

Nuevo Explor@ndo



Biología

Ciencias Naturales

4º

Medio

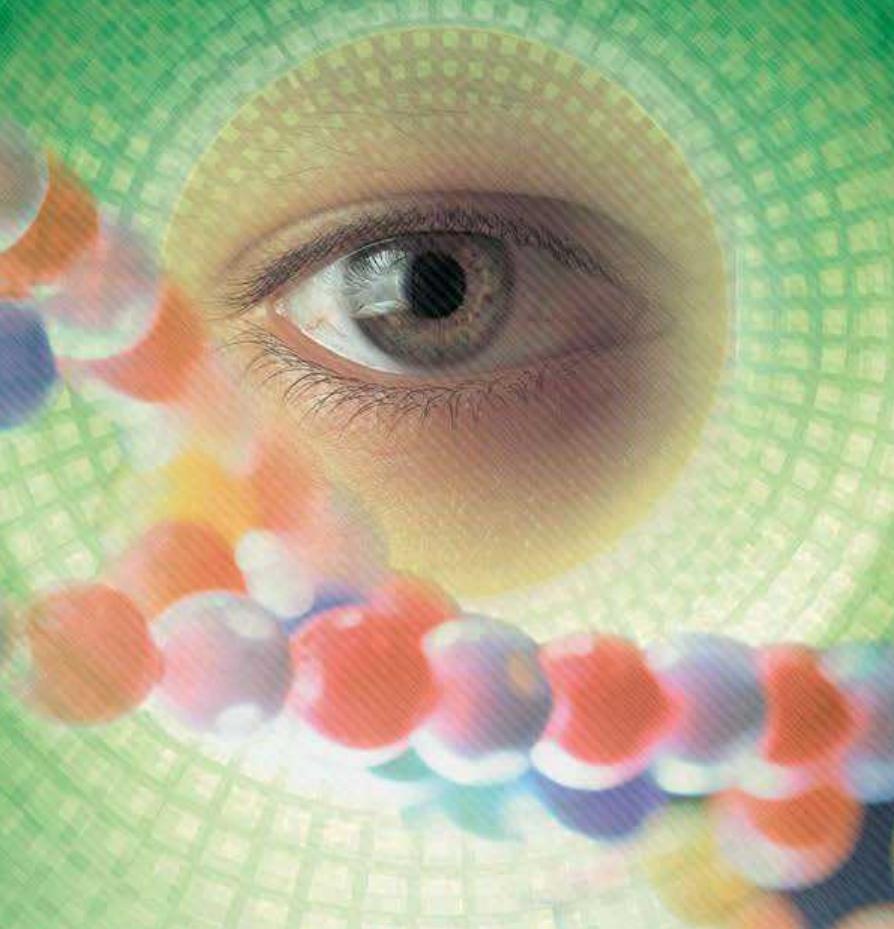
Sistema
inmune

Información
genética

Pensamiento
científico

Cambio
global

sm





Biología

Ciencias Naturales



Autoría

Jorge Alvarado López

Licenciado en Ciencias Biológicas
Pontificia Universidad Católica de Chile
MSc. Quantitative Resource Ecology
University of Cape Town (Sudáfrica)
Doctor en Ciencias Biológicas, mención Ecología
Pontificia Universidad Católica de Chile

Lisbell Estrada Apablaza

Ingeniera en Biotecnología Molecular
Universidad de Chile
PhD en Ciencias, mención Biología
Universidad de Chile - University of Texas Medical Branch
Posdoctorado en Señalización Celular
Pontificia Universidad Católica de Chile

David Santibáñez Gómez

Licenciado en Ciencias Biológicas
Licenciado en Educación
Profesor de Biología y Ciencias Naturales
Pontificia Universidad Católica de Chile
Magíster en Pedagogía
Universidad Alberto Hurtado

El Texto Biología – Proyecto Nuevo Explor@ndo para 4º Año de Educación Media es una creación del Departamento de Estudios Pedagógicos de Ediciones SM – Chile.

DIRECCIÓN EDITORIAL
Arlette Sandoval Espinoza

JEFATURA EDITORIAL
Georgina Giadrosić Reyes

COORDINACIÓN ÁREA CIENCIAS NATURALES
Andrea Tenreiro Bustamante

EDICIÓN
Andrea Tenreiro Bustamante

AUTORÍA
Jorge Alvarado López
David Santibáñez Gómez
Lisbell Estrada Apablaza

ASESORÍA PEDAGÓGICA
Florencia Gutiérrez Barros

CONSULTORÍA
Paulina Uribe Campos

CORRECCIÓN DE ESTILO
Alejandro Cisternas Ulloa

DIRECCIÓN DE ARTE
Carmen Gloria Robles Sepúlveda

DISEÑO DE PORTADA
José Luis Jorquera Dölz

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
José Luis Jorquera Dölz

ILUSTRACIONES
Cristian González Valdés

FOTOGRAFÍA
Archivos fotográficos SM

PRODUCCIÓN
Andrea Carrasco Zavala



www.ediciones-sm.cl

Este libro corresponde al Cuarto Año de Educación Media y ha sido elaborado conforme al Marco Curricular vigente del Ministerio de Educación de Chile.
© 2012 – Ediciones SM Chile S.A.

Dirección editorial: Coyancura 2283, oficina 203 - Providencia, Santiago.

Printed in Chile / Impreso en Chile por Salesianos Impresores

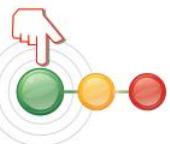
ISBN 978-956-349-287-3 - Depósito legal N° 223704

E-mail: chile@ediciones-sm.cl

Servicio de Atención al Cliente: 600 381 13 12

Este libro se terminó de imprimir en los talleres de Salesianos Impresores, ubicados en General Gana 1486. Santiago, Chile.

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del Copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.



Biología

Este libro, *Biología 4º medio*, perteneciente a la colección *Nuevo Explor@ndo*, te acompañará desde hoy en el último año de tu escolaridad. Ya estás próximo(a) a comenzar una nueva etapa en tu educación y a iniciar tus estudios superiores. Pero antes debes rendir la PSU y para ello te apoyaremos no solo con tu Texto, sino también con un Cuaderno orientado directamente para ejercitarse la Prueba de Selección Universitaria. En él encontrarás fichas de síntesis, ejemplos de preguntas modeladas y ensayos para abordar los principales contenidos evaluados en esta prueba y que estudiaste a lo largo de los cuatro años de Enseñanza Media.

En tu Texto te guiarímos por distintas y apasionantes temáticas. Primero nos adentraremos en el increíble mundo del material genético y de procesos tan alucinantes como son la síntesis de proteínas y la replicación del ADN. Te maravillarás reconociendo una serie de mecanismos que están ocurriendo en tus células sin que hasta el momento seas consciente de ello.

Luego nos sumergiremos en el mundo de los microbios y de nuestros mecanismos de defensa. Es muy interesante ver cómo el cuerpo humano responde frente a un agente que le resulta amenazante y a la vez conocer todo el despliegue de respuestas de que se dispone para eliminarlo.

Al final del año nos introduciremos en el mundo natural. Conoceremos cómo interactúan cada uno de sus componentes y se interrelacionan de una manera asombrosa. Además, nos estremeceremos al evidenciar los daños que como especie estamos ocasionando y tendremos la hermosa posibilidad de reflexionar un momento para reorientar el rumbo de sobreexplotación que hemos adoptado sin respetar nuestro hogar, nuestra Tierra.

Te invitamos a aprovechar tu Texto al máximo, a disfrutarlo y a cerrar de la mejor manera este ciclo de cuatro años y de cuatro textos con los que esperamos te hayas sentido ensimismado descubriendo mundos desconocidos como nosotros al escribirlos.



Marco curricular

| Unidades | Objetivos Fundamentales (OF) | Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO) |
|---|---|--|
|  1 Genes y flujo de la información genética | <p>Eje Habilidades de pensamiento científico</p> <ol style="list-style-type: none"> Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las posibles razones de resultados e interpretaciones contradictorios. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio. Reconocer que cuando una observación no coincide con alguna teoría científica aceptada la observación es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta. <p>Eje Estructura y función de los seres vivos</p> <ol style="list-style-type: none"> Comprender la naturaleza y estructura molecular del material genético, el tipo de información que contiene, cómo esta se expresa a nivel celular y del organismo completo, y las implicancias sociales y éticas morales de las aplicaciones de la ingeniería genética. <p>Objetivos Fundamentales Transversales (OFT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprender y valorar la perseverancia, el rigor y el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad. Respetar y valorar las ideas distintas de las propias. Habilidades de análisis, interpretación y síntesis. Habilidades de investigación. Habilidades comunicativas. | <p>Eje Habilidades de pensamiento científico</p> <ol style="list-style-type: none"> Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel. Ánalysis de casos en que haya discrepancia entre observaciones y teorías científicas y evaluación de las fuentes de discrepancia. <p>Eje Estructura y función de los seres vivos</p> <ol style="list-style-type: none"> Descripción del modelo de la doble hebra del ADN de Watson y Crick, la universalidad del código genético y su relevancia en la replicación y transcripción del material genético desde el gen a la síntesis de proteínas. Establecimiento de relaciones entre mutación, proteínas y enfermedad, analizando aplicaciones de la ingeniería genética en la salud, tales como la clonación, la terapia genética, la producción de hormonas. |
|  2 Microbios y nuestros sistemas de defensa | <p>Eje Habilidades de pensamiento científico</p> <ol style="list-style-type: none"> Evaluar las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología, utilizando un lenguaje científico pertinente. Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las posibles razones de resultados e interpretaciones contradictorios. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio. <p>Eje Estructura y función de los seres vivos</p> <ol style="list-style-type: none"> Comprender las características esenciales de los mecanismos de defensa del organismo contra microorganismos y virus, sus alteraciones y el desarrollo y utilización de terapias preventivas y curativas para la erradicación y tratamiento de las principales enfermedades que afectan actualmente a la humanidad. <p>Objetivos Fundamentales Transversales (OFT)</p> <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de hábitos de higiene personal y social; desarrollo físico personal. Conocer, comprender y actuar en concordancia con el principio de igualdad de derechos. Valorar la vida en sociedad. Conocimiento de sí mismo, de las potencialidades y limitaciones de cada uno. Habilidades de investigación. | <p>Eje Habilidades de pensamiento científico</p> <ol style="list-style-type: none"> Evaluación del impacto en la sociedad de las aplicaciones tecnológicas, argumentando en base a conocimientos científicos. Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel. <p>Eje Estructura y función de los seres vivos</p> <ol style="list-style-type: none"> Análisis comparativo del sistema inmune innato (inespecífico) y del adaptativo (específico): origen, propiedades y componentes, incluyendo los anticuerpos, la selección clonal, la tolerancia inmunológica, la memoria y la especificidad. Explicación del funcionamiento de los mecanismos defensivos en el sida, las alergias, la autoinmunidad, los trasplantes de órganos y la inmunización artificial (vacunas), valorando el desarrollo de estas aplicaciones terapéuticas. |



| Unidades | Objetivos Fundamentales (OF) | Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO) |
|---|---|--|
| <p>3</p> <p>Biosfera: sus componentes y procesos principales</p>  | <p>Eje Habilidades de pensamiento científico</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Evaluar las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología, utilizando un lenguaje científico pertinente. 1. Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las posibles razones de resultados e interpretaciones contradictorias. 2. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio. <p>Eje Organismos, ambiente y sus interacciones</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Comprender los efectos de problemáticas globales, como el calentamiento de la Tierra y la contaminación ambiental, sobre la biodiversidad y su conservación en el equilibrio de los ecosistemas. <p>Objetivos Fundamentales Transversales (OFT)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano. • Interés por conocer la realidad y utilizar el conocimiento. • Habilidades de análisis, interpretación y síntesis. • Habilidades de investigación. • Habilidades comunicativas. | <p>Eje Habilidades de pensamiento científico</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Elaboración de informes de investigación bibliográfica con antecedentes empíricos y teóricos sobre debates actuales de interés público. 1. Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias. 2. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel. <p>Eje Organismos, ambiente y sus interacciones</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. Descripción de los principios básicos de la biología de la conservación y manejo sustentable de recursos renovables. 11. Descripción del efecto de la actividad humana en la modificación de la biodiversidad a través de ejemplos concretos en algunos ecosistemas. 12. Análisis del problema del crecimiento poblacional humano a nivel mundial en relación con las tasas de consumo y los niveles de vida. 13. Descripción de los efectos del calentamiento global en el ambiente y en las relaciones entre los organismos. |

Biología

Unidad

1**Genes y flujo de la información genética****10 Inicio de la unidad.**

- 12 Inicializando:** Evaluación inicial – Pensamiento científico.
14 Diversidad de genomas.
15 El ADN es el material genético.
16 La doble hélice de ADN.
17 Descubriendo la estructura del ADN.
18 Organización del ADN.
20 La carrera por la secuenciación: el Proyecto Genoma Humano.
22 La replicación del ADN es semiconservativa.
25 El código genético.
26 Descifrando el código genético, proceso de transcripción.
27 Procesamiento del ARN mensajero en eucariontes.
28 Síntesis de proteínas, proceso de traducción en los eucariontes.
31 Transcripción y traducción acoplada en los procariotes.
32 **Analizando disco:** evaluación de proceso.
34 Mutaciones en el ADN: cambios en las proteínas.
36 Funciones y características de las proteínas.
37 Plegamiento de proteínas: función de las chaperonas.
38 Estructura de las proteínas.
40 Enzimas: los catalizadores celulares.
44 **Ciencia paso a paso:** pensamiento científico.
46 La controversia de la teoría de los priones y las vacas locas/ Antecedentes históricos y análisis de las fuentes de discrepancia – pensamiento científico.
50 Biotecnología.
52 Ingeniería genética: tecnología del ADN recombinante.
54 Plantas y animales transgénicos.
56 **Organizando favoritos:** síntesis.
57 **Cargando disco:** modelamiento de pregunta PSU.
58 **Verificando disco:** evaluación final.
61 **Cerrar sesión:** cierre de unidad.

Unidad

2**Microbios y nuestros sistemas de defensa****62 Inicio de unidad.**

- 64 Inicializando:** evaluación inicial – pensamiento científico.
66 El límite de lo vivo.
67 Los virus poseen una estructura simple.
68 Los virus atacan a las bacterias y a nuestras células.
69 ¿Las bacterias también son patógenas?
70 Las bacterias que son patógenas anulan los sistemas de defensa.
71 El papel de los virus y las bacterias en la biotecnología.
72 La inmunidad involucra muchos procesos químicos y celulares.
74 El sistema inmune nos defiende de muchas amenazas.
75 Órganos del sistema inmune.
76 **Analizando disco:** evaluación de proceso.
78 ¿Cómo nos defendemos de patógenos desde el primer momento?
79 Componentes del sistema inmune innato.
80 Las bacterias como fuente de enfermedades/ El contexto en que se descubrió el rol de los microbios en las enfermedades – pensamiento científico.
82 Las defensas adaptativas.
83 Varias maneras de matar una bacteria: citocinas y complemento.
84 La activación de los linfocitos.
85 Células plasmáticas, anticuerpos y memoria.
86 Etapas de la respuesta inmune: presentación del antígeno.
87 Etapas de la respuesta inmune: selección clonal.
88 **Ciencia paso a paso:** pensamiento científico.
90 Estructura y funcionamiento de los anticuerpos.
91 Base génica de la elaboración de anticuerpos.
92 Mecanismos derivados de la función inmune.
94 Autoinmunidad: cuando la defensa se equivoca.
95 Trasplantes y donación de órganos.
96 ¿Cómo se producen las alergias?
97 Inmunización artificial: origen y uso de las vacunas.
98 El estudio de las enfermedades infecciosas.
100 El VIH: biología y ciclo de replicación.
101 Sida: características de la enfermedad.
103 Otras infecciones contemporáneas: influenza y hanta.
104 **Organizando favoritos:** síntesis.
105 **Cargando disco:** modelamiento de pregunta PSU.
106 **Verificando disco:** evaluación final.
109 **Cerrar sesión:** cierre de unidad.



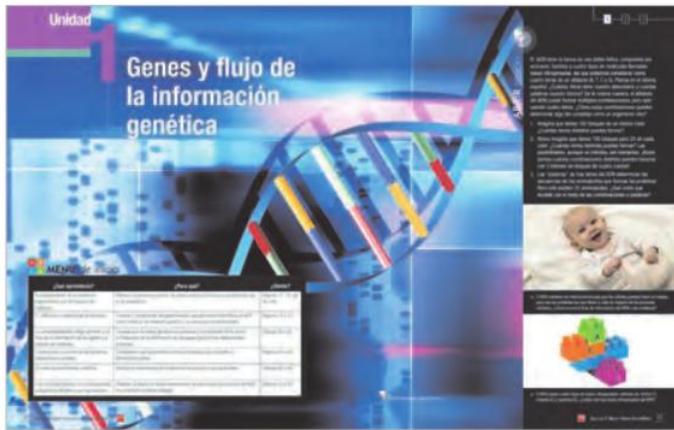
Unidad

3**Biosfera: sus componentes
y procesos principales**

| | | | |
|------------|---|------------|--|
| 110 | Inicio de unidad. | 162 | Recopilando disco: evaluaciones para unidades 1, 2 y 3. |
| 112 | Inicializando: evaluación inicial – pensamiento científico. | 168 | Anexo: proyectos. |
| 114 | Biosfera y biodiversidad: ecosistemas. | 172 | Anexo: glosario. |
| 116 | Interacciones biológicas al interior de las comunidades. | | |
| 124 | Ciencia paso a paso: pensamiento científico. | | |
| 126 | Interacción de las poblaciones biológicas con el ambiente. | | |
| 132 | Crecimiento poblacional. | | |
| 134 | Estrategias reproductivas. | | |
| 136 | Analizando disco: evaluación de proceso. | | |
| 138 | Crecimiento poblacional humano. | | |
| 140 | Uso de los recursos. | | |
| 142 | Funcionamiento de la Tierra y patrones de circulación planetaria. | | |
| 144 | Antropoceno y cambio global: efectos sobre los sistemas naturales. | | |
| 150 | Efectos antrópicos sobre la biosfera. | | |
| 152 | Conservación versus explotación: manejo sustentable/ Investigación bibliográfica sobre un debate actual de interés público – pensamiento científico. | | |
| 156 | Organizando favoritos: síntesis. | | |
| 157 | Cargando disco: modelamiento de pregunta PSU. | | |
| 158 | Verificando disco: evaluación final. | | |
| 161 | Cerrar sesión: cierre de unidad. | | |

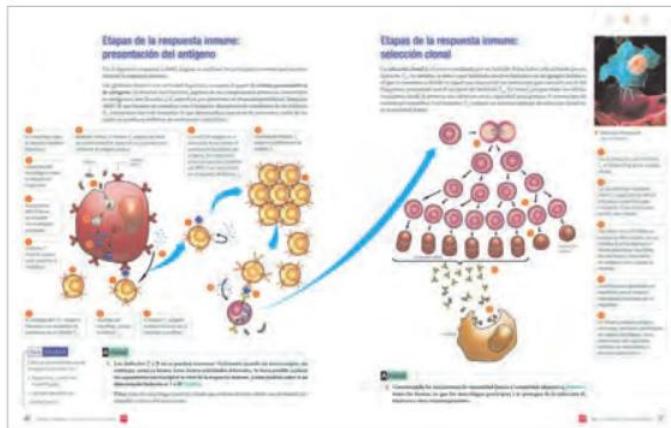
Explorando mi Texto

¿Para qué fueron pensadas las secciones de tu Texto?



Menu de inicio

Para conocer los principales contenidos que vas a estudiar en la unidad, las metas de aprendizajes asociadas a ellos y las páginas donde se encuentran.



Contenido

Para desarrollar los contenidos en profundidad. Estos se intercalan con secciones de trabajo, como *Actividad*; de orientación, como *Ayuda*; de profundización, como *Ampliando memoria* y de síntesis, como *Para grabar*.

Inicializando y Ciencia paso a paso

(Evaluación procedural de inicio y avanzada)

Para trabajar, en una actividad exploratoria, las etapas experimentales de una investigación, enfatizando los pasos relacionados con cada una de ellas.

Pensamiento científico

Para abordar un contenido del tema en estudio a través de la descripción y la ejercitación de distintas habilidades de pensamiento científico para enfatizar ciertos razonamientos.

I CONOGRAFÍA

Mi ESTADO

En *Mi estado* se pueden revisar los avances obtenidos en el trabajo de la unidad a través de las preguntas y los indicadores de logro del aprendizaje.

Actividad

Para apoyar el desarrollo de los contenidos se trabajan actividades que complementan la información teórica y se ejercitan habilidades específicas.

Para GRABAR

Cápsula de síntesis y formalización de contenidos conceptuales.



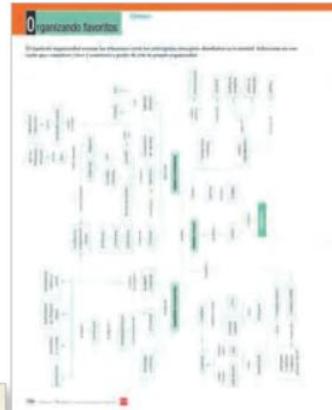
Analizando disco y Verificando disco

(Evaluación de proceso y final)

Para evaluar los contenidos y habilidades trabajados hasta ese momento en la unidad. En la evaluación de proceso se presentan dos páginas con preguntas de selección múltiple y de desarrollo. Por otro lado, en la evaluación final se presentan dos páginas con preguntas de selección múltiple y una página con una actividad procedural.

Organizando favoritos

Para sintetizar, integrar y relacionar de manera gráfica los conceptos centrales de la unidad.



Cerrar sesión

Para conocer el nivel de logro alcanzado en la evaluación final y un modelo para autoevaluar el rendimiento logrado a lo largo de la unidad.

Recopilando disco

Para evaluar con preguntas tipo PSU contenidos trabajados en las unidades del Texto.

AYUDA

Cápsula que aporta información teórica o práctica y que apoya una actividad o tratamiento de un contenido.

Ampliando MEMORIA

Cápsula que amplía contenidos, menciona curiosidades, establece relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, entre otras.

PISTAS

Cápsula orientada a apoyar las respuestas a algunas preguntas de la evaluación de proceso.

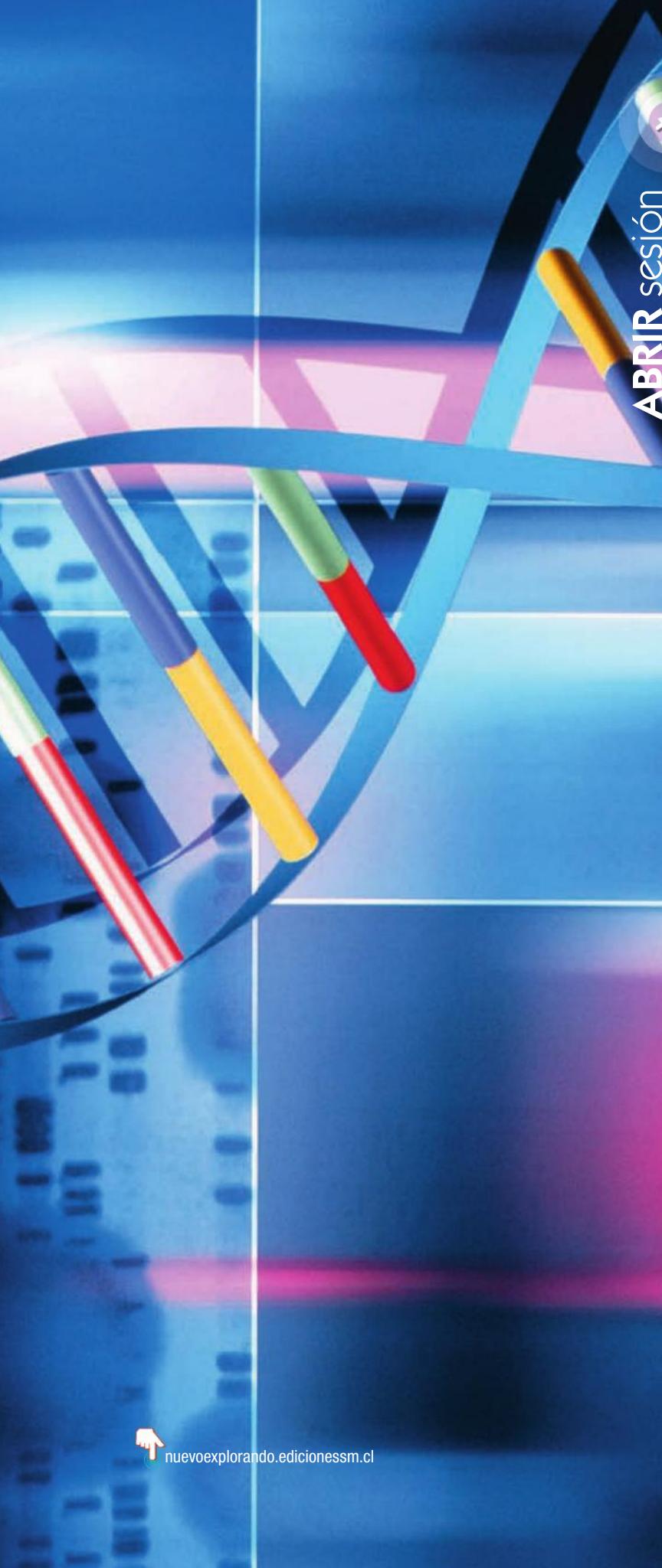


Para que ingreses a esta página web, en la que encontrarás más recursos que reforzarán y ampliarán tus conocimientos.

Genes y flujo de la información genética

A
B
C
D**MENÚ de inicio****¿Qué aprenderás?****¿Para qué?****¿Dónde?**

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| El planteamiento de un problema experimental y la formulación de hipótesis. | Plantear un problema a partir de observaciones y formular una hipótesis que le dé explicación. | Páginas 12, 13, 44, 45 y 60 |
| El ADN como molécula de la herencia. | Conocer y comprender los experimentos que permitieron identificar al ADN como molécula de material genético y su estructura de doble hélice. | Páginas 14 a 24 |
| La universalidad del código genético y el flujo de la información de los genes a la síntesis de proteínas. | Conocer que el código genético es universal y comprender cómo ocurre la traducción de la información de los genes para formar determinadas proteínas. | Páginas 25 a 31 |
| La estructura y función de las proteínas: mutaciones y enzimas. | Comprender que las proteínas son las moléculas que ejecutan la información génica. | Páginas 34 a 49 |
| Un caso de controversia científica. | Analizar la controversia de la teoría de los priones y las vacas locas. | Páginas 46 a 49 |
| Los principios básicos de la biotecnología e ingeniería genética y sus aplicaciones. | Entender y valorar el conocimiento sobre los genomas y las técnicas de ADN recombinante en biotecnología. | Páginas 50 a 55 |



El ADN tiene la forma de una doble hélice, compuesta por azúcares, fosfatos y cuatro tipos de moléculas llamadas bases nitrogenadas, las que podemos considerar como cuatro letras de un alfabeto (A, T, C y G). Piensa en el idioma español. ¿Cuántas letras tiene nuestro abecedario y cuántas palabras nuestro idioma? De la misma manera, el alfabeto del ADN puede formar múltiples combinaciones, pero solo usando cuatro letras. ¿Cómo estas combinaciones pueden determinar algo tan complejo como un organismo vivo?

1. Imagina que tienes 100 bloques de un mismo color. ¿Cuántas torres distintas puedes formar?
2. Ahora imagina que tienes 100 bloques pero 25 de cada color. ¿Cuántas torres distintas puedes formar? Las posibilidades, aunque no infinitas, son bastantes. ¡Ahora piensa cuántas combinaciones distintas pueden hacerse con 3 billones de bloques de cuatro colores!
3. Las “palabras” de tres letras del ADN determinan las secuencias de los aminoácidos que forman las proteínas. Pero solo existen 20 aminoácidos. ¿Qué crees que sucede con el resto de las combinaciones o palabras?



▲ El ADN contiene las instrucciones para que las células puedan hacer su trabajo, pero son las proteínas las que llevan a cabo la mayoría de los procesos celulares. ¿Cómo ocurre el flujo de información del ADN a las proteínas?



▲ El ADN posee cuatro tipos de bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), citosina (C) y guanina (G). ¿Cuáles son las bases nitrogenadas del ARN?

Incializando

ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Procedimiento experimental.
4. Obtención de resultados.
5. Interpretación de resultados.
6. Elaboración de conclusiones.

¿CÓMO SE RELACIONA EL PROBLEMA CON LA HIPÓTESIS?

El problema es la pregunta que da origen a una investigación y la hipótesis es la afirmación anticipada que da respuesta a esta pregunta y que se pone a prueba durante el desarrollo del experimento.

¿CÓMO RELACIONARLOS CORRECTAMENTE?

- Paso 1: observar el fenómeno que se desea estudiar e identificar las variables.
- Paso 2: relacionar las variables en una pregunta.
- Paso 3: formular una hipótesis a partir de una predicción.
- Paso 4: poner a prueba la hipótesis y desarrollar el experimento.
- Paso 5: enfrentar la hipótesis con la interpretación de los resultados obtenidos.
- Paso 6: elaborar una conclusión que dé respuesta al problema planteado.

Planteamiento del problema

Hasta mediados del siglo XX no se sospechaba que el ácido desoxirribonucleico o ADN fuera la molécula responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios de los organismos. En 1928, el médico Frederick Griffith realizó experimentos en los que infectó ratones con neumococos, bacterias que causan la neumonía en humanos. Estos experimentos demostraron la existencia de un “principio transformador”, que es el que contiene la información genética; en este caso, de las bacterias de la neumonía, pero hasta entonces su naturaleza era incierta.

Como veremos en mayor detalle en las próximas páginas de la unidad, los científicos Avery, MacLeod y McCarty se propusieron dilucidar la naturaleza química de esta molécula y, trabajando con muestras purificadas, lograron determinar que el principio transformador correspondía al ADN. Sin embargo, cuando publicaron sus resultados en 1944, fueron muy pocos los que creyeron en estos. En esa época era realmente difícil de imaginar que una molécula tan poco versátil, compuesta solo por cuatro tipos de bases nitrogenadas, pudiera tener la suficiente variabilidad como para llevar toda la información genética de los seres vivos. Sin duda, eran las proteínas las candidatas para tal función debido a su gran complejidad y múltiples formas.

¿Podrías plantear el problema que aquejaba a los investigadores de esa época?

Años más tarde, los científicos Hershey y Chase, quienes trabajaban con fagos, virus capaces de infectar ciertas bacterias, propusieron un experimento que determinaría si el ADN o las proteínas correspondían al principio transformador. Los científicos postularon que cuando los fagos infectaban a las bacterias para replicarse dentro de ellas, el principio transformador debía ingresar a la célula infectada; por lo tanto, si se marcaba de modo selectivo el ADN o las proteínas de los fagos, luego se podría detectar dentro de las bacterias el principio transformador marcado.



▲ Los fagos tienen una cabeza proteica en cuyo interior se encuentra el ADN.

Formulación de hipótesis

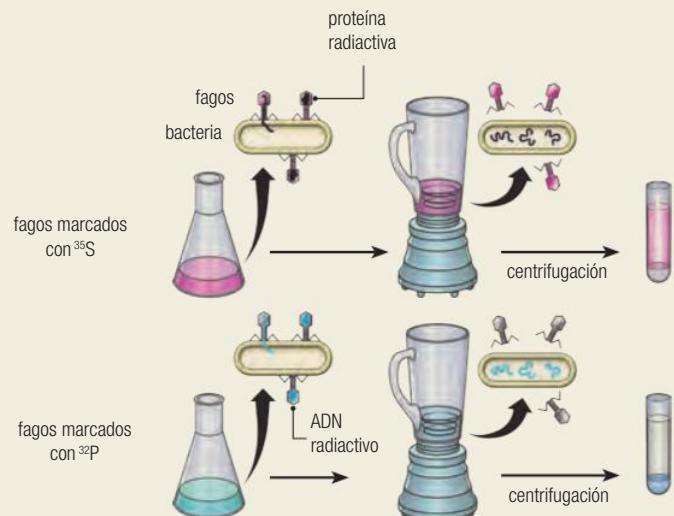
- a. Considerando los resultados obtenidos de manera previa por Avery, MacLeod y McCarty, ¿podrías elaborar la hipótesis de Hershey y Chase?
- b. ¿Qué esperaban encontrar si marcaban el ADN de los fagos?

Procedimiento experimental

De análisis previos se conocía que el ADN contiene átomos de fósforo (P), pero no de azufre (S), y, por otro lado, que las proteínas del virus contienen átomos de azufre, pero no de fósforo.

Entonces utilizaron átomos radiactivos de fósforo (^{32}P) y azufre (^{35}S) para marcar selectivamente el ADN y las proteínas del virus. En dos experimentos paralelos, combinaron los virus marcados con átomos radiactivos con las bacterias y los mezclaron en una licuadora especial.

Luego separaron los fagos y las bacterias mediante centrifugación. Como las bacterias son más grandes y pesadas que los virus, después de centrifugar quedaron en el fondo del tubo de ensayo, mientras que los virus quedaron en el sobrenadante.

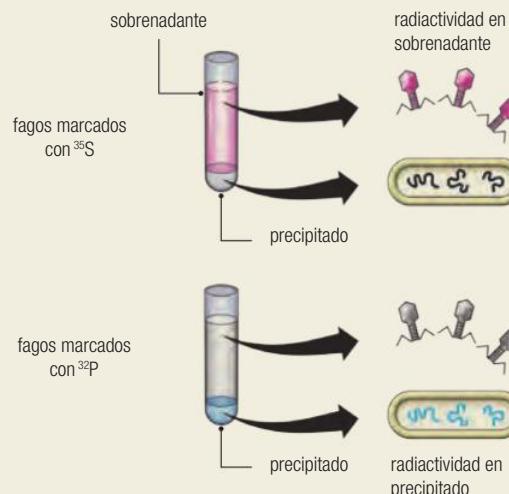


Obtención e interpretación de resultados

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos:

| Muestra | Precipitado | Sobrenadante |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Marcada con ^{35}S | No se encontró ^{35}S | Se encontró ^{35}S |
| Marcada con ^{32}P | Se encontró ^{32}P | No se encontró ^{32}P |

- Luego de centrifugar, ¿qué organismos se encuentran en el precipitado? ¿Qué organismos se encuentran en el sobrenadante? Explica tu respuesta.
- A partir de estos resultados, ¿qué molécula contiene la información de la herencia? Fundamenta tu respuesta.



Elaboración de conclusiones

Completa las siguientes afirmaciones:

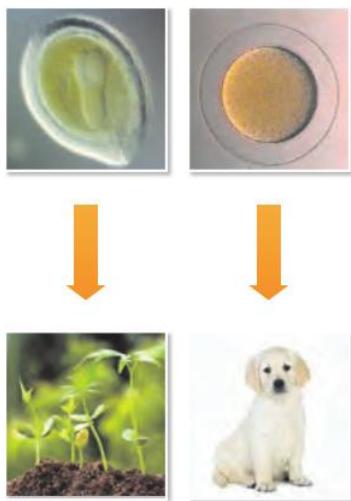
- En este experimento se observó que los átomos marcados con _____ se encontraban en los nuevos fagos.
- Los resultados obtenidos en este experimento permiten afirmar que el _____ es el material genético.

Las conclusiones de este experimento concordaban y reforzaban las obtenidas ocho años antes por el equipo de Avery, MacLeod y McCarty. La publicación del trabajo de Hershey y Chase en el otoño de 1952 sirvió de estímulo para que otros investigadores se concentraran en dilucidar la estructura tridimensional de la molécula de ADN.

Mi ESTADO

- En esta actividad, ¿qué te resultó más difícil y por qué?
- ¿Cómo podrías relacionar estas investigaciones con el dinamismo de la ciencia?

Diversidad de genomas



- ▲ La información hereditaria de la célula huevo o cigoto determina la naturaleza del organismo multicelular.

Más de 10 millones de especies viven en la Tierra hoy en día. Cada una es distinta y se reproduce, con lo que genera una progenie que pertenece a su misma especie. ¿Cómo puede ocurrir eso? Los organismos parentales poseen la **información** en detalle de las características que tendrá su descendencia.

El **genoma** es una larga secuencia de ADN que contiene el set completo de información de un organismo y constituye la base **hereditaria** de todo ser vivo.

Se utiliza el término “información” porque el genoma no tiene una función activa. En el transcurso de esta unidad veremos que el ADN, a partir de una serie de procesos, dirige la producción de proteínas, que son las que permiten el desarrollo y funcionamiento de un organismo.

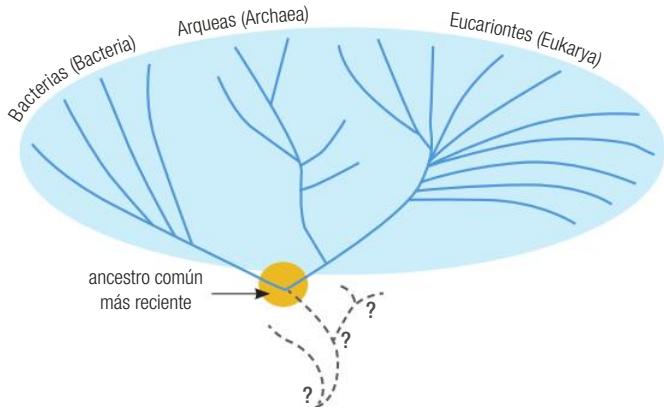
Los organismos vivos pueden clasificarse en dos grandes grupos: **eucariontes** y **procariontes**. Los eucariontes contienen su genoma en un compartimento intracelular membranoso llamado núcleo. Los procariontes, en tanto, no poseen un compartimento especial para guardar su material genético. Las plantas, animales y hongos son ejemplos de organismos eucariontes, y las bacterias son ejemplos de procariontes.

La clasificación de los organismos vivos, llamada **taxonomía**, fue realizada tradicionalmente de acuerdo con sus características externas, como determinar, por ejemplo, que un pez tiene ojos y esqueleto, mientras que un gusano no, o bien establecer que un arbusto presenta características más similares a las de un árbol que a las del pasto. Según Darwin, las semejanzas de las estructuras de los seres vivos pueden interpretarse como el resultado del proceso de evolución y la existencia de un ancestro común entre las especies.

De esta forma ha sido posible establecer líneas de descendencia o **árboles filogenéticos** de las especies. Sin embargo, realizar esta clasificación con algunas de ellas es mucho más complejo. ¿Cómo saber si un hongo es más cercano a una planta o a un animal? Esto es aún más difícil con organismos microscópicos como las bacterias. Es por ello que el análisis genómico de secuencias de ADN ha resultado una forma más simple y directa para dilucidar las relaciones evolutivas entre especies a partir de las similitudes de sus genes y así determinar su grado de cercanía.

Gracias a estas nuevas tecnologías se ha logrado establecer, por ejemplo, que el grupo de los procariontes está formado por dos grupos distintos que divergieron tempranamente en la historia de la vida en la Tierra: bacterias y arqueas. Las arqueas, en general, se encuentran en lugares inhabitables para los seres humanos, como géiseres, glaciares y ambientes ácidos. Aunque exteriormente se parecen mucho a las bacterias, su estructura celular y algunos procesos moleculares son mucho más cercanos a los de los eucariontes.

Los tres dominios de seres vivos

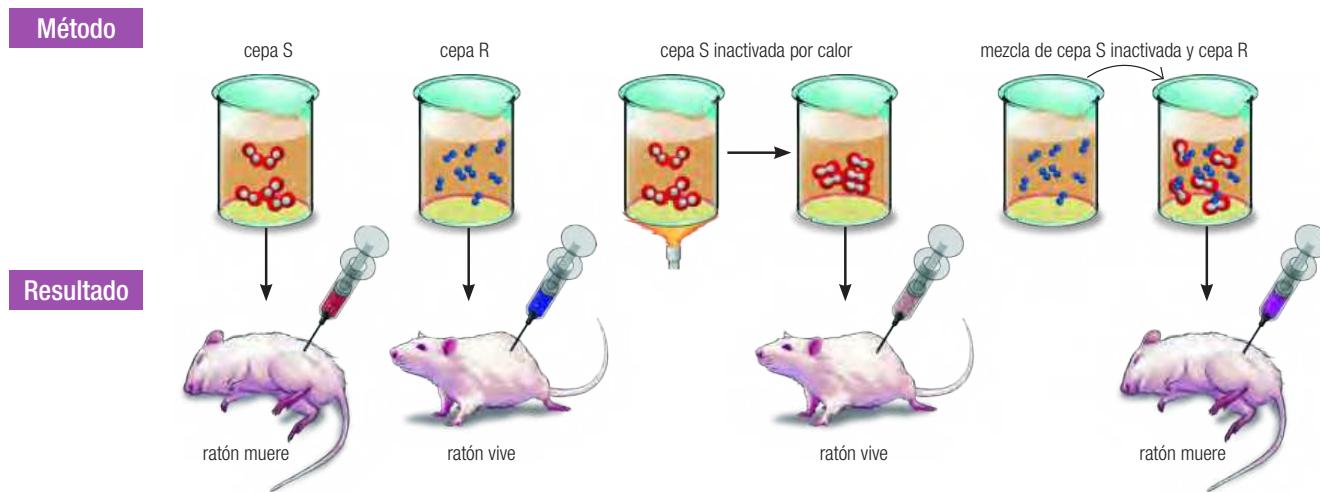


- Recientes técnicas de biología molecular han permitido la secuenciación del genoma de distintos organismos y con ello la construcción de nuevos árboles filogenéticos.

El ADN es el material genético

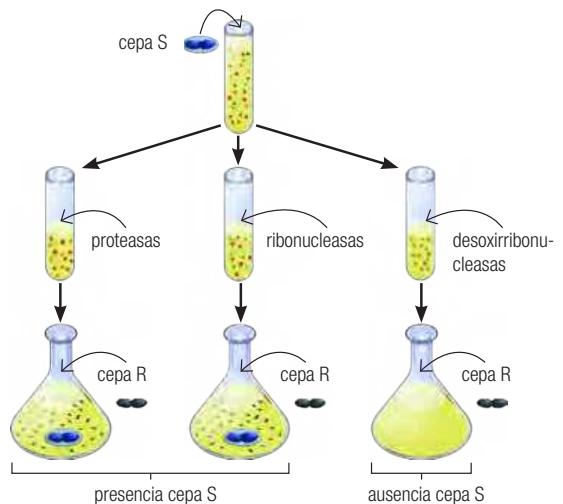
La idea de un principio transformador capaz de transmitir información genética fue establecida en 1928 por Frederick Griffith, quien investigó las propiedades virulentas de una cepa bacteriana de *Streptococcus pneumoniae*. Usó dos cepas de esta bacteria: la cepa S o lisa y la R o rugosa. Él sabía que las de tipo R resultaban inocuas para los ratones, mientras que las de tipo S provocaban su muerte por neumonía. Sin embargo, cuando las bacterias tipo S eran destruidas por calor, no infectaban a los animales.

El experimento de Griffith consistió en inyectar a los ratones cepas virulentas tipo S, previamente inactivadas por calor, junto con cepas no virulentas tipo R. Sorprendentemente, los ratones murieron de neumonía, lo que indicó que algún componente de la bacteria S inactivada se traspasó a la bacteria R e hizo que esta se volviera virulenta. Este componente se llamó **principio transformador**.



En 1944, Avery, MacLeod y McCarty quisieron descubrir a qué tipo de molécula correspondía este principio transformador. Usando las mismas cepas de bacterias con las que trabajó Griffith, prepararon muestras de bacterias de la cepa S, en las que se destruyeron enzimáticamente las proteínas, el ARN o el ADN, tal como se representa en la figura. Estas diferentes preparaciones las mezclaron separadamente con la cepa R de la bacteria y luego determinaron qué tipo de bacterias habían crecido. Solo en las mezclas que contenían ADN encontraron bacterias tipo S. Este resultado les permitió determinar que el ADN era la molécula capaz de transformar las bacterias tipo R o no virulentas en bacterias tipo S o virulentas.

Aunque este experimento dedujo la naturaleza del principio transformador, no fue hasta el experimento de Hershey y Chase, que estudiaremos más adelante, que en 1952 se aceptó la hipótesis del ADN como el material portador de la información genética.



Ampliando MEMORIA

Streptococcus pneumoniae es la bacteria responsable de causar varias enfermedades, como neumonía y peritonitis.

Las bacterias lisas (S) tienen una cápsula exterior cubierta de polisacáridos que las protege del ataque del sistema inmune de los animales. Las bacterias de la cepa R, en cambio, poseen una mutación en la enzima que participa en la síntesis del polisacárido de la cápsula, lo que explica que no puedan infectar a los ratones.

Actividad

1. Imagina que en un planeta se ha encontrado vida. Los científicos se reúnen para identificar la molécula responsable de la información hereditaria. ¿Cómo ayudarías a **determinar** experimentalmente la naturaleza de esta molécula? Recuerda incluir todos los experimentos controles.
2. Siguiendo el protocolo de Avery, MacLeod y McCarty, **realiza un esquema** con los posibles resultados en el caso de que el principio transformador en el planeta resulte ser el ARN.

► Las proteasas son enzimas que degradan proteínas, las ribonucleasas degradan ácidos ribonucleicos y las desoxirribonucleasas degradan ácidos desoxirribonucleicos.

La doble hélice de ADN



▲ Modelo del ADN propuesto por los científicos James Watson y Francis Crick.

En el año 1962, Watson, Crick y Wilkins ganaron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina.

El material genético de las células corresponde al ADN o ácido desoxirribonucleico. Los bloques o piezas que constituyen el ADN se denominan nucleótidos. Cada nucleótido tiene tres componentes:

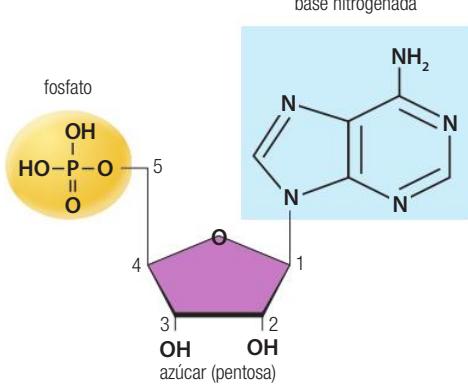
- un azúcar de cinco carbonos.
- un grupo fosfato.
- una base nitrogenada.

El azúcar que forma el ADN es una desoxirribosa, de donde proviene el nombre de ácido desoxirribonucleico. Los azúcares de cinco carbonos se llaman pentosas. Cuando una pentosa se une a una base nitrogenada se denomina nucleósido. El azúcar del nucleósido puede unirse a un grupo fosfato, con lo que pasa a llamarse nucleótido. Los nucleótidos unidos mediante un enlace covalente entre el azúcar y el grupo fosfato forman el “esqueleto” de la hebra de ADN.

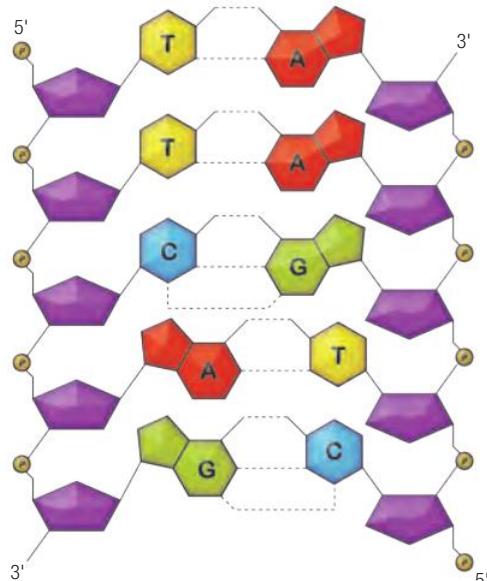
Existen cuatro tipos de bases nitrogenadas en el ADN. Las llamadas bases púricas o purinas: **adenina (A)** y **guanina (G)**, y las pirimídicas o pirimidinas: **citosina (C)** y **timina (T)**.

Una molécula de ADN está compuesta por dos hebras de nucleótidos. Estas hebras se encuentran unidas entre ellas mediante uniones intermoleculares tipo puentes de hidrógeno que se forman entre las bases nitrogenadas enfrentadas, lo que conforma una **doble hélice**.

La estructura química de las bases permite la formación de puentes de hidrógeno solo entre adenina y timina, y entre guanina y citosina sin que se distorsione la doble hélice de ADN. Las bases nitrogenadas se unen con su base complementaria mediante tres puentes de hidrógeno en el par G-C y por dos puentes de hidrógeno en el par A-T. Esta unión específica se denomina **complementariedad de bases**.



▲ Estructura química de un nucleótido.



▲ Las dos hebras de nucleótidos se unen por medio de las bases nitrogenadas complementarias.

Actividad

1. **Analiza** y luego discute en clase. En términos del gasto de energía para la célula, ¿qué doble hélice de ADN crees que será más difícil de separar en sus dos hebras: una molécula compuesta solo por pares de bases A-T o una con pares de bases G-C? Justifica tu respuesta.

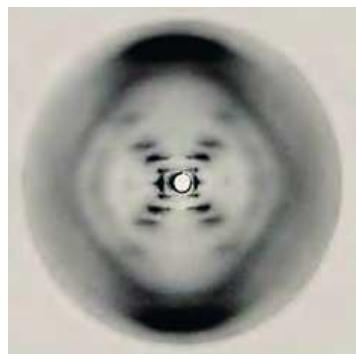
Descubriendo la estructura del ADN

En la década de 1950 el científico Erwin Chargaff analizó el contenido de las bases en el ADN de diversas especies. Mayor fue su interés al notar que el contenido de adeninas iguala aproximadamente al número de timinas, y el número de guaninas se aproxima al número de citosinas. En el ADN humano, por ejemplo, las cuatro bases nitrogenadas están presentes en la siguiente proporción: A 30,9%; T 29,4%; G 19,9% y C 19,8%. ¿Qué te indican estos porcentajes en relación a la complementariedad de bases?

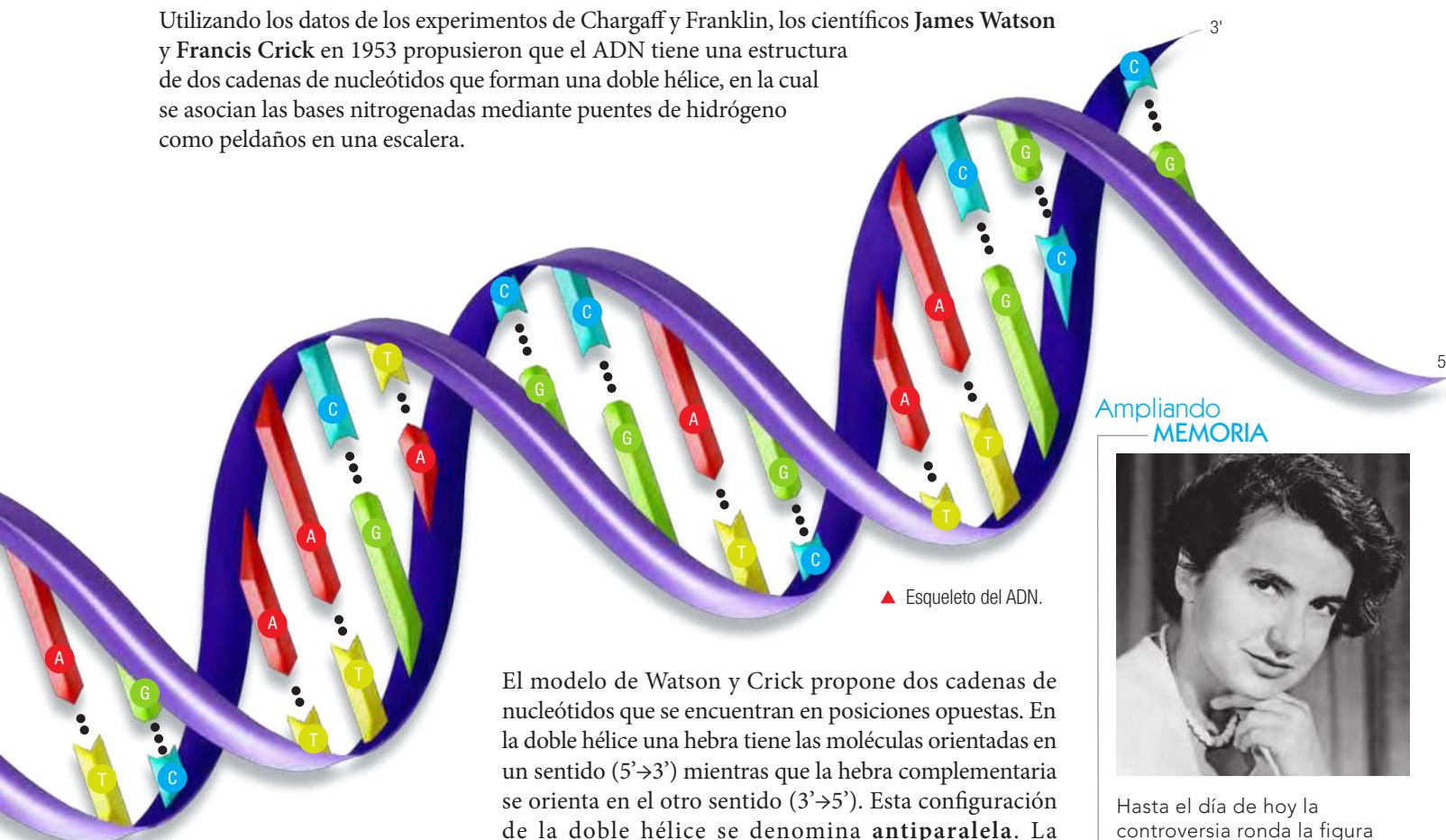
La equivalencia A-T y G-C posteriormente se llamó **regla de Chargaff** y ayudó a los investigadores Watson y Crick a descubrir la estructura del ADN.

La biofísica inglesa Rosalind Franklin realizó la primera cristalografía de una molécula de ADN, y junto con Maurice Wilkins y Raymond Gosling demostraron, mediante difracción de rayos X, que una versión hidratada del ADN (la forma B) correspondía a una hélice (ver imagen superior).

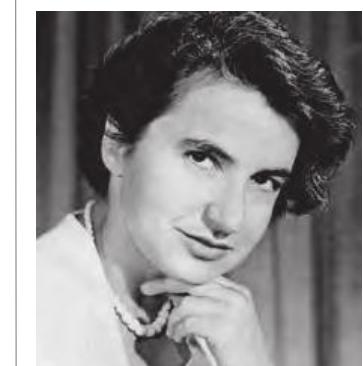
Utilizando los datos de los experimentos de Chargaff y Franklin, los científicos James Watson y Francis Crick en 1953 propusieron que el ADN tiene una estructura de dos cadenas de nucleótidos que forman una doble hélice, en la cual se asocian las bases nitrogenadas mediante puentes de hidrógeno como peldaños en una escalera.



▲ Esta es la imagen de difracción de rayos X obtenida por Rosalind Franklin y Raymond Gosling en 1952. La "X" en la fotografía corresponde al típico patrón de una hélice.



Ampliando MEMORIA



El modelo de Watson y Crick propone dos cadenas de nucleótidos que se encuentran en posiciones opuestas. En la doble hélice una hebra tiene las moléculas orientadas en un sentido ($5' \rightarrow 3'$) mientras que la hebra complementaria se orienta en el otro sentido ($3' \rightarrow 5'$). Esta configuración de la doble hélice se denomina **antiparalela**. La denominación $5'$ y $3'$ (se lee como 5 prima y 3 prima) se refiere a la ubicación de los carbonos en el azúcar pentosa (desoxirribosa) del ADN. El carbono $5'$ de la pentosa está unido a un grupo fosfato, mientras que el carbono $3'$ está unido a un grupo hidroxilo (OH). Esta asimetría le confiere al ADN una “direccionalidad”.

Para GRABAR

Todas las células almacenan su información hereditaria en la forma de una doble hebra de ADN.

Hasta el día de hoy la controversia ronda la figura de Rosalind Franklin. Si bien Watson y Crick descifraron la estructura del ADN, sin los resultados de Franklin, datos que fueron mostrados a Watson sin el consentimiento de ella, esto no hubiese sido posible. Peor aún, los científicos no la incluyeron en el artículo, publicado en la afamada revista *Nature*, donde se establecía por primera vez la estructura del ADN.

Organización del ADN

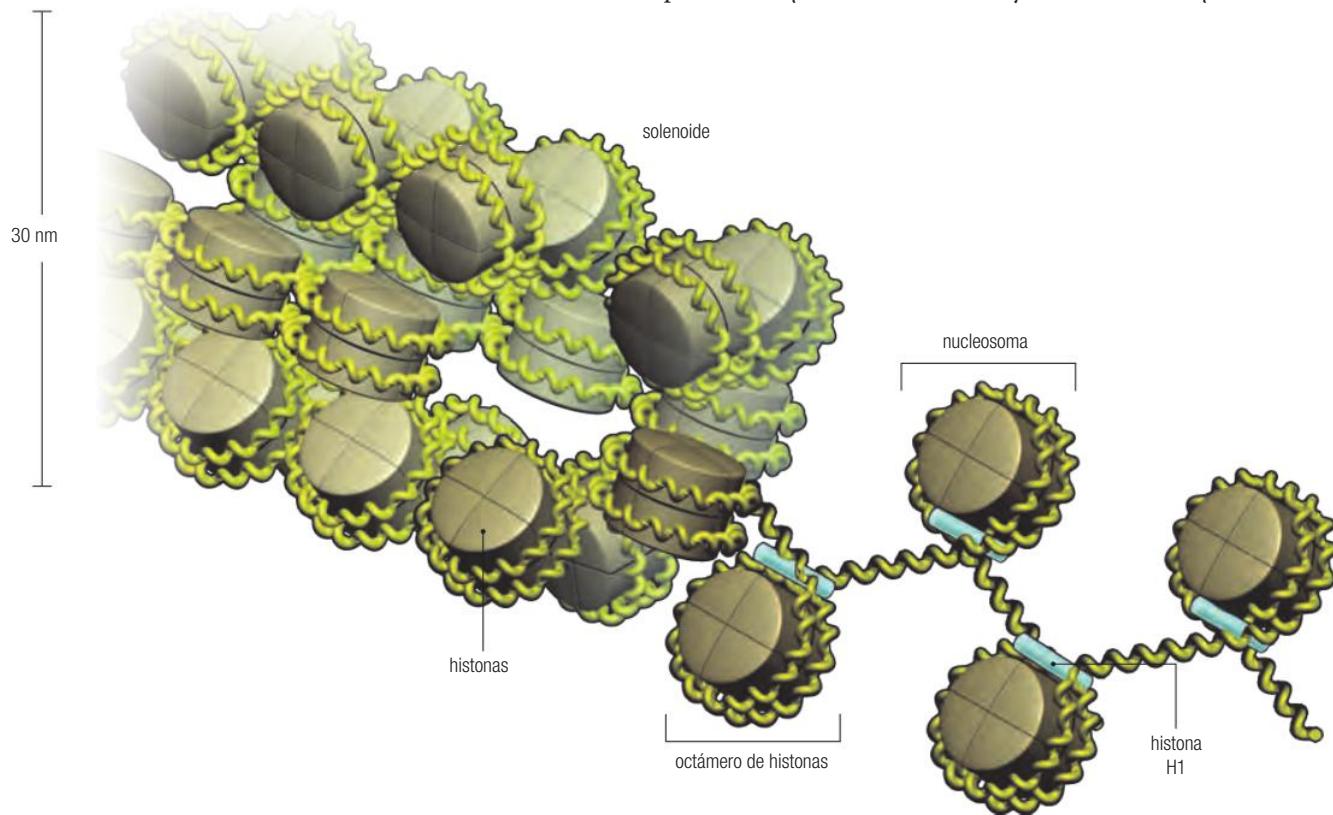


▲ La estructura de la cromatina fue revelada mediante análisis de microscopía electrónica y fue descrita como "un collar de perlas".

El ADN de una célula humana posee unos tres billones de pares de bases. ¿Cómo puede organizarse tal cantidad de ADN en el núcleo de una célula? El ADN está densamente empacado y forma una fibra compacta llamada **cromatina**, compuesta por ADN y proteínas. La estructura altamente organizada de la cromatina tiene dos funciones: condensar varios metros de ADN en el pequeño núcleo celular y además regular la transcripción de genes, ya que la compactación silencia los genes que ahí se encuentran.

La unidad fundamental de la cromatina es el **nucleosoma**. Está compuesto por 200 pares de bases de ADN que envuelven a un octámero de proteínas llamadas **histonas**. Cada nucleosoma contiene dos copias de cada histona: H2A, H2B, H3 y H4. Además, cada nucleosoma posee una histona H1 encargada de mantener el ADN, envolver al nucleosoma y estabilizar la región de ADN entre los nucleosomas.

El siguiente nivel de compactación del ADN corresponde a varios nucleosomas con sus respectivas histonas, los que forman una fibra de 30 nm o **solenoide**. La fibra de 30 nm posee seis nucleosomas por cada vuelta, lo que da cuenta de un índice de condensación de cuarenta veces, es decir, por cada 1 µm de solenoide hay en realidad 40 µm de ADN.

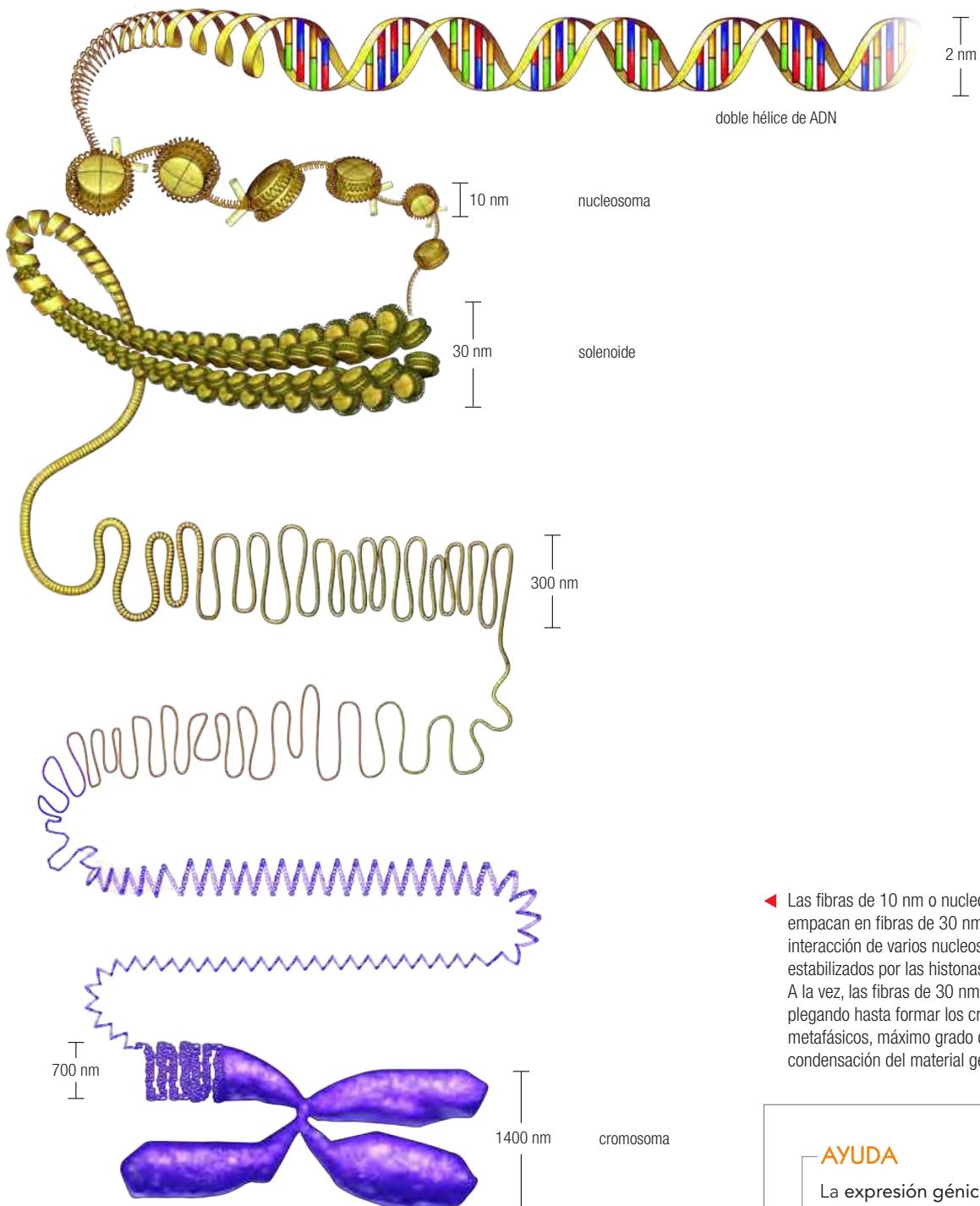


Los diferentes niveles de organización de la cromatina están relacionados con el grado de expresión génica, es decir, con la capacidad de transformar en proteínas la información codificada en el ADN.

Se distinguen dos tipos de cromatina, la **eucromatina**, que es menos compactada, y la **heterocromatina**, que tiene un grado de compactación mayor. En el núcleo en interfase y en células que no se encuentran en división se puede observar la cromatina en sus dos estados, mientras que durante la etapa de metafase, la cromatina está fuertemente compactada y forma cromosomas.

El máximo nivel de condensación de ADN corresponde a los **cromosomas**. Cada cromosoma en metafase está formado por dos cromátidas hermanas y un centrómero.

Niveles de organización del ADN



► Las fibras de 10 nm o nucleosomas se empacan en fibras de 30 nm gracias a la interacción de varios nucleosomas estabilizados por las histonas de unión H1. A la vez, las fibras de 30 nm se siguen plegando hasta formar los cromosomas metafásicos, máximo grado de condensación del material genético.

Actividad

1. **Observa** el esquema anterior y luego responde. ¿Qué estructuras corresponden al menor nivel de compactación del ADN y cuáles al mayor?
2. En grupo, **discutan** y **argumenten** qué nivel de organización implicará un mayor grado de expresión génica.

AYUDA

La expresión génica es el proceso mediante el cual la información contenida en el ADN se utiliza para dirigir la síntesis de un producto génico, como proteínas o ARN. Un ADN altamente compactado dificulta su lectura, por lo tanto, los genes de proteínas que poseen una gran demanda para la célula no se encuentran en estas regiones.

La carrera por la secuenciación: el Proyecto Genoma Humano

El Proyecto Genoma Humano fue un programa de investigación creado con el fin de conocer información detallada acerca de la estructura, organización y función del ADN humano. El Proyecto se creó originalmente en Estados Unidos, pero dada la magnitud y las implicancias de este, se gestó un **Consorcio Público Internacional** con más de 1000 investigadores, que incluyó más de 16 universidades e institutos en diferentes países, como Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, Alemania, Japón y China, entre otros.

Sin embargo, en 1998 el Dr. Craig Venter fundó Celera Genomics, una compañía privada cuyo objetivo era secuenciar el genoma humano mediante una técnica automatizada, es decir, determinar el orden de nucleótidos de una secuencia de ADN en forma automática. Fue entonces cuando comenzó la carrera por secuenciar el genoma humano.



¿En qué consiste la secuenciación?

La secuenciación de ADN es un conjunto de métodos y técnicas bioquímicas cuya finalidad es determinar el orden de los nucleótidos (A, C, G y T) de una molécula de ADN.

¿En qué diferían las técnicas usadas por el Consorcio Público Internacional y por la compañía Celera Genomics?

Ambos proyectos usaron técnicas similares de secuenciación y automatización, pero se diferenciaban en cómo ordenaban las secuencias en el genoma. El Consorcio secuenciaba largas extensiones de ADN de ubicación conocida. En la compañía Celera Genomics, en tanto, secuenciaban todo el genoma luego de haberlo “cortado” en fragmentos pequeños, y su ubicación la determinaban por la superposición de estos pequeños fragmentos.

Si bien la técnica empleada por Celera Genomics era mucho más rápida, necesitaba de un “mapa físico” o de cierto conocimiento previo de la posición de los genes en los cromosomas, información que poseía el Consorcio.

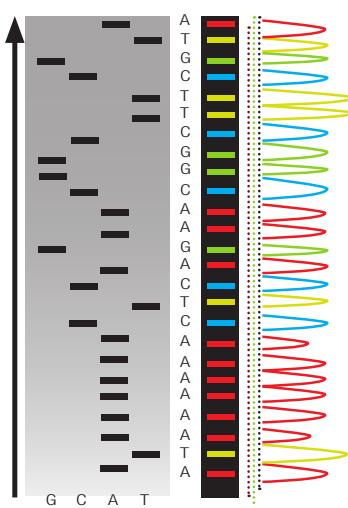
Acuerdo entre el Consorcio y la compañía Celera

Luego de que el Consorcio presentara su borrador de la secuenciación del genoma humano se produce un acercamiento entre ellos para lograr uno de los mayores avances científicos de la historia de la humanidad.

El Consorcio Público Internacional y la compañía Celera Genomics dejaron atrás sus enfrentamientos y anunciaron la publicación conjunta de la secuenciación del genoma humano.

Aunque Celera Genomics ya había presentado antes su borrador oficial, gracias a los datos del Consorcio pudo finalizar la fase de ensamblaje de su borrador del genoma. De esta forma, al final del estudio ambos proyectos se complementaron.

El 12 de febrero de 2001, la empresa Celera Genomics publica la secuenciación del genoma en la revista *Science* y Consorcio Público hace lo mismo en *Nature*.



▲ La secuenciación del ADN permite conocer el orden de las bases nitrogenadas.

Sorpresa del genoma humano

Al comenzar el Proyecto Genoma Humano se estimaba que se encontrarían alrededor de 50.000 - 100.000 genes. Sin embargo, hoy sabemos que el genoma humano contiene alrededor de 23.000 genes que codifican para proteínas, solo un 1,5% del genoma. El resto son genes para ARN no codificantes, secuencias regulatorias, intrones y "ADN basura".

¿Cuáles son los beneficios de la secuenciación del genoma humano?

Su secuenciación ayudó a comprender mejor cómo se relacionan los cambios en ciertas secuencias de genes con algunas enfermedades y cómo podrían ser regulados con nuevos medicamentos. Esto permitió el diseño de nuevos tratamientos e incluso corregir estas alteraciones antes de que se produjera el nacimiento.

- **Diagnóstico:** se crearon test genéticos para detectar ciertas enfermedades, como distintos tipos de leucemia, por ejemplo. En el caso de los recién nacidos, determinar su perfil genético permitiría reconocer genes o proteínas faltantes antes del desarrollo crónico de la enfermedad.
- **Alerta a pacientes en riesgo:** existen ciertos alelos de genes que constituyen factores de riesgo para algunas patologías, como el caso de los segmentos repetidos en la enfermedad de Huntington o la presencia del alelo E4 y su relación con el Alzheimer.
- **Tratamiento:** promueve la búsqueda de nuevas secuencias de ADN que puedan actuar como blancos genéticos para el tratamiento de algunas patologías.



▲ El genoma humano se publicó simultáneamente en las revistas *Science* y *Nature*.

En la actualidad: Proyecto ENCODE

Un nuevo proyecto nace del Consorcio Público Internacional: la "Enciclopedia de elementos del ADN" o Proyecto ENCODE. Su objetivo era construir una especie de catálogo de secuencias funcionales del genoma humano que incluyera segmentos regulatorios que controlan la expresión de proteínas, de ARN y de la célula en general.

En septiembre de 2012, los resultados del proyecto ENCODE fueron publicados en diversas revistas científicas, los que dieron cuenta del análisis de más de 4 millones de regiones reguladoras contenidas en el genoma humano. Entre otros hallazgos, los científicos descubrieron que el conocido hasta ahora como "ADN basura" (información no codificante) es, en realidad, un gran panel de control con millones de interruptores que regulan la expresión de nuestros genes, los factores que determinan que las proteínas se produzcan en las células que corresponden y en el momento adecuado y sin los cuales los genes no funcionarían y aparecerían las enfermedades.

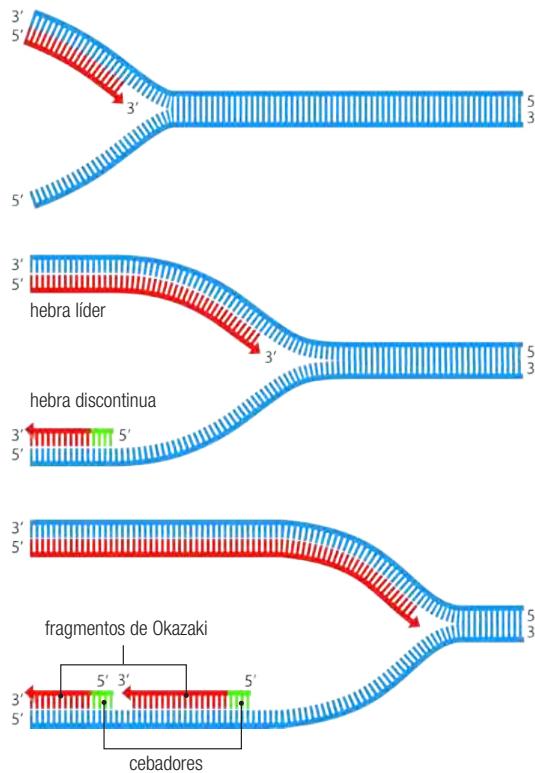
Actividad

1. En grupo, realicen la siguiente actividad de bioinformática.
 - a. Ingresen al siguiente enlace del *National Center for Biotechnology Information* (NCBI): <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
 - b. En el menú desplegable de la parte superior, donde dice All databases, ingresen a *Genome*.
 - c. Realicen la búsqueda *Homo sapiens*. Anoten el número de cromosomas secuenciados.
 - d. Pueden buscar el genoma de otros organismos, como *Mus musculus* (ratón), *Mycoplasma pneumoniae* (bacteria) y *Arabidopsis thaliana* (planta). Anoten cuántos cromosomas poseen.

Ampliando MEMORIA

El Centro Nacional de Información Biotecnológica de Estados Unidos (NCBI) posee bases de datos gratuitas con numerosos genomas; entre ellos, se puede acceder al genoma humano.

La replicación del ADN es semiconservativa



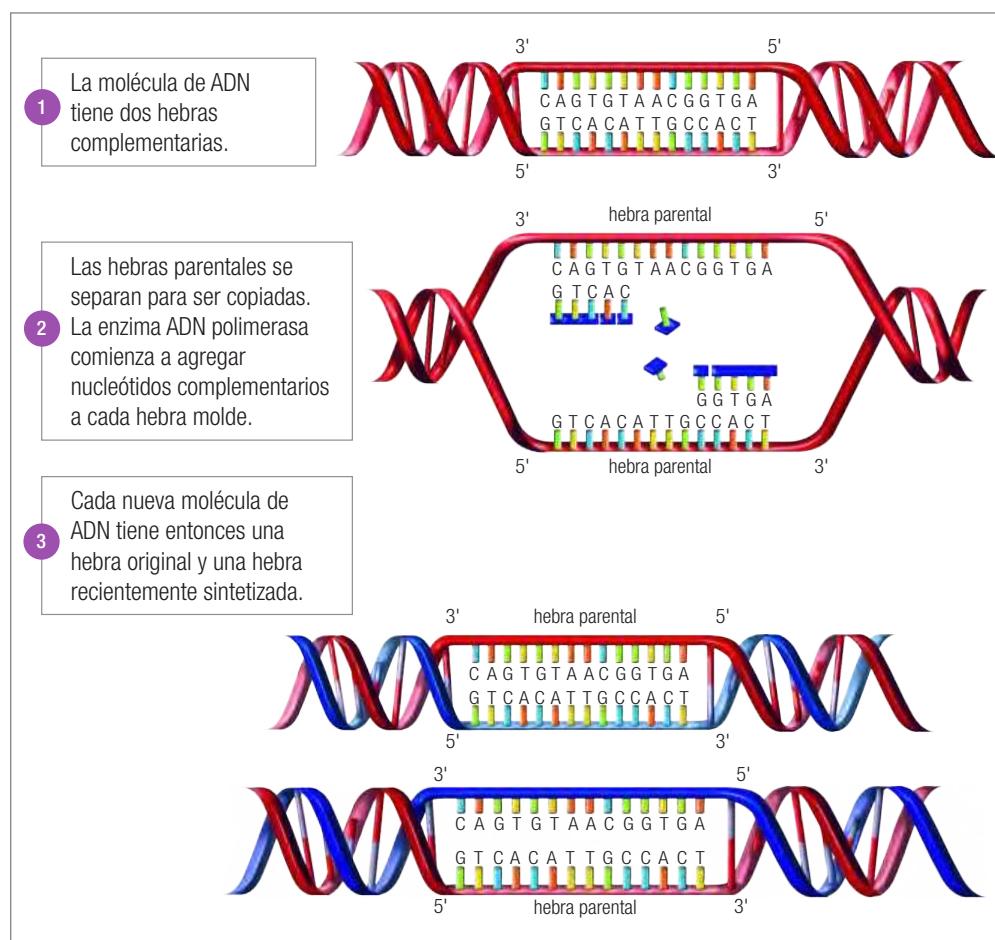
▲ La enzima ADN polimerasa funciona en dirección 5' → 3', es decir, añade los nucleótidos al extremo 3' OH libre del ADN.

La replicación del ADN es un proceso biológico que ocurre en células de todas las especies y constituye la base de la herencia en los organismos vivos. Cada hebra de la doble hélice de ADN sirve como molde para la producción de una hebra complementaria, en un proceso conocido como **replicación semiconservativa**.

La replicación del ADN se inicia en regiones específicas del genoma, llamadas orígenes de replicación. En este punto, el ADN se desenrolla parcialmente para la síntesis de las nuevas hebras de ADN y forma una estructura llamada **tenedor de replicación**.

El tenedor de replicación se mueve en una dirección, pero ambas hebras no pueden crecer en el mismo sentido, ya que la polimerización o adición de nuevos nucleótidos por la enzima **ADN polimerasa** ocurre en el extremo 3' OH libre. Esto produce que una hebra se sintetice en forma continua, y es llamada hebra líder, mientras que la otra se sintetiza en forma fragmentada, y se denomina hebra discontinua.

La hebra discontinua se sintetiza en dirección opuesta al crecimiento del tenedor de replicación gracias a la adición de pequeños fragmentos de ARN llamados cebadores o *primers*. Estos permiten la acción de la ADN polimerasa, que genera pequeños fragmentos de ADN denominados **fragmentos de Okazaki**. Luego, los cebadores son eliminados y reemplazados por ADN y los fragmentos de Okazaki son unidos en una hebra continua.

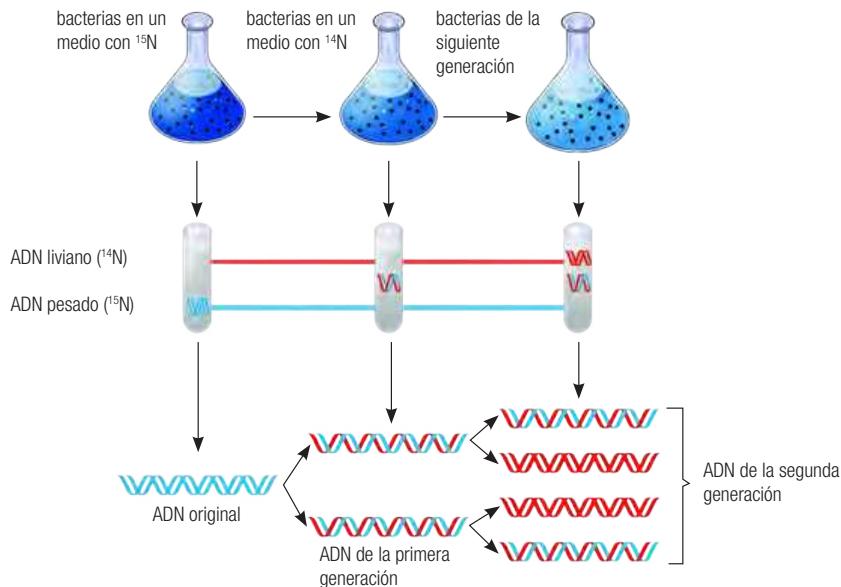


¿Cómo se pudo determinar?

Cuando Watson y Crick presentaron su modelo de la molécula de ADN sugirieron que la replicación del ADN era **semiconservativa**; sin embargo, fueron postulados otros dos modelos. El modelo **conservativo** proponía que la doble hebra de ADN servía como molde para una nueva hebra de ADN, y que luego de replicarse, estas nuevas hebras sintetizadas se mantenían juntas. El modelo de replicación **dispersiva**, en tanto, proponía que la molécula original servía como molde para sintetizar dos nuevas hebras que contendrían fragmentos de hebras nuevas y antiguas, las que se juntarían posiblemente al azar.

Los científicos **Matthew Meselson y Franklin Stahl**, en 1957, sometieron a prueba estos modelos de replicación. Trabajaron con la bacteria *Escherichia coli* y la cultivaron por catorce generaciones en un medio que contenía solamente ^{15}N (isótopo pesado) como fuente de nitrógeno. Esto daría como resultado que el ADN de las bacterias fuese más “pesado” que el de bacterias creciendo en un medio con nitrógeno liviano o normal (^{14}N). Posteriormente, cambiaron el medio a nitrógeno normal o ^{14}N . Tomaron muestras de bacterias a distintos intervalos y el ADN se sometió a centrifugación. Los dos tipos de ADN (pesado y liviano) podían ser detectados mediante esta técnica de centrifugado por gradiente de densidad, lo que permitiría reconocer qué isótopos de nitrógeno se encontraban presentes en las moléculas de ADN. ¿Qué obtuvieron? En la generación inicial, el ADN fue uniformemente marcado con ^{15}N o pesado. Luego de una generación, el ADN que ya se había duplicado una vez fue medianamente denso. Luego de dos generaciones encontraron dos bandas de ADN: una de baja densidad y una de densidad intermedia.

¿Por qué el experimento de Meselson-Stahl respalda la hipótesis de la replicación semiconservativa del ADN? Las dos hebras de ADN se mantienen juntas durante la extracción y centrifugación. Al inicio, todo el ADN que la bacteria producía era pesado (^{15}N). Si cada hebra sirviese como molde para una hebra nueva, como es lo que ocurre y concuerda con los resultados que obtuvieron, el ADN de la primera generación tendría densidad intermedia (una hebra ^{15}N y una hebra ^{14}N). Durante la segunda generación, la mitad del ADN sería intermedio y la mitad liviano (^{14}N), en concordancia con el modelo de la replicación semiconservativa.



Actividad

- Dibuja cómo habría sido el patrón que hubiesen encontrado Meselson y Stahl si la replicación del ADN fuese conservativa.

Extracción de ADN desde muestras vegetales

Materiales

Para este experimento necesitarán:

- fuente de ADN vegetal (espinacas, cebolla o legumbres).
- sal, agua e hisopos de algodón o palillos de cóctel.
- detergente líquido o lavalozas concentrado.
- ablandador de carne, jugo de piña (la fruta natural) y solución para lentes de contacto (pueden ser las tres o solo una de estas opciones).
- alcohol etílico 95% (alcohol común de cualquier botiquín).
- juguera o procesadora de alimentos.
- tubos de ensayo, colador y cronómetro.

Protocolo experimental

1. Mezclen 1/2 taza del vegetal seleccionado, una pizca de sal y una taza de agua (200 mL) en la juguera o procesadora de alimentos durante 15 segundos. La mezcla resultante se debe filtrar con el colador para descartar las partículas de gran tamaño.
2. A la mezcla filtrada deben añadirse dos cucharaditas de detergente líquido. Revuelvan sin formar espuma. Luego la dejan reposar por 10 minutos.
3. Si tienen ablandador de carne, jugo de piña (natural) y solución para lentes de contacto, pueden dividir la mezcla en tres tubos distintos y probar con cada uno separadamente. Agreguen a cada tubo una pequeña cantidad de ablandador de carne y/o jugo o solución para lentes, y revuelvan lentamente.
4. Inclinén el tubo de ensayo con la mezcla y añadan cuidadosamente el alcohol etílico 95%, de modo que se forme una capa sobre la mezcla anterior. Deberán añadir tanto alcohol como la cantidad de mezcla que tengan en el tubo (dilución 1:1).
5. El ADN comenzará a “coagular” como una masa blancuzca y subirá hasta la parte donde está el alcohol. En este momento se puede retirar el ADN con la ayuda de un palillo. En este caso, las proteínas y la grasa se quedan en la parte acuosa de la mezcla y el ADN asciende hasta llegar al alcohol.



Puede ser necesario realizar varias veces el experimento con diversas fuentes de ADN, distintos detergentes y ablandadores, ya que muchas veces no se logran los resultados esperados en el primer intento. Dividánense en grupos y utilicen diversas combinaciones de materiales. Comparen sus resultados con los de sus compañeros y compañeras.

Análisis del experimento

En grupo, contesten las siguientes preguntas:

- a. ¿Por qué se añade sal a la mezcla?
- b. ¿Qué tienen en común el ablandador de carne, el jugo de piña y la solución para lentes de contacto? ¿Cuál es su función en este experimento?
- c. ¿Cuál es la función del alcohol etílico?
- d. ¿Cuál es la función del detergente?

El código genético

Anteriormente aprendimos que el genoma contiene toda la información de los individuos, pero ¿cómo las células y los organismos lo descifran? El **código genético** corresponde a un conjunto de instrucciones que indican a las células cómo hacer una proteína específica.

Recuerda que el material genético se compone de cuatro bases nitrogenadas distintas. Estas se representan como letras en el código genético: adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C) en el ADN, y adenina (A), uracilo (U), guanina (G) y citosina (C) en el ARN.

Los **genes** están constituidos por secuencias de tamaño variable de estas cuatro bases, las que forman códigos de tres letras, llamados **codones**, que especifican a los aminoácidos que van a originar una proteína. Este código de tres letras o codones es **universal**, es decir, todos los organismos, tanto procariontes como eucariontes, usan el mismo código para elaborar los mismos aminoácidos.

Si consideramos que existen cuatro bases distintas y que pueden ordenarse en combinaciones de tres, el número de codones posibles es 64 (4^3), de los cuales 61 codifican para aminoácidos (siendo además uno de ellos el codón de inicio de lectura) y los tres restantes indican el término de la lectura de bases. La secuencia de codones determina la secuencia aminoacídica de una proteína, lo que dará cuenta, a su vez, de la estructura de la proteína y por ende de sus funciones específicas.

Otra característica del código genético es que es **degenerado**. Este concepto hace referencia a la existencia de más de un codón para el mismo aminoácido. Si pensamos que cada aminoácido está codificado por un codón (triplete) y hay cuatro tipos de nucleótidos, el cálculo que resulta es de 4^3 o 64 codones posibles; sin embargo, el código genético codifica solo para 20 aminoácidos y no para 64. ¿Cómo es esto posible? Algunos de los aminoácidos están codificados por diferentes codones, algunos solo por uno y otros por dos o por tres. Como ya vimos, existen, además, tripletes que no codifican para aminoácidos y son utilizados como secuencias de término de la lectura (codones de término).

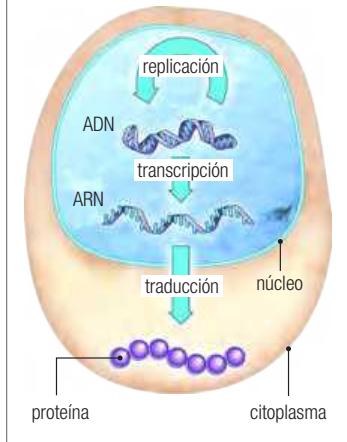
| 1. ^a posición | 2. ^a posición | | | | 3. ^a posición |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| | U | C | A | G | |
| U | UUU - Fenilalanina | UCU - Serina | UAU - Tirosina | UGU - Cisteína | U |
| | UUC - Fenilalanina | UCC - Serina | UAC - Tirosina | UGC - Cisteína | C |
| | UUA - Leucina | UCA - Serina | UAA - Parada | UGA - Parada | A |
| | UUG - Leucina | UCG - Serina | UAG - Parada | UGG - Triptófano | G |
| C | CUU - Leucina | CCU - Prolina | CAU - Histidina | GCU - Arginina | U |
| | CUC - Leucina | CCC - Prolina | CAC - Histidina | CGC - Arginina | C |
| | CUA - Leucina | CCA - Prolina | CAA - Glutamina | CGA - Arginina | A |
| | CUG - Leucina | CCG - Prolina | CAG - Glutamina | CGG - Arginina | G |
| A | AUU - Isoleucina | ACU - Treonina | AAU - Asparagina | AGU - Serina | U |
| | AUC - Isoleucina | ACC - Treonina | AAC - Asparagina | AGC - Serina | C |
| | AUA - Isoleucina | ACA - Treonina | AAA - Lisina | AGA - Arginina | A |
| | AUG - Metionina* | ACG - Treonina | AAG - Lisina | AGG - Arginina | G |
| G | GUU - Valina | GCU - Alanina | GAU - Aspartato | GGU - Glicina | U |
| | GUC - Valina | GCC - Alanina | GAC - Aspartato | GGC - Glicina | C |
| | GUA - Valina | GCA - Alanina | GAA - Glutamato | GGA - Glicina | A |
| | GUG - Valina | GCG - Alanina | GAG - Glutamato | GGG - Glicina | G |

* Codón de inicio

- Estos codones codifican secuencias de aminoácidos que conforman distintas proteínas específicas. Si existiesen "dobletes" en lugar de "tripletes", es decir, dos bases por codón, ¿cuántos aminoácidos distintos podrían formarse?

Descifrando el código genético, proceso de transcripción

Expresión génica



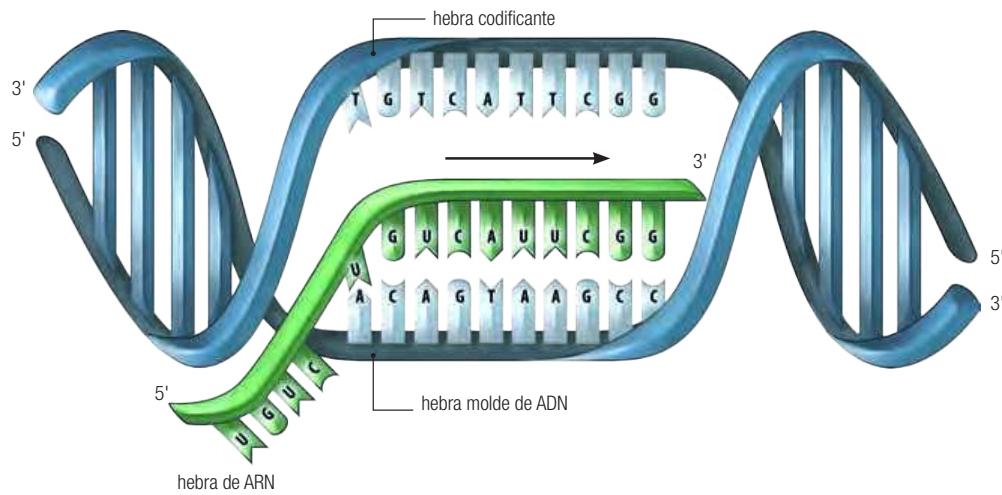
El **dogma central de la biología** propone que existe una unidireccionalidad en el flujo de la información contenida en los genes de una célula, es decir, que el ADN es transcrita a ARN mensajero y que, posteriormente, este es traducido a proteína.

La **transcripción** corresponde al proceso de síntesis de ARN a partir de ADN y es el primer paso en la síntesis de proteínas. El ácido ribonucleico o ARN, a diferencia del ADN, está compuesto de ribonucleótidos, los que pueden contener adenina, citosina, guanina y, en lugar de timina, uracilo (U). Además, el azúcar en los ribonucleótidos es ribosa en lugar de desoxirribosa.

| ADN | ARN |
|--------|--------|
| T C | U C |
| A G | A G |

En la transcripción, una sección de la molécula de ADN es abierta y solo una hebra de esta sirve como **molde** para poder copiarla, mediante la adición de bases complementarias, en una molécula de ARN.

La enzima **ARN polimerasa** es la encargada de “leer” una hebra de ADN, llamada **hebra codificante**, y sintetizar una hebra de ARN a partir de la complementariedad de bases. La hebra de ARN naciente polimeriza en dirección $5' \rightarrow 3'$, mientras que la hebra molde es $3' \rightarrow 5'$.



Ampliando MEMORIA

El dogma también postula que solo el ADN puede duplicarse y, por tanto, transmitir la información genética a la descendencia. Sin embargo, existen excepciones a esta regla.

Algunos virus son capaces de sintetizar ADN mediante una polimerasa, la transcriptasa reversa, a partir de un ARN como molde.

Los priones, causantes de la enfermedad de las vacas locas, son proteínas capaces de transmitir su información patogénica a otras proteínas y “copiarse” en ausencia de ADN.

El primer paso en este proceso es la unión del complejo ARN polimerasa a una región reguladora específica de cada gen, llamada **promotor**.

La ARN polimerasa comienza la transcripción en un punto específico del promotor, que corresponde a una secuencia denominada punto de partida o *start point*. Desde esta posición, la polimerasa se mueve a lo largo de la hebra molde y sintetiza al nuevo ARN hasta que alcanza la secuencia de **terminación**, donde pone fin al transcrito (codón de término).

Existen al menos tres tipos de ARN, cuyas funciones iremos explicando a continuación. En eucariontes, aunque el ARN es sintetizado en el núcleo, migra hacia el citoplasma, donde se realiza la síntesis proteica.

Procesamiento del ARN mensajero en eucariontes

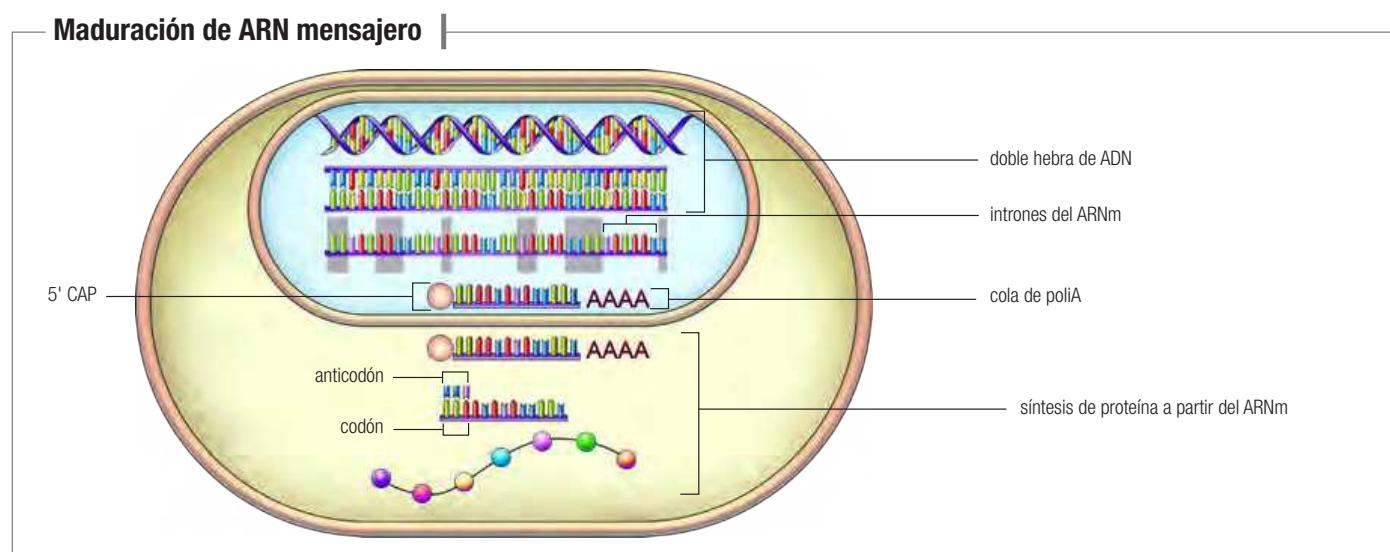
Existen diferencias significativas en el proceso de transcripción en procariotes (bacterias) versus eucariontes. En los procariotes ocurre en el citoplasma, mientras que en los eucariontes ocurre en el núcleo de la célula. Posteriormente, en el caso de los eucariontes, el ARN mensajero (ARNm) obtenido en la transcripción debe migrar al citoplasma para continuar con la traducción.

El ADN en los procariotes es mucho más accesible para el funcionamiento de la ARN polimerasa que en los eucariontes, ya que el ADN en estos últimos está compactado en los nucleosomas. Es por ello que en los eucariontes existen proteínas especializadas que median la interacción de la ARN polimerasa con el ADN.

Otra diferencia importante es que en los eucariontes se producen modificaciones al ARNm que no se dan en los procariotes, tales como la adición de un casquete en el extremo 5' (5' CAP), la adición de una cola de poliadeninas o **poliA** y procesos de corte y empalme o **splicing**. Veamos a continuación de qué se tratan.

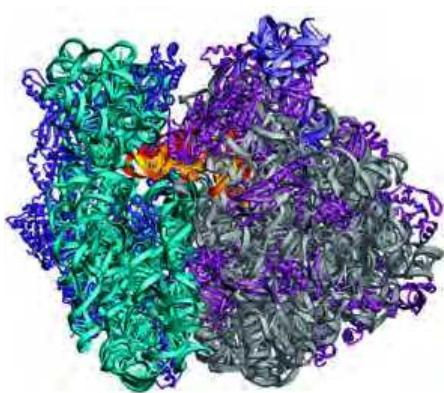
- **5' CAP:** en el extremo 5' de los ARNm eucarióticos se añade un nucleótido modificado de guanina, 7-metilguanosina trifosfato, denominado caperuza o casquete. Este extremo es necesario para que se lleve a cabo el proceso normal de traducción del ARN, se mantenga así su estabilidad y se logre el reconocimiento y acceso apropiado del ribosoma.
- **Poliadenilación:** en el extremo 3' de los ARNm se añade una cola de poliA, que corresponde a una secuencia de ARN formada solo por adeninas. La función de las poliA es proteger al ARNm de la degradación de enzimas. ¿Cómo sabe la célula cuándo debe añadir una cola de poliA a un cierto ARNm? Esta instrucción está mediada por una señal de poliadenilación (AAUAAA), que se encuentra a unos 11-30 nucleótidos antes del extremo 3' del ARNm.
- **Splicing:** en los ADN eucarióticos existen secuencias no codificantes de proteínas denominadas **intrones**. Para que ocurra la correcta traducción de las proteínas deben escindirse estas secuencias del ARNm transcripto. Este proceso se denomina corte y empalme o **splicing**.

En algunos casos ocurre un proceso de corte y empalme alternativo en el que en un mismo ARNm se pueden escindir distintos intrones, lo que permite obtener diferentes proteínas desde un solo gen.



Síntesis de proteínas, proceso de traducción en los eucariontes

¿Cómo se crean nuevas proteínas en las células? Ya vimos el proceