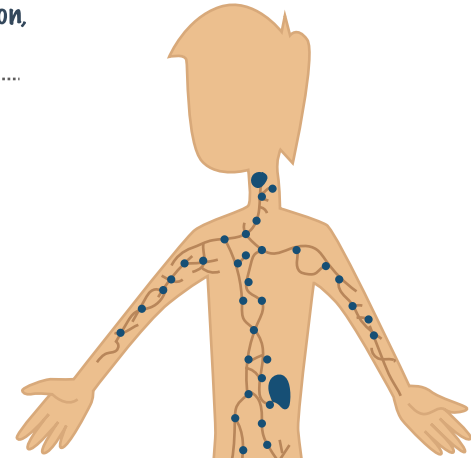


¿Qué son los linfonodos?



¡Ah, los linfonodos!  
Si quieres saber qué son,  
¡Acompáñame!

Los linfonodos, comúnmente conocidos como ganglios, son pequeñas estructuras que conforman el sistema linfático. Estos órganos son privilegiados, ya que en ellos hay leucocitos, específicamente linfocitos, que se encargan de luchar contra los gérmenes que lograron entrar en nuestro cuerpo por distintas vías. La función de los linfonodos es mantener la infección en un lugar delimitado, evitando que los gérmenes se escapen y así poder destruirlos. Pero además, al estar todos interconectados, permiten que estos leucocitos que combaten los patógenos circulen patrullando por todo nuestro cuerpo en busca de algún germen que quiera atacarnos.



# 1.4

---

**Nuestro sistema inmune  
está compuesto de células  
muy especiales**

---

# ¡A conocer las células del Sistema Inmune!

Existen distintos tipos de células que forman parte del sistema inmune cada una con una función específica.

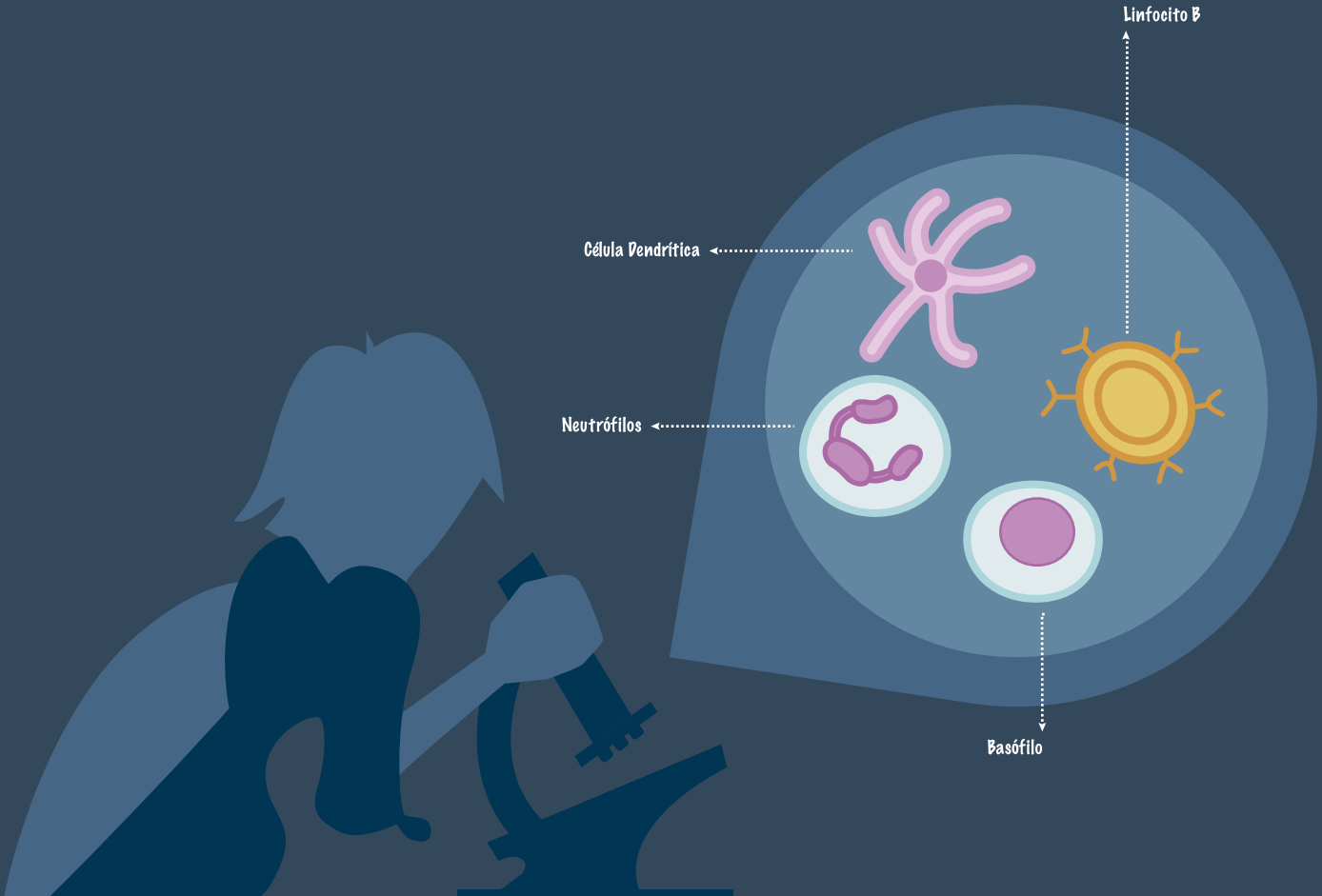
Los linfocitos son un tipo de leucocitos, y son las principales células de la respuesta inmune adaptativa, reaccionando frente a microorganismos patógenos o tumores. Los linfocitos pueden regular el sistema inmune por medio de la liberación de diversas sustancias que envían a otras células del sistema inmune para ayudar a que potencien su función.

Existen dos tipos de linfocitos, los linfocitos B y los linfocitos T. A su vez, los linfocitos T se pueden diferenciar en dos tipos celulares:

**Linfocitos T ayudadores** o “helper”, los cuales reconocen moléculas o “pedacitos” de los patógenos, llamadas antígenos, y reaccionan ante éstos, liberando diversas sustancias conocidas como

“citoquinas” para activar a otras células del sistema inmune ayudando a generar una respuesta inmune eficiente.

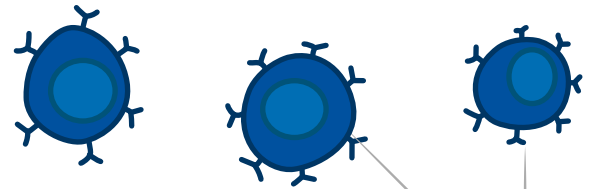
**Linfocitos T citotóxicos**, los cuales reconocen células infectadas con patógenos y en respuesta a este reconocimiento, toman contacto con la célula infectada y liberan pequeñas moléculas tóxicas que tienen la capacidad de destruirla, para así evitar que el patógeno se propague a otras células sanas.



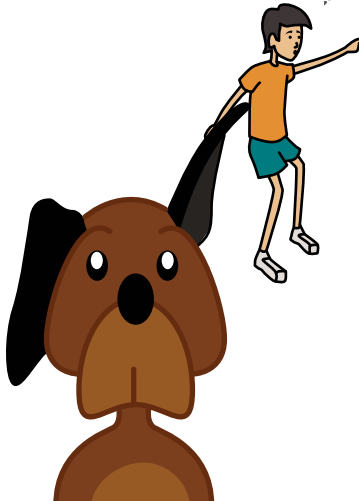
## Lluvia de anticuerpos (Linfocitos B), Lluvia de histamina (Basófilo)

Los linfocitos B son los encargados de la respuesta humoral, puesto que luego de activarse, se transforman en células plasmáticas, las que liberan múltiples moléculas de reconocimiento llamadas anticuerpos. Los anticuerpos son pequeñas moléculas que tienen forma de Y que sirven para reconocer, neutralizar y eliminar patógenos o agentes extraños que se encuentran dentro de nuestro cuerpo.

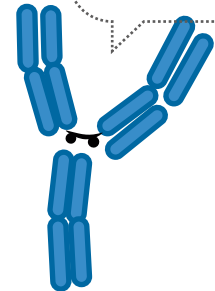
Los basófilos y mastocitos, son otros tipos de leucocitos que se relacionan con la alergia, pero que su función es liberar una serie de sustancias inflamatorias, como la histamina, de modo de iniciar una reacción inflamatoria para destruir parásitos, como gusanos helmintos.



¡Perro! Has sido reconocido por un anticuerpo!



Su identificación, señor Perro

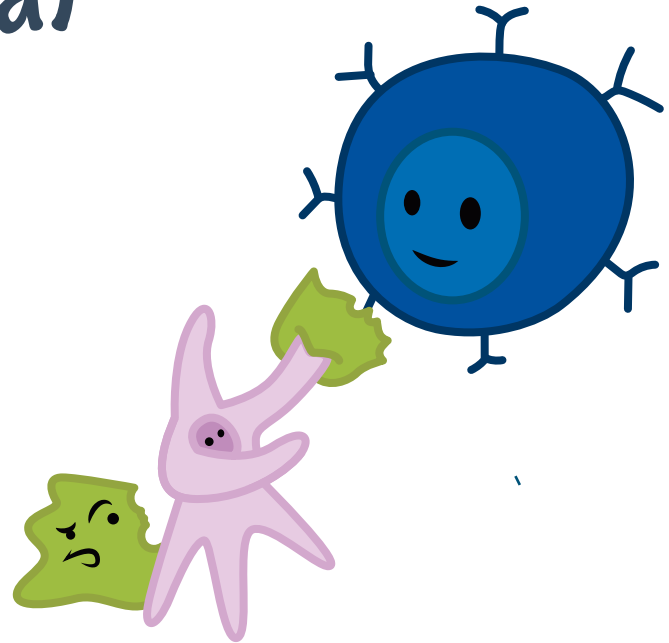


# Presentando lo desconocido (Célula Dendrítica)

El sistema inmune también cuenta con unas células muy especiales que se encuentran distribuidas por todo el cuerpo y se conocen como células dendríticas. Las células dendríticas tienen forma de estrella y su función es capturar, procesar y mostrar antígenos a linfocitos T.

Si el antígeno presentado es propio (pertenece a nuestro organismo) no se desencadena una respuesta inmune. Este fenómeno se conoce como tolerancia inmunológica y se refiere al reconocimiento de lo propio.

Cuando la célula dendrítica presenta un antígeno que no pertenece al cuerpo, sino que pertenece a parte de un microorganismo patógeno (como un virus, bacteria u hongo), los linfocitos T lo reconocen como extraño y se desencadena la respuesta inmune.





Un antígeno es una molécula que puede ser reconocida por el sistema inmune y puede ser de origen propio, es decir, que es parte de nuestro cuerpo, o ajeno, es decir, que viene de patógenos.

¿Qué es un antígeno?

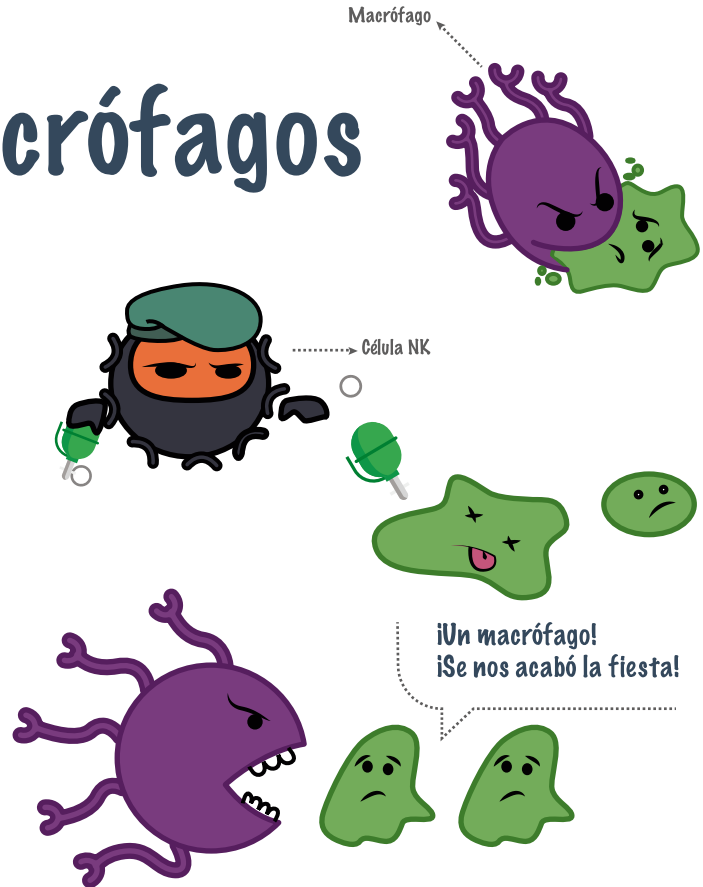
# Listos para el combate

## Células NK y Macrófagos

Existen células del sistema inmune especialistas en eliminar y destruir agentes dañinos para nuestro cuerpo como virus, bacterias y hongos.

Los células NK, o células asesinas naturales se encargan de destruir células de nuestro cuerpo que se encuentren infectadas con virus o bacterias, esto lo realizan por medio de sustancias químicas tóxicas que se liberan como pequeñas bombas y que provocan ruptura de las células infectadas y con ello su muerte.

Los macrófagos, son un tipo de célula del sistema inmune que se encargan de internalizar toda sustancia extraña que se encuentre dentro de nuestro cuerpo, desde bacterias hasta desechos celulares. Los macrófagos entonces son células que se comen todo lo dañino para el cuerpo. Células devoradoras, ñam-ñam.



# 1.5

---

**El armamento de nuestro sistema inmune nos protege de microorganismos invasores**

---

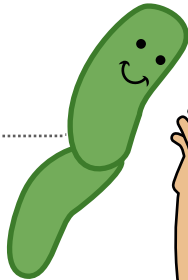
# ¡No estamos solos!

Como ya te habrás dado cuenta, el ser humano no es la única especie que vive en la Tierra. Compartimos este hogar con distintas especies. También vivimos junto a bacterias, virus y otros seres vivos. Muchos de ellos viven sin hacernos daño, e incluso viven en nosotros, como en la piel, boca, e incluso en nuestro intestino. ¡Algunas bacterias incluso nos protegen! Es importante que sepas que no todas las bacterias, virus u hongos son dañinas, algunas nos protegen de los que sí son malas, y por eso, debemos cuidarlas.

Sin embargo, un pequeño grupo de microorganismos en el mundo sí pueden causarnos daño, haciendo que nos enfermemos. Estos microorganismos son los llamados patógenos y nuestro organismo debe tener un sistema de defensa que luche contra estos malhechores.

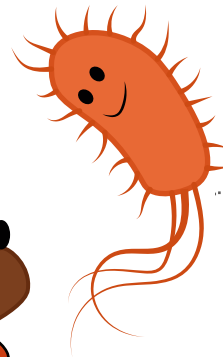
## *LACTOBACILLUS SPP*

Vive en el intestino y protege  
contra bacterias dañinas



## *ESCHERICHIA COLI*

También vive en el intestino  
y genera vitamina K



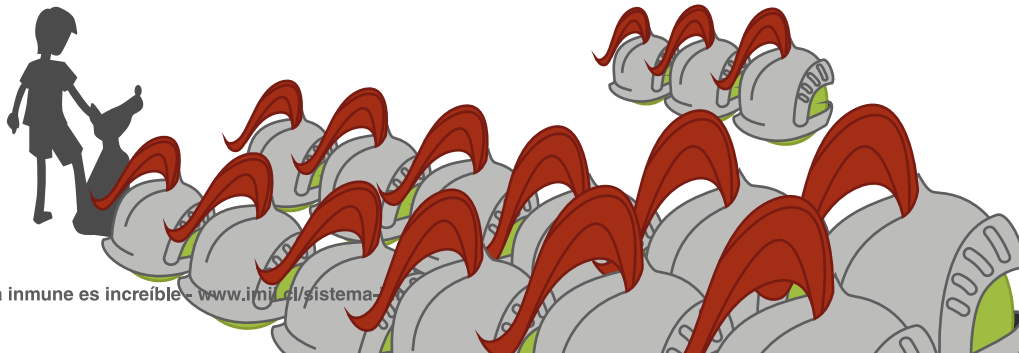
# El organismo sabe cómo defenderse



Nuestro cuerpo posee barreras que le impiden a los microorganismos ingresar libremente. Cada barrera posee distintos obstáculos, ya sean de tipo físico y/o químico. Algunas de estas barreras son más comunes de lo que crees, como por ejemplo, el sudor de tu piel, las lágrimas de tus ojos, o los pelos dentro de tu nariz.

Si, por algún motivo, alguna de estas barreras no cumplen correctamente su función, como cuando tenemos un corte en la piel, los microorganismos encontrarán un atajo por donde entrar a tu cuerpo.

Como el cuerpo humano es una máquina maravillosa, no solo posee barreras “externas”, sino que también internas, como lo es tu sistema inmune. Como te contamos previamente, el sistema inmune está conformado por distintos tipos de células. Algunas células comparten funciones, pero cada una contribuye en su propia manera a detener y/o destruir a los microorganismos que ingresan a nuestro cuerpo y que pudieran causarnos daño.



# ¡El espectacular armamento de nuestro sistema inmune!

Cada célula de nuestro sistema inmune posee distintas armas para defendernos, y ganarle la batalla a los microorganismos que puedan causarnos alguna enfermedad.

## Devorando a los microorganismos (Fagocitosis)

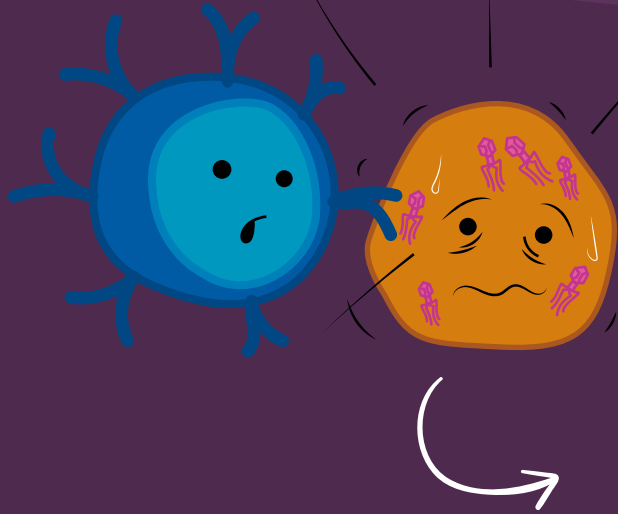
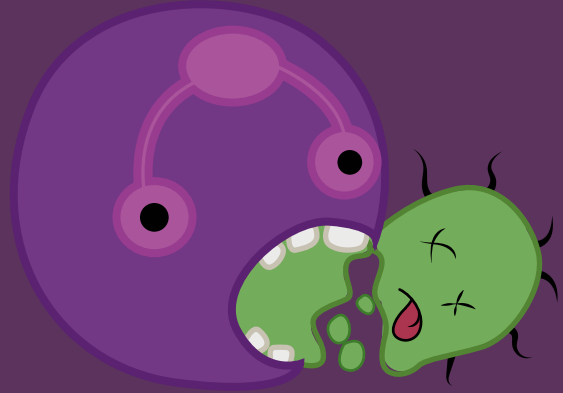
Cuando una bacteria entra, algunas células, como los neutrófilos, los eosinófilos y los macrófagos, se fijan a la bacteria, se extienden, rodean completamente, y se la comen, casi como una planta carnívora. Una vez devorada, a través de ataques con sustancias químicas, terminan por destruirla.

## Combate cuerpo a cuerpo (Citotoxicidad)

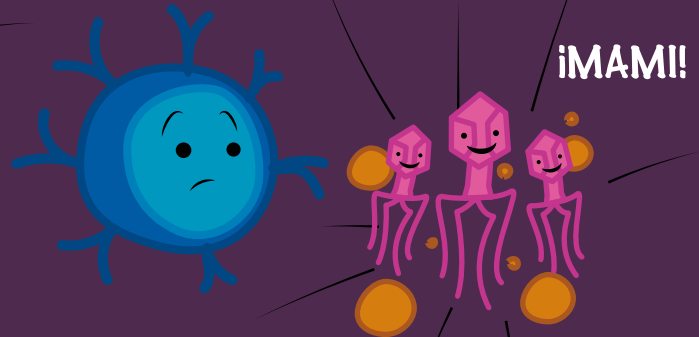
Pero nuestro sistema inmune no siempre logra ver claramente al enemigo. Por ejemplo, los virus viven y también se ocultan dentro de distintas células. Sin embargo, éstas células infectadas avisan la presencia del virus. Es allí cuando entran los linfocitos T citotóxicos: se acercan, conversan con la célula, y la conducen a un mecanismo llamado apoptosis, donde la célula infectada muere, pero también los virus que se escondían.

¡El espectacular armamento de nuestro sistema inmune!

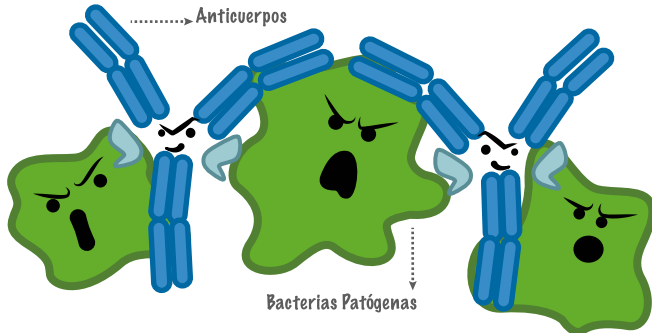
Fagocitosis



Citotoxicidad



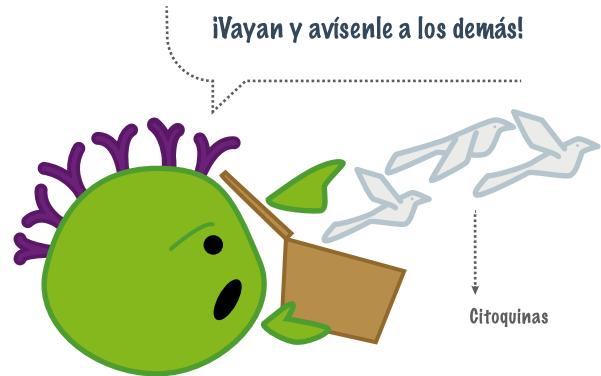
# Atrapando al enemigo (Anticuerpos)



Otra forma de bloquear a los microorganismos patógenos lo llevan a cabo los linfocitos B, liberando grandes cantidades de anticuerpos. ¿Alguna vez has jugado ajedrez? Los anticuerpos serían como los peones: su función es bloquear y marcar al enemigo, para que sea devorado por otro aliado más potente y más grande.

## Reclutando más células (Citoquinas)

Hay otras células, como lo son los linfocitos T colaboradores y los linfocitos NKT, que, cuando las células dendríticas les avisan que hay un microorganismo que pudiera hacernos daño, se encargan de liberar gran cantidad de citoquinas, pequeñas moléculas que serían como las palomas mensajeras del sistema inmune: activan a otras células, les cuentan dónde está el invasor, que traigan más compañía y que ataquen con todas sus fuerzas.





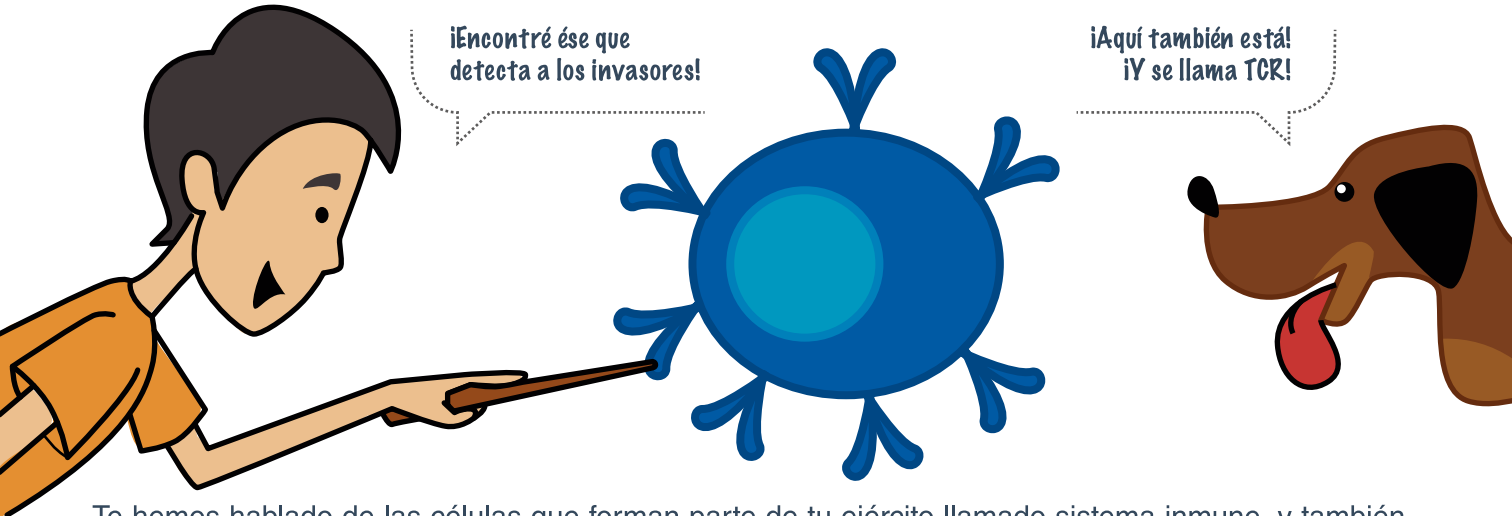
1.6

---

La clave es el  
reconocimiento!

---

# ¡La clave es el reconocimiento!



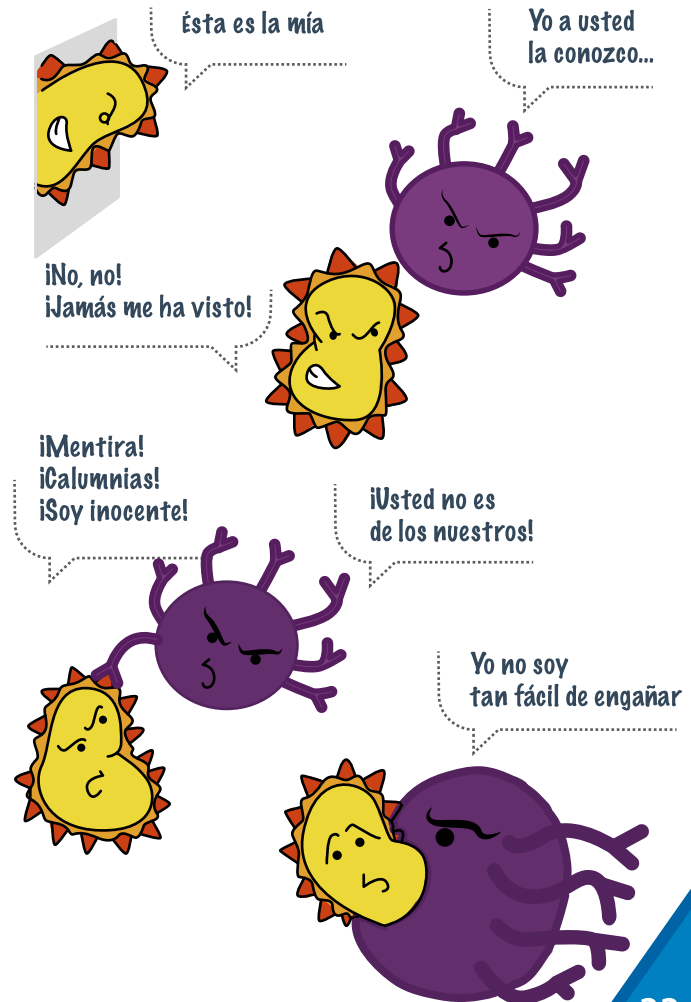
Te hemos hablado de las células que forman parte de tu ejército llamado sistema inmune, y también te comentamos sobre las armas que utiliza para defenderte. Sin embargo, queda preguntar ¿cómo es que nuestro sistema inmune logra distinguir al enemigo del aliado? ¡La clave es el reconocimiento!

Las células de nuestro sistema inmune presentan distintos receptores de membrana; en palabras simples, serían pequeños brazos de las células que cumplen distintas funciones. Algunos de estos receptores funcionan como radares, que al detectar alguna partícula que tengan clasificada como peligrosa, proceden a atacar.

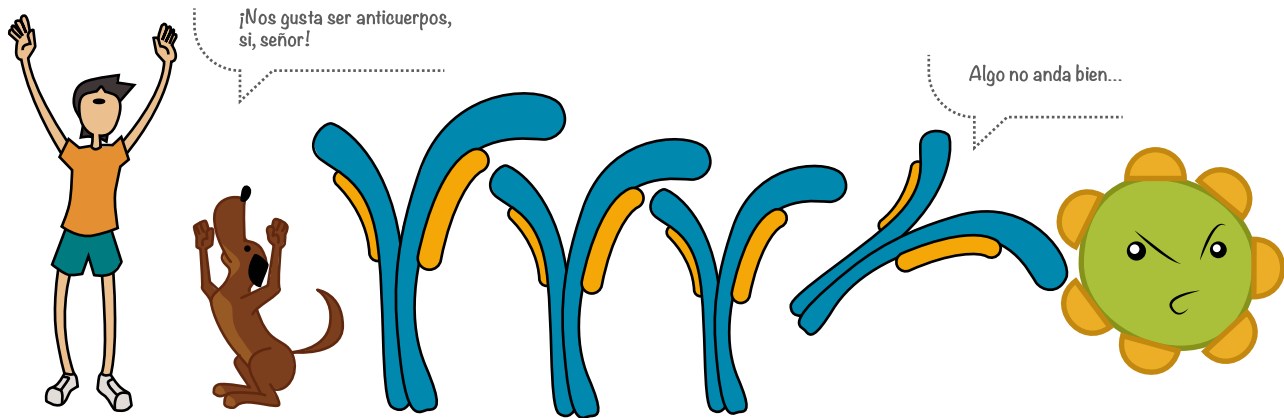
# ¿Amigo o enemigo?

Cuando una bacteria patógena entra a nuestro organismo, se encuentra con células de nuestro sistema inmune que son capaces de reconocer microorganismos invasores. Estas células pertenecen a lo que llamamos inmunidad innata y poseen receptores de reconocimiento de patrón (PRR), los cuales pueden reconocer características especiales presentes en los microorganismos patógenos (los cuales llamamos patrones moleculares del patógeno o PAMPs).

Tan pronto ocurre el reconocimiento, la célula inmune comienza el proceso para devorar al enemigo, es decir, fagocitar a la bacteria y, así, destruir en su interior. También, se le avisa a otras células del sistema inmune para que haya un estado de alerta (lo que conocemos como inflamación). Pero ya hablaremos de eso cuando aprendamos sobre las redes sociales del sistema inmune.



# Siempre hay que tener un plan B



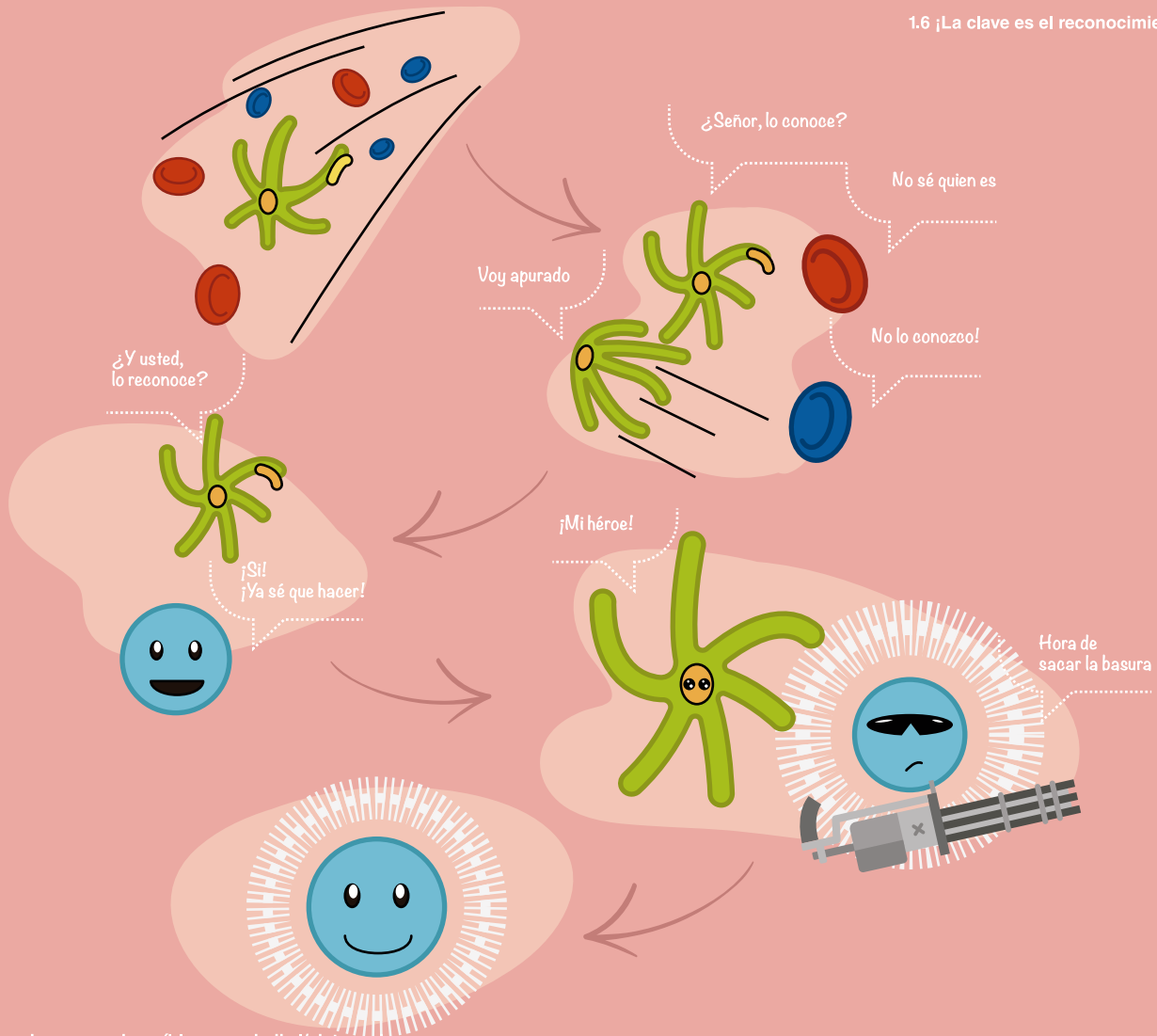
Si esto no es suficiente, en nuestra sangre circulan distintos tipos de anticuerpos, algunos de los cuales son capaces de unirse a los microorganismos y “marcarlos” para que otras células fagociten al microorganismo. Además, también viajan por nuestro cuerpo un grupo de proteínas denominado sistema del complemento, que también son capaces de destruir patógenos.

Sin embargo, la cantidad de células inmunes que reconocen “innatamente” los PAMPs de los patógenos no son suficientes, no son específicas para un patógeno invasor en particular, y no generan memoria inmunológica! Para poder generar una respuesta potente y con memoria (recuerda lo que vimos en el capítulo 1.2) es necesario recurrir a un grupo de células del sistema inmune adaptativo: los linfocitos T y los linfocitos B.

# Tus Linfocitos, tus mejores guardianes

Cuando una célula dendrítica fagocita y destruye una bacteria, muestra un pedacito de ella en su superficie para avisarles al resto del sistema inmune que pueden haber más bacterias de ese tipo cerca. Así, viaja hacia un ganglio linfático, lugar donde se reúnen las células del sistema inmune, y le mostrará el resto de la bacteria a cuanta célula pueda. En algún punto, podrá presentarle el fragmento de bacteria a algún linfocito T, el que podrá entrar en “modo ataque masivo” contra ese tipo de bacteria, siempre que uno de sus receptores, llamado TCR, logre acoplarse correctamente al fragmento.

La célula dendrítica podría activar un linfocito T de tipo citotóxico, que irá a atacar a las demás células que presenten ese mismo tipo de fragmento de bacteria; o bien, podría activar un linfocito T ayudador, quien se encargará de ir a activar a los linfocitos B cuyos receptores BCR calcen correctamente con el segmento de bacteria, y así producir gran cantidad de anticuerpos que neutralicen ese tipo de bacteria.



# 1.7

---

## Redes sociales de nuestro sistema inmune y autorregulación

---

# ¡Sistema Inmune! ¡Con Inmuno-WhatsApp incluido!

Imagina que vives en una de las grandes ciudades de nuestro país. Ahora, imagina que quieres mostrar a tus amigos el nuevo juego electrónico que te acaban de regalar, pero todos ellos viven en el otro extremo de la ciudad. Tienes dos opciones: Viajar con tu juego y visitar a todos tus amigos, lo que requeriría mucho tiempo y esfuerzo; o mandarles un mensaje con una foto a sus computadores o celulares, sin gastar dinero en el pasaje.

Nuestro sistema inmune se ve en la misma situación cuando quiere avisar a las demás células que ha llegado un posible enemigo. Tomaría mucho tiempo que las células encargadas de presentar a los patógenos (llamadas células presentadoras de antígeno) viajen por todo tu cuerpo y vayan avisando, una por una, a las demás células del sistema inmune. ¿No sería más fácil llamarlas al sitio donde está ocurriendo la acción? ¡Y así ocurre! ¡Nuestro cuerpo tiene su propio propio sistema de mensajería!



¡Me demoraré poco  
en ir a contarles a mis amigos  
sobre el sistema inmune!



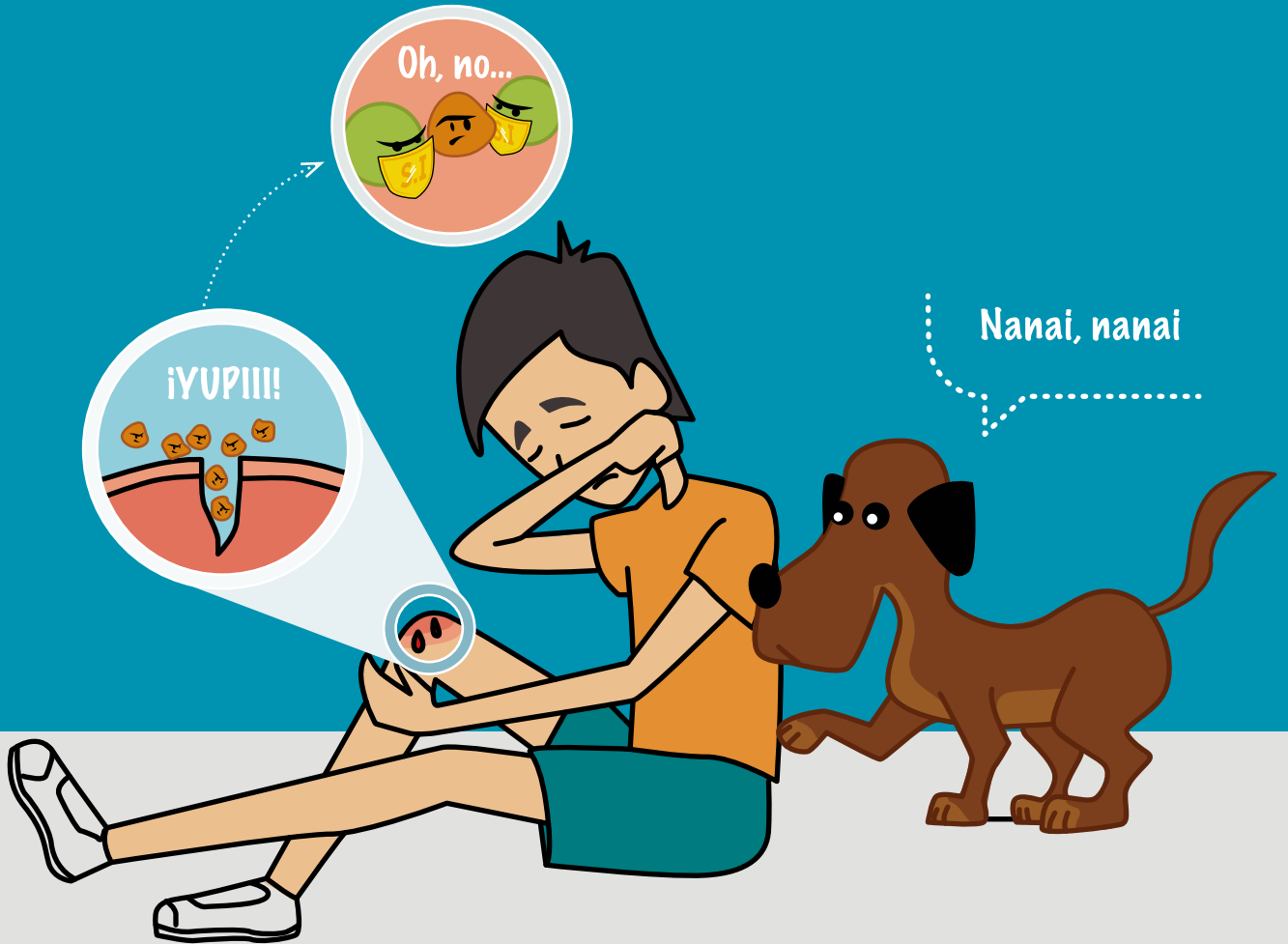
No me arriesgaré...



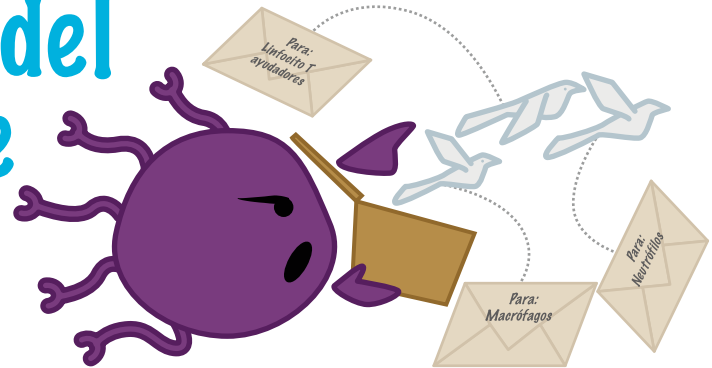
# Siempre atentos, siempre listos

Cuando sin querer, te haces una herida que rompe tu piel, tu sistema inmune se pone en marcha desde el primer momento con tal de protegerte a ti y a todo tu cuerpo.

La herida es una entrada al interior de tu cuerpo, y las bacterias que nos rodean, ni tontas ni perezosas, se aprovechan de esa oportunidad, e ingresan al lugar en que te heriste. No pienses que entra solo una, ¡entran miles! Pero justo al momento de entrar, se encuentran con algunos de nuestros guardianes del sistema inmune, como macrófagos y células dendríticas, encargadas de devorarlas. Sin embargo, por muy buenas que sean en su trabajo, necesitan apoyo de sus compañeras...



# Citoquinas, las mensajeras del Sistema Inmune



Después que un macrófago logra destruir alguna de las bacterias, debe avisar a sus compañeros que el peligro está cerca, por lo que libera grandes cantidades de unas sustancias llamadas citoquinas. Las citoquinas son como nuestras palomas mensajeras: viajarán por nuestra sangre a gran velocidad, encontrando a el o los destinatarios que le corresponda, y les entregará el mensaje. En el caso de nuestro amigo macrófago, él libera citoquinas para llamar a más neutrófilos, que son otro tipo de leucocitos, para que asistan a defender la zona de la herida.

Sin embargo, nuestro sistema inmune prefiere asegurarse y conseguir tanta ayuda como sea posible.

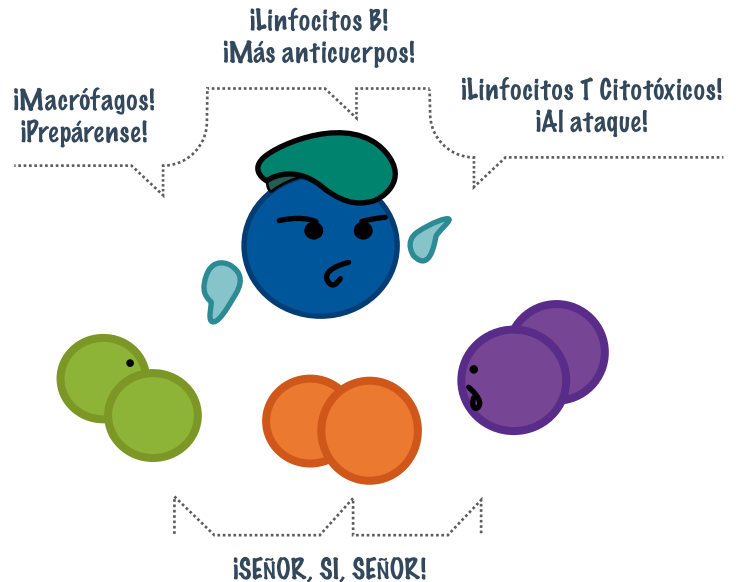
Nuestro macrófago sale a la búsqueda de un linfocito T ayudador que logre reconocer a la bacteria que internalizó. Esta interacción es sumamente importante, ya que los linfocitos T ayudadores son los verdaderos comandantes de la batalla: coordinan e indican a las células del sistema inmune adaptativo cómo deben actuar frente a la invasión de bacterias que está ocurriendo.

# Coordinando las fuerzas...

Así, los linfocitos T ayudadores comienzan a liberar muchos y distintos tipos de citoquinas para activar a tantas células como sea posible. Algunos mensajes irán a los macrófagos, indicándoles que se activen y preparen para la batalla...

Otros irán a los linfocitos B, diciéndoles que comiencen a producir anticuerpos para neutralizar a los enemigos...

Y otras citoquinas irán a los linfocitos T citotóxicos, ordenándoles que deben eliminar a las células que estén infectadas.



# Las citoquinas trabajan en todo tu cuerpo

¿Alguna vez te has enfermado y tenido fiebre? ¿Recuerdas que también te dolía todo el cuerpo? Como las citoquinas viajan por todo el cuerpo, también pueden encontrar otras células, que no forman parte del sistema inmune, para que echen una mano.

Por ejemplo, la citoquina TNF también llega a tu cerebro, causando que tengas fiebre, ya que algunas bacterias se entorpecen cuando sube la temperatura y, por lo tanto, son más fáciles de atacar; las citoquinas IFN logran aumentar la defensa contra los virus; mientras que la citoquina IL-6 le avisa al hígado que libere las llamadas proteínas de fase aguda, las que preparan a todo tu sistema para la batalla, y eso causa dolor en tu cuerpo



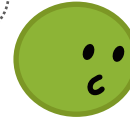
# Hay que terminar la batalla

Como ninguna batalla dura para siempre, el ataque de nuestro sistema inmune contra los invasores también desaparece.

Al ir eliminando a los microorganismos patógenos, van quedando menos señales que estimulen a las células para ir a atacar y defender al organismo.

Además, las células que ya cumplieron su labor de ataque, al no tener más enemigos a los que atacar, entran en un proceso de muerte programada, llamada apoptosis, a modo de no atacar sin motivo.

¿Viste algún patógeno por acá?



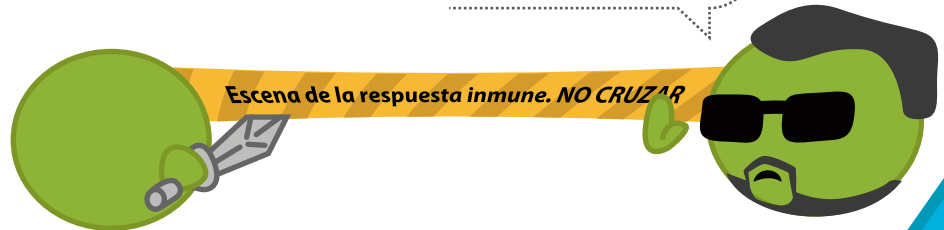
Parece que se fueron todos...



¡Por fin se acabó!  
¡Ahora puedo descansar!



Lo siento, ya se acabó.  
¡De vuelta a casa, amigo!



## Segunda Parte

# 2.1

---

**Microorganismos patógenos  
que causan enfermedades:  
Bacterias, virus,  
parásitos y hongos**

---

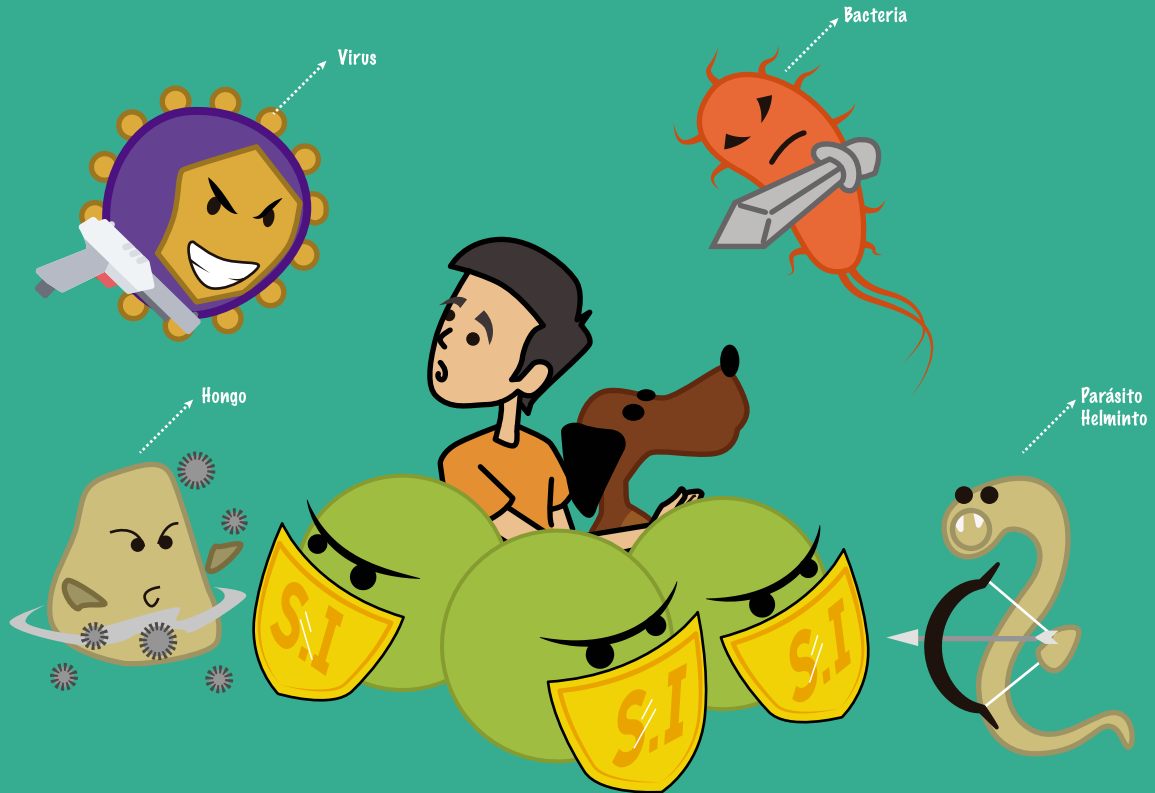


# ¡Se buscan! ¡Gérmenes, los causantes de las enfermedades!

Las enfermedades han estado acompañándonos desde que surgimos como especie. Durante gran parte de nuestra historia, la gente consideraba que las enfermedades, mayoritariamente infecciosas, eran causadas por espíritus malignos que nos rondaban, un castigo divino, un desequilibrio de los líquidos que conforman el cuerpo. Fue sólo en la época de Louis Pasteur que comenzó a descubrirse que muchas enfermedades que aquejaban a las poblaciones del mundo eran causadas por microbios.

Las enfermedades infecciosas son causadas por microorganismos invisibles llamados patógenos (o, comúnmente, gérmenes) que entran a nuestro cuerpo y se multiplican dentro.

En general, los gérmenes que pueden llevar a enfermarnos son de distintos orígenes. Así, podemos ser atacados por bacterias, virus, hongos y parásitos.



# Sospechosos #1: Las Bacterias

Las bacterias que nos causan enfermedades pueden vivir dentro o fuera de nuestras células. Las primeras, llamadas extracelulares, pueden atacarnos ya sea por su mera presencia, causando inflamación, o liberando sustancias llamadas toxinas, que envenenan y entorpecen a las células vecinas. En el caso de las segundas, llamadas intracelulares, generan daño con su sola presencia y, en especial, con su habilidad de ocultarse dentro de las células.

Nuestro sistema inmune se encarga de eliminar a las bacterias mediante la fagocitosis de ellas y neutralizando a las toxinas que producen, a través de la producción de anticuerpos que atrapan y no sueltan a las toxinas.

En el caso de las bacterias intracelulares, se requiere artillería pesada. Son las células NK y los linfocitos T citotóxicos los encargados de detectar y destruir las células infectadas, y así, revelar dónde se ocultan estas malechoras.

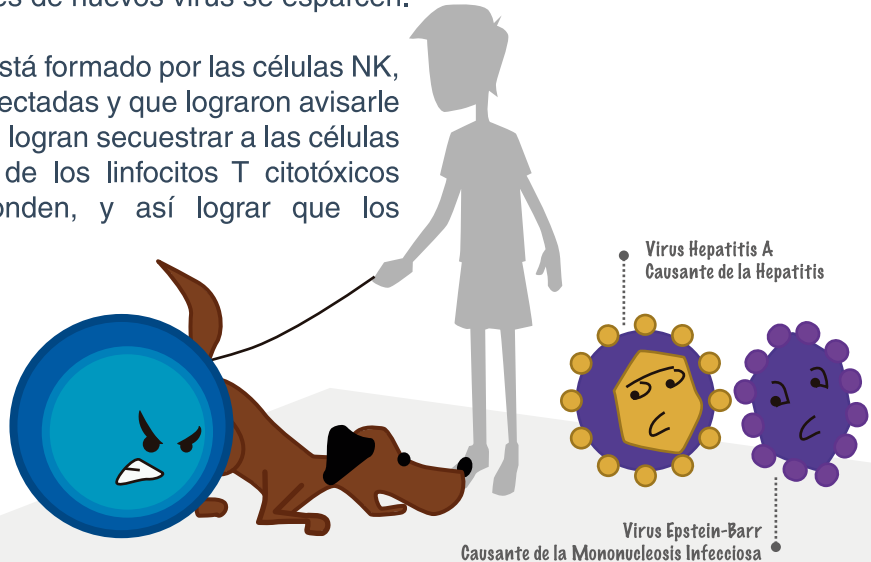


## Sospechosos #2: Los Virus

Los virus son los principales microorganismos que, para sobrevivir, requieren vivir dentro de las células, y así poder multiplicarse. Al entrar, interfieren con el correcto funcionamiento de nuestras células, robándole sus recursos para multiplicarse. Una vez lograda su meta, causan la muerte de la célula y millones de nuevos virus se esparcen.

El equipo de defensa contra los virus está formado por las células NK, que destruyen células que han sido infectadas y que lograron avisarle a las células NK. Pero cuando los virus logran secuestrar a las células y mantenerlas en silencio, es labor de los linfocitos T citotóxicos romper las células donde se esconden, y así lograr que los anticuerpos neutralicen a los virus.

¡Vamos! ¡Que no se nos escapen!



# ¡Extra! ¡El más buscado:VIH! ¡Recompensa vivo o muerto!

Uno de los virus más conocidos en nuestra época es el Virus de la Inmunodeficiencia Humana, también llamado VIH. Este es uno de los peores criminales: su sitio de escondite y que luego destruye, son los linfocitos T ayudadores, los comandantes de la respuesta inmune.

Si no tenemos suficientes comandantes, no hay quien le diga a las demás células a quién o dónde o cómo ir a atacar. Así, cuando el VIH logra destruir muchos linfocitos T ayudadores, la persona entra en un estado llamado SIDA: Síndrome de InmunoDeficiencia Adquirida.

Es importante que sepas que el VIH sólo se transmite por contacto directo con la sangre. No puedes contagiarte si abrazas o, incluso, besas a una persona que porte el VIH. Las personas que viven con VIH son tan normales como tú o como yo, y aunque aún no existe cura, sí pueden vivir muchos años, gracias a las terapias con fármacos actuales disponibles.



¡Quizás tú seas quien logre descubrir la cura!



¡Aún no hay una cura, pero lo importante es seguir buscando!



## Sospechosos #3 y #4: Los Hongos y los Parásitos

En general, las personas con un buen estado de salud, son resistentes a los distintos hongos que podemos encontrar en el medio ambiente. Sin embargo, personas con un sistema inmune más débil, ya sea por la edad, otras enfermedades (como es el SIDA), o por tratamientos especiales (como las personas con leucemia), son más susceptible a tener enfermedades causadas por hongos.

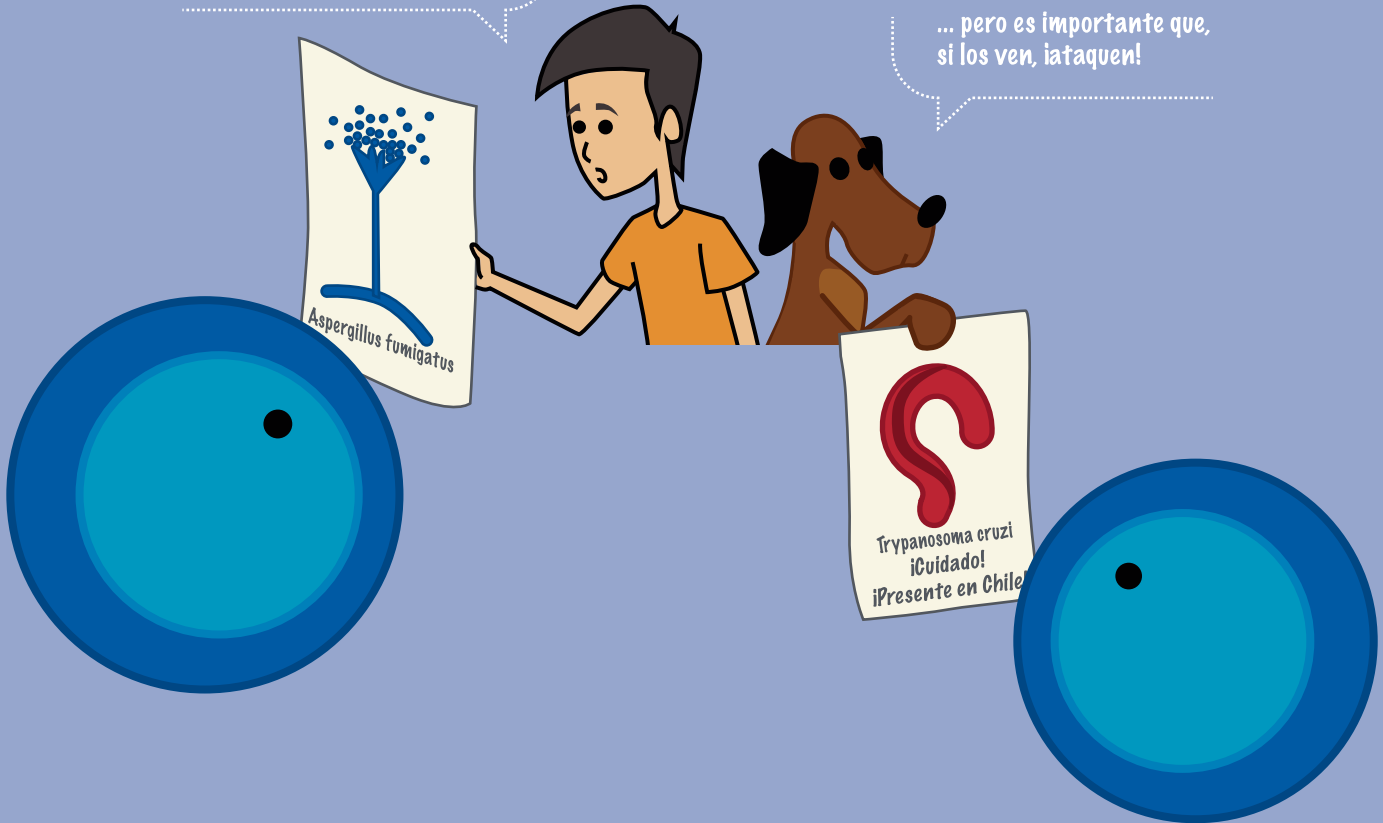
Son los neutrófilos y macrófagos, en primera línea, y los linfocitos T citotóxicos y ayudadores, en segunda línea, los encargados de desarticular cualquier ataque que pueda causar algún hongo invasor.

En el caso de los parásitos, estos invasores, en su mayoría, alternan sus lugares de residencia entre humanos y otros animales. Algunos parásitos son fácilmente bloqueados por nuestro sistema inmune (como sucede cuando grandes cantidades de eosinófilos bloquean a un helminto), otros pueden sobrevivir y esconderse tan bien, que no logran ser eliminados.

Si bien la mayor parte de los casos se dan en países en vías de desarrollo, no estamos totalmente libres. Factores como el clima (en el caso de la malaria), la ingesta de carnes mal cocidas (en el caso de la triquinosis), o nuestra propia higiene (en el caso enterobiasis), son fundamentales para evitar que nos contagiemos.

Lo más probable es que no nos  
causen daño, si estamos sanos...

... pero es importante que,  
si los ven, ¡ataquen!





## 2.2

---

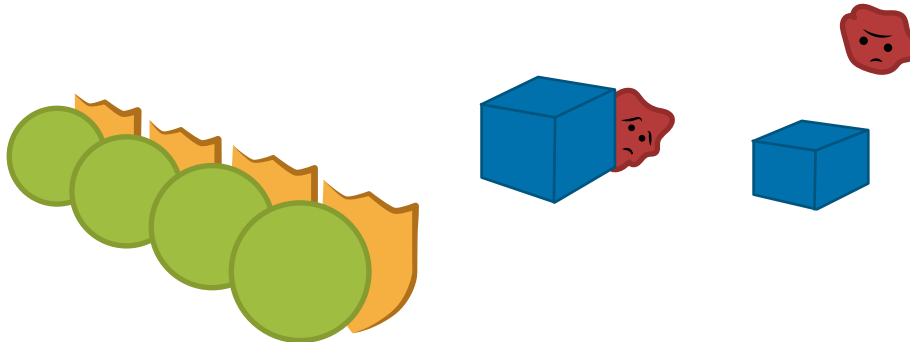
**Las vacunas nos protegen de patógenos que se esconden de nuestro sistema inmune**

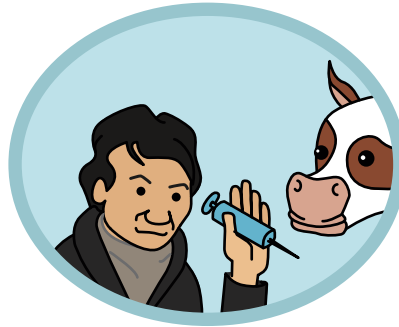
---

## Las vacunas nos protegen de patógenos que se esconden de nuestro sistema inmune

Los microorganismos que nos causan enfermedades tratan de esconderse de nuestro sistema inmune. Al vacunarnos, nuestro sistema inmune se entrena para reconocer de mejor manera a estos microorganismos patógenos, y de esta forma poder eliminarlos y protegernos contra graves enfermedades.

Muchas enfermedades son prevenibles por vacunas. Si muchas personas dejan de vacunarse contra ellas, los microorganismos patógenos se propagan fácilmente, causando graves epidemias. Las personas que no pueden ser vacunadas, por problemas con su sistema inmune o por ser alérgicas, dependen de los demás para protegerse, ya que si muchas personas son inmunizadas contra un patógeno, este no puede propagarse (esto es lo que se conoce como inmunidad colectiva).





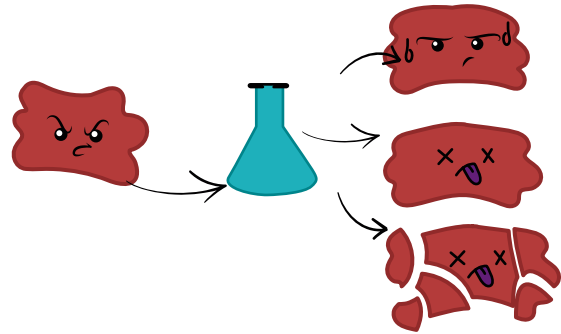
Una de las primeras personas que logró desarrollar con éxito una vacuna fue Edward Jenner, médico y científico inglés, quien a fines del siglo XVIII observó que al inyectar a personas con el virus de la viruela que afectaba a las vacas, estas personas se volvían inmunes contra la viruela humana. Con su descubrimiento se salvaron millones de vidas ya que la viruela afectaba a muchas personas en ese entonces.

Unos años después, fue el químico y microbiólogo Louis Pasteur quien desarrolló la primera vacuna preparada en un laboratorio, esta vez utilizando bacterias que provocan cólera, pero debilitadas. De esta forma, el sistema inmune es capaz de detectar la bacteria sin que ésta sobrepase nuestras defensas. Además de la vacuna contra la cólera, Pasteur desarrolló vacunas contra el ántrax y la rabia.



# Entonces, ¿cómo funcionan realmente las vacunas?

Las vacunas son como un entrenamiento para tu sistema inmune. Para fabricar las vacunas, se utilizan los virus y bacterias que causan las enfermedades, pero de forma atenuada, inactiva, o simplemente se usan fragmentos de ellos o las sustancias que producen. Esto permite que el sistema inmune pueda vencerlos fácilmente, y que la próxima vez que se encuentre con el patógeno, lo reconozca rápidamente por el efecto de memoria y pueda actuar contra éste y librarte de la enfermedad.



De esta forma, gracias a las vacunas se ha logrado hoy en día disminuir la aparición de enfermedades que en otro tiempo podían llegar a ser muy graves, como la poliomielitis, el sarampión y el tétano. La viruela es la única enfermedad que ha sido erradicada en todo el mundo hasta ahora (y gracias a las vacunas!), pero se está trabajando para lograr lo mismo con otras enfermedades.

## 2.3

---

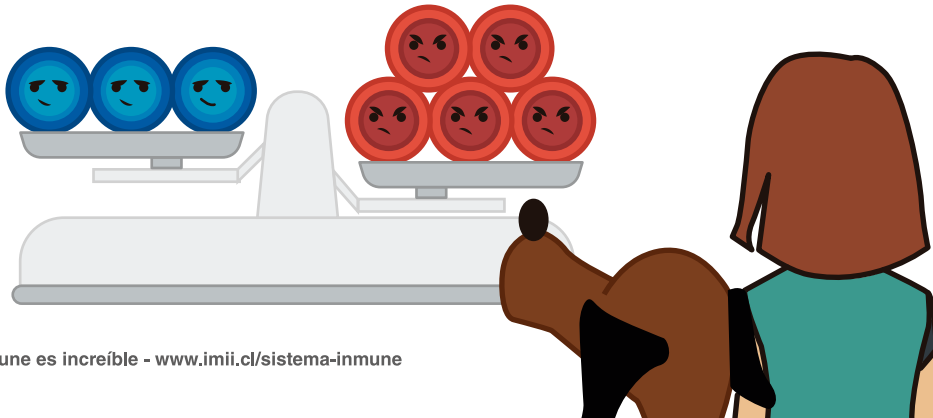
**Cuando nuestro sistema  
inmune ataca lo propio se  
produce autoinmunidad**

---

# ¿Qué es una enfermedad autoinmune?

Ya sabemos que el sistema inmune es nuestro aliado, siempre preparado para protegernos de amenazas externas. Pero, ¿qué pasaría si las células del sistema inmune reconocieran nuestro propio cuerpo como algo extraño y peligroso? Este fenómeno se conoce como **autoinmunidad** y se produce por una falla en algunas células de nuestro sistema inmune. El proceso que evita que el sistema inmune ataque tejidos propios se conoce como tolerancia. Una falla en este proceso desencadena autoinmunidad, donde existen más células que nos atacan que las que nos protegen.

Si esta reacción autoinmune no es controlada a tiempo puede que los tejidos propios sean atacados cada vez por más y más células del sistema inmune, generando un nivel importante de daño. Esto es lo que se conoce como una enfermedad autoinmune.



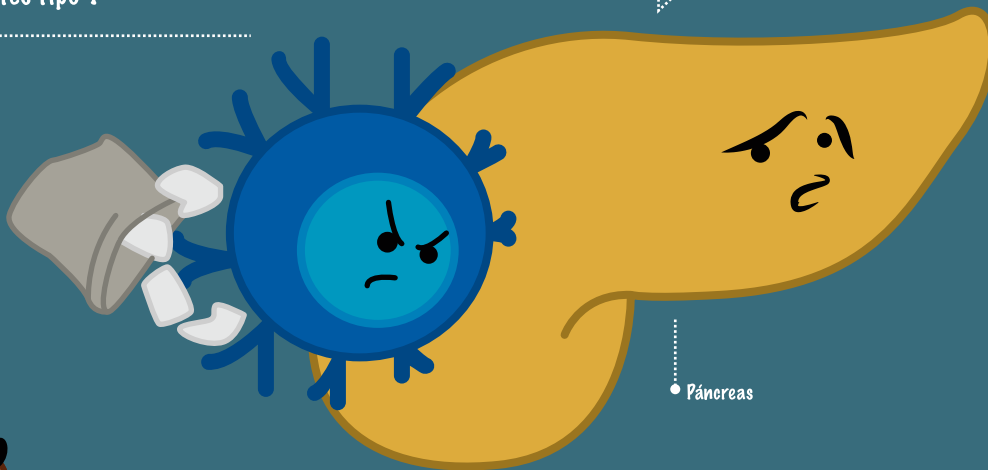
# ¿Cuáles enfermedades autoinmunes existen?

Algunas enfermedades autoinmunes afectan ciertos órganos de nuestro cuerpo de forma específica. Por ejemplo, en la **diabetes tipo 1** resultan dañadas las células del páncreas encargadas de producir insulina en nuestro organismo; esta hormona ayuda a mantener niveles de azúcar adecuado en nuestra sangre, por lo tanto al dañar estas células se tiene un aumento desmedido del azúcar en la sangre. Existe también una enfermedad autoinmune llamada **vitiligo**, la cual se puede distinguir por la aparición de manchas blancas en la piel. Esto es debido a que el sistema inmune ataca a los melanocitos, células especializadas que dan el color a la piel y el cabello. En la **esclerosis múltiple** es afectada una capa que recubre a las neuronas, por lo que se generan problemas a la visión, de memoria y debilidad muscular, entre otros.

En otras enfermedades autoinmunes son afectados muchos órganos y tejidos por lo que se llaman enfermedades autoinmunes sistémicas. Una de ellas es el **lupus eritematoso sistémico** en el cual se ataca el material genético de todas las células de nuestro cuerpo. También existe la **artritis reumatoide** en la cual se dañan principalmente las articulaciones como las que tenemos en las manos, rodillas y pies.

Cuando existe autoinmunidad se generan enfermedades como la diabetes tipo 1

¡No me ataques!  
¡Somos del mismo equipo!



• Páncreas



## 2.4

---

# Investigación científica para tratar enfermedades autoinmunes

---

# Entonces, ¿qué tratamientos hay para las enfermedades autoinmunes?

Actualmente, existen diversos tratamientos para tratar enfermedades autoinmunes, pero que lamentablemente sólo alivian los síntomas. Todos ellos se basan en fármacos conocidos como **inmunosupresores**, los cuales suprimen la respuesta inmune en forma generalizada.

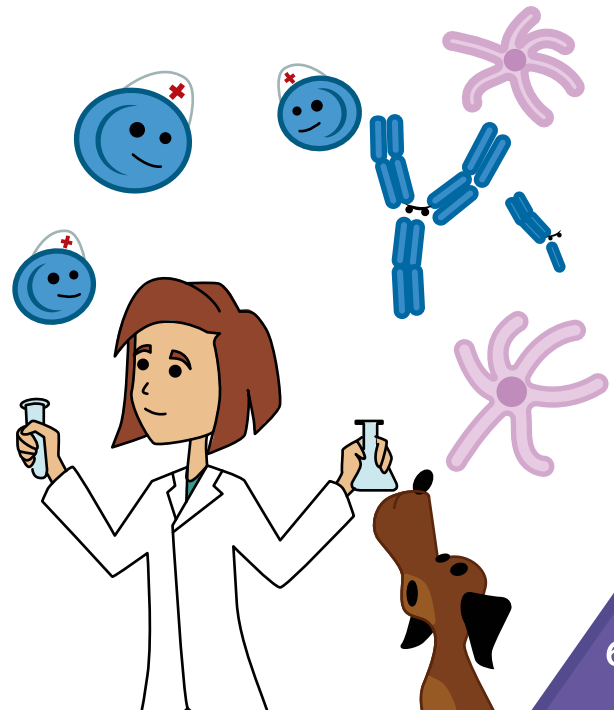
Además, estos fármacos generan efectos secundarios a largo plazo y pueden dar paso a “infecciones oportunistas”, ya que nuestro organismo queda más desprotegido debido a la **inmunosupresión**. Sin embargo, es el tratamiento más efectivo que se tiene hasta ahora y son ampliamente utilizados en pacientes que sufren de estas enfermedades.



# La investigación científica también intenta dar una respuesta

La investigación científica en autoinmunidad es muy importante ya que busca encontrar tratamientos que logren combatir la causa de la enfermedad. Nuestras investigaciones en el Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia han desarrollado nuevas terapias que buscan volver a equilibrar la balanza de la respuesta inmune.

Actualmente, se están intentando desarrollar dos tipos de terapias contra la autoinmunidad, las cuales buscan suprimir sólo a aquellas células inmunes que dañan a nuestro organismo, sin afectar al resto de nuestras células inmunes que nos protegen.



## 2.5

---

¿Qué es la alergia? ¡Ashu!

---

# ¿Qué es la alergia?

En algunas personas, su sistema inmune puede generar una reacción muy fuerte contra sustancias que no son peligrosas para nuestro cuerpo, provocando síntomas desagradables como estornudos constantes, dificultad para respirar, entre otras. Esto es lo que conocemos como alergia, y las sustancias que la provocan se llaman alérgenos. Ejemplos de alérgenos comunes son el polen, el maní, el plátano oriental, el litre, algunos medicamentos, etc. Podríamos decir que en las personas alérgicas, su sistema inmune genera una falsa alarma, ya que estos compuestos son inofensivos para el cuerpo.

Los alérgenos provocan la activación de células especiales del sistema inmune como mastocitos, eosinófilos y basófilos. Estas células liberan sustancias llamadas histaminas que generan los síntomas molestos de la alergia.



# ¿Cómo entran los alérgenos a nuestro cuerpo?

Debido a que los alérgenos tienen distintas maneras de ingresar a nuestro cuerpo, es muy probable que una persona alérgica presente síntomas con frecuencia, ya que es muy difícil no tener contacto con estos. Entre las vías de ingreso de los alérgenos encontramos:



**Piel:** A algunas sustancias les basta con “tocarnos” para poder desatar la alergia. Ejemplos de ellas son algunas plantas, caspa de animales, polen y algunos productos sintéticos como el látex.



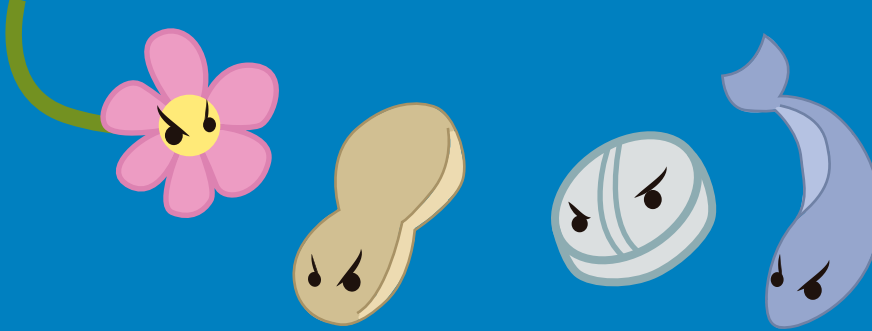
**Parenteral:** Aunque la palabra suena un poco rara, en palabras simples consiste en que el alérgeno ingresa rápidamente a la circulación sanguínea debido a la inyección de algún medicamento o a la picadura de un insecto.



**Ingestión:** Algunos alimentos tienen mala fama por generar alergia, como el maní, el huevo, el pescado, los mariscos, entre otros. ¡Pero recuerden que sólo afectan a algunas personas, así que no en todos es excusa para no comerse la comida!



**Inhalación:** Respirar algunas cosas como polvo, polen, o caspa de animales también puede causar alergia.



Pero, si somos tan vulnerables

**¿cómo nos protegemos?  
¿Hay alguna cura para la alergia?**

¡Vamos a ver!

Protegerse contra todos los tipos de alérgenos es bastante difícil



2.6

---

¿Podemos curar la alergia?

---



# ¿Podemos curar la alergia?

Lamentablemente, en la actualidad no existe una cura definitiva para tratar la alergia, pero existen tratamientos que nos ayudan a disminuir sus síntomas.

La mejor forma de prevenir la alergia causada por un alérgeno es tratar en lo posible de reducir el contacto con este. Esto es fácil para el caso de alimentos que puedan ser alérgenos, pero lamentablemente es casi imposible para sustancias alérgenas presentes en el ambiente.

Dentro de los tratamientos actualmente disponibles, encontramos algunos medicamentos que ayudan a reducir los síntomas molestos provocados por la alergia, los cuales se conocen anti-histamínicos.

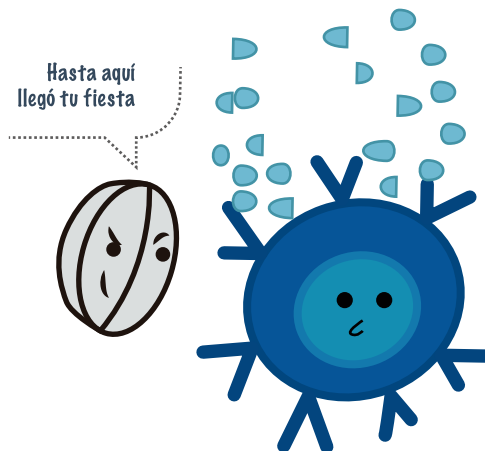


# Tratando la alergia

Los anti-histamínicos son medicamentos utilizados para reducir o eliminar los efectos causados por la alergia y actúan bloqueando la acción de la histamina. Estos medicamentos ayudan a reducir los estornudos, la congestión nasal y la comezón.

La inmunoterapia es un tratamiento que consiste en administrar cantidades pequeñas del alérgeno en dosis crecientes, para finalmente lograr que no se genere una respuesta inmune para éste. Lamentablemente este tipo de tratamiento es muy largo, requiriendo entre 3 a 5 años.

En el Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia estamos en busca constante para nuevos tratamientos efectivos para la alergia. ¡Visita [www.imii.cl](http://www.imii.cl) para conocer mas de estos proyectos!



## 2.7

---

**¿Nuestro sistema inmune  
es capaz de defendernos  
contra el cáncer?**

---

# ¿Nuestro sistema inmune nos puede defender del cáncer?

El cáncer es una enfermedad, en la cual algunas células normales se convierten a células tumorales que comienzan a multiplicarse rápida y descontroladamente, generando un acumulo de estas mismas, el que conocemos como tumor.

Como vimos en los capítulos anteriores, el sistema inmune es capaz de reconocer microorganismos patógenos y distinguirlos de nuestras propias células. Pero, ¿cómo es que nuestro sistema inmune puede reconocer a las células de nuestro cuerpo que generan cáncer?

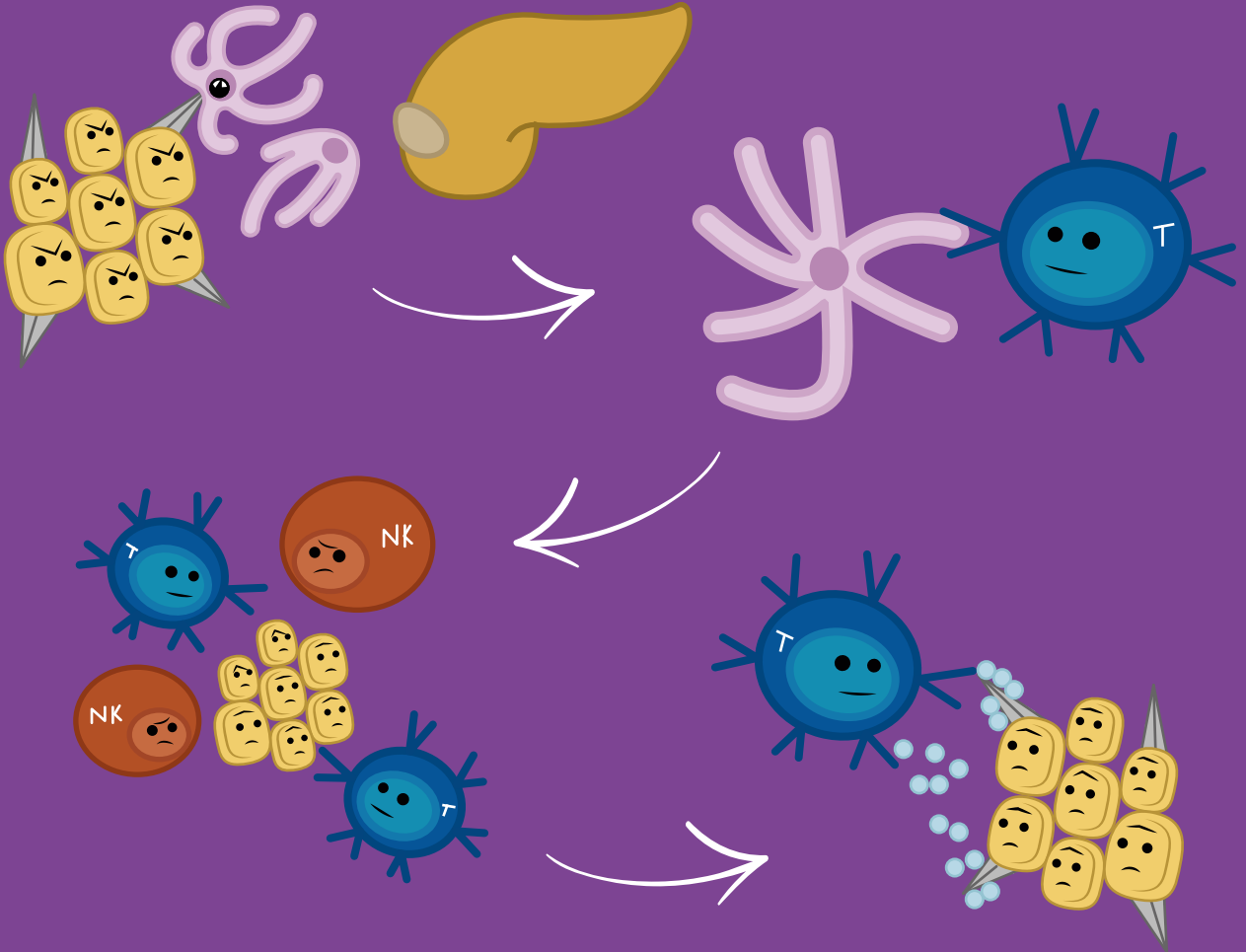
Las células cancerosas tienen características que las distinguen de las demás células de nuestro organismo, como la presencia de proteínas “tumorales” que no son producidas por las demás células, las cuales pueden ser reconocidas por las células del sistema inmune.



# ¡Sistema inmune al rescate!

Algunas células cancerosas, durante la multiplicación descontrolada, se destruyen y exponen proteínas “tumoraes”, las cuales son capturadas por células dendríticas. Luego de esto, las células dendríticas se activan y viajan a los ganglios linfáticos para iniciar la respuesta inmune antitumoral. En esta respuesta, participan linfocitos T citotóxicos y células NK que destruyen células tumorales directamente. También participan linfocitos B, los cuales generan anticuerpos para “marcar” células tumorales, y así favorecer el reconocimiento por otras células del sistema inmune.

A pesar, de que el sistema inmune puede defenderse del cáncer, hay ocasiones en que este se ve sobrepasado por la gran cantidad de células tumorales. Para ayudar a este cometido, existen nuevos tratamientos llamados “inmunoterapias para cáncer”, los cuales tiene el fin de aumentar la capacidad que tiene nuestro sistema inmune para combatir el cáncer.



2.8

---

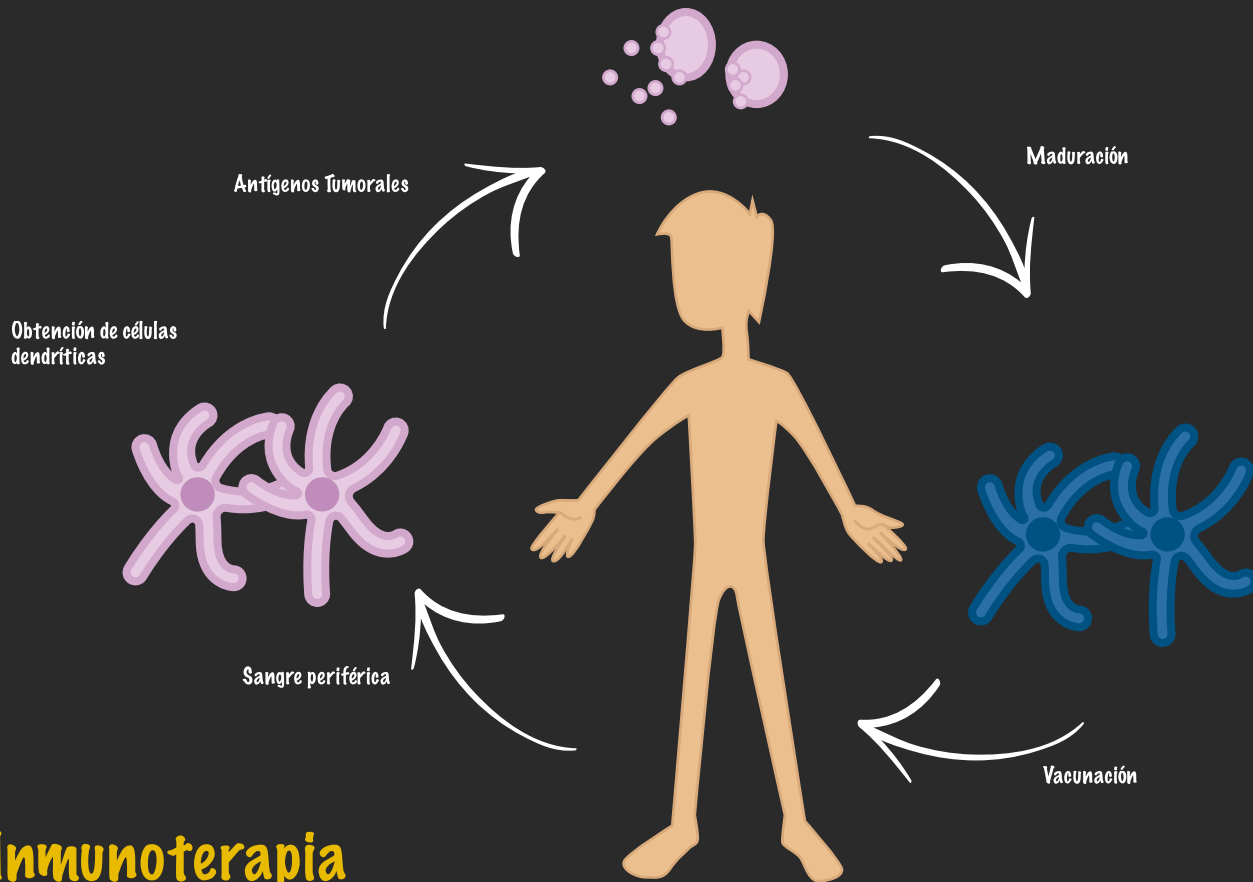
¿Qué es la inmunoterapia?

---

# La inmunoterapia nos ayuda a tratar ciertas enfermedades

La inmunoterapia consiste en un conjunto de estrategias de tratamiento que tienen como finalidad estimular y potenciar el sistema inmunitario frente a cáncer, alergias e infecciones. Por ejemplo, en el caso de un paciente con cáncer, es posible extraer algunas de sus células dendríticas, y en el laboratorio multiplicarlas y activarlas para que induzcan una mejor respuesta inmune contra ese cáncer. Estas células dendríticas pueden ser re-inyectadas luego a este paciente, y de esta forma potenciar la respuesta inmune anti-tumoral.

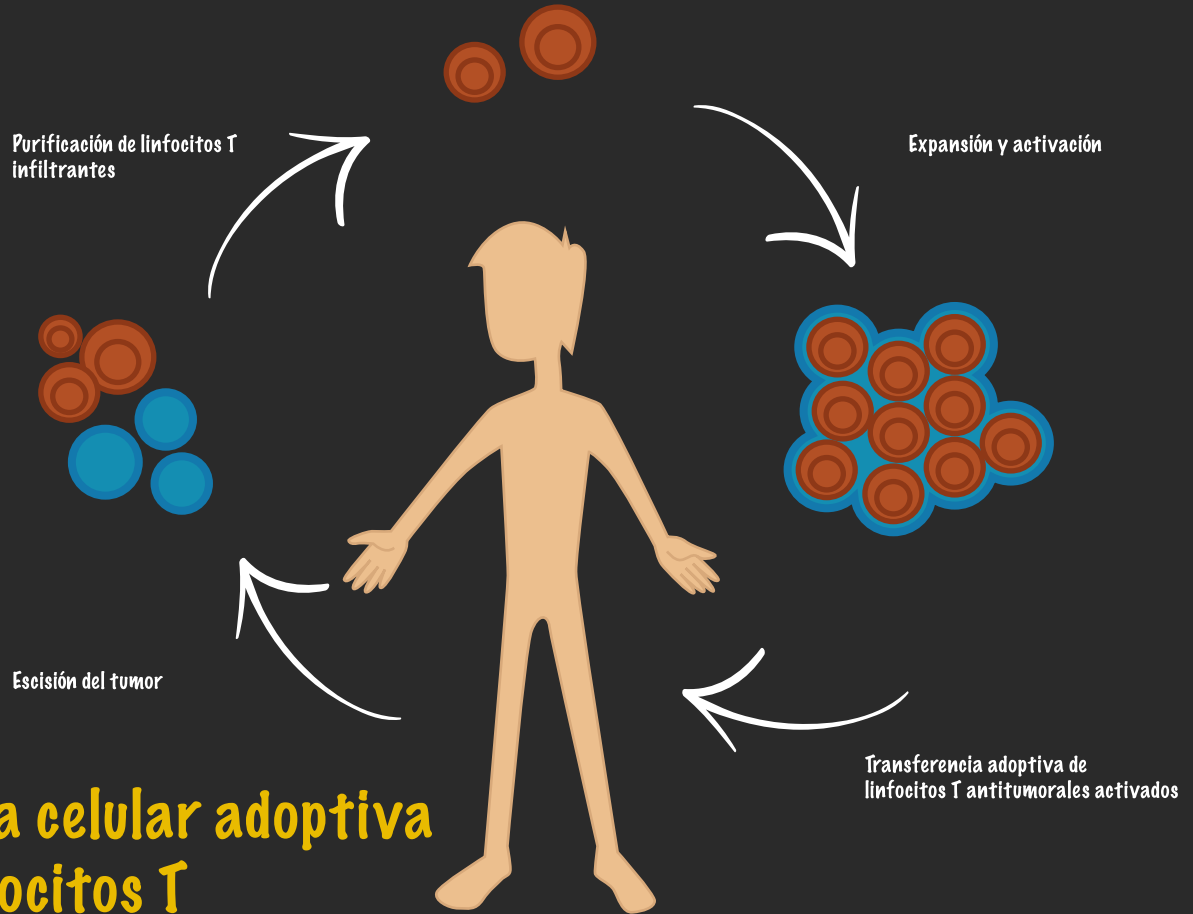




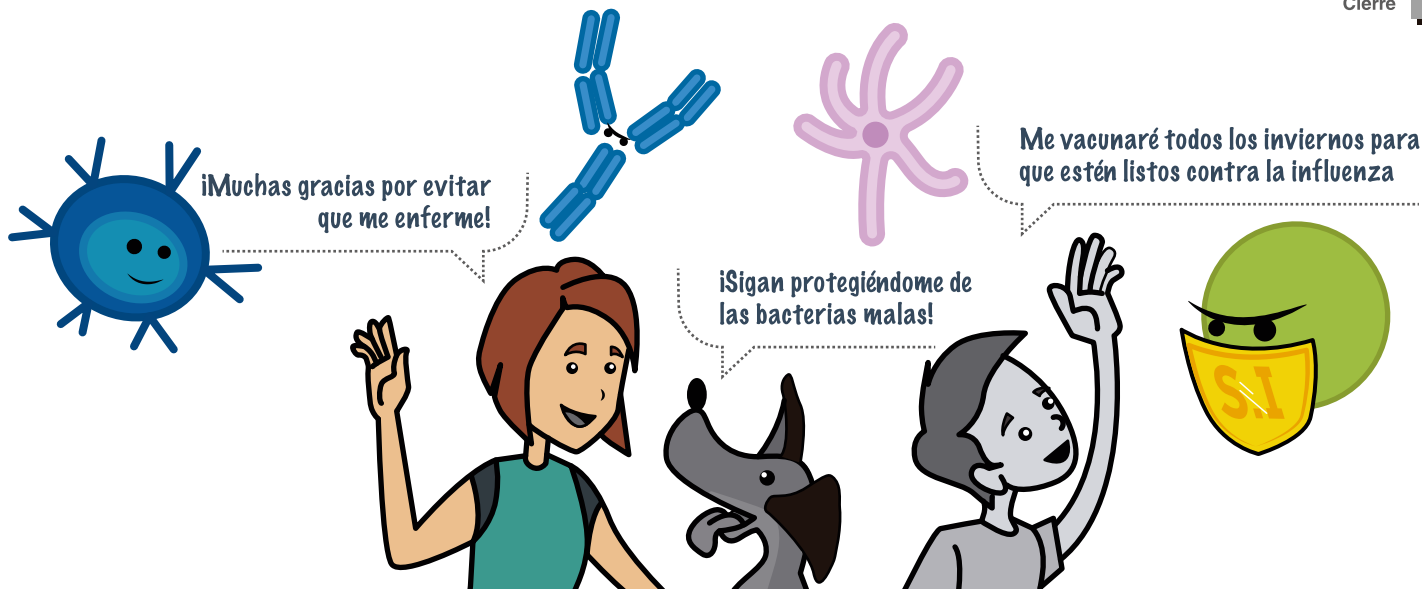
# Inmunoterapia con células dendríticas

# Inmunoterapia con linfocitos T específicos para tumores

Otro tipo de inmunoterapia es el uso de linfocitos T específicos. En este caso, y siguiendo con el ejemplo del paciente con cáncer, se extraen linfocitos T desde un pedacito del tumor (lo que conocemos como biopsia), y en el laboratorio se multiplican en grandes cantidades. Del mismo modo que para las células dendríticas, estos linfocitos T son re-inyectados al pacientes, para así ayudar a combatir el tumor.



# Terapia celular adoptiva de linfocitos T citotóxicos



Como podrás darte cuenta, nuestro sistema inmune trabaja silenciosamente y pero de una manera espectacular: Distintos órganos, tejidos, células y moléculas se encargan de protegernos contra los patógenos que quieren aprovecharse de nosotros y hacernos daños. Conocer más sobre cómo funciona, qué otras células podrían ser parte de este sistema y que aún no se hayan descubierto, cómo lograr vencer enfermedades que parecen invencibles, son algunas de las áreas que la investigación científica en Inmunología explora día a día. Te invitamos a conocer y saber más sobre el Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia, los científicos que trabajan, a qué se dedican, y como intentan mejorar la salud de las personas. Visita nuestra página web [www.imii.cl](http://www.imii.cl)



El Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia junto a la Iniciativa Científica Milenio y el Ministerio de Economía, te invitan a esta entretenida cruzada, donde aprenderemos la importancia de nuestro sistema inmune. Te invitamos a visitar [www.imii.cl](http://www.imii.cl) para que te enteres de los avances científicos que realizamos en Chile, orientados a mejorar la salud de las personas.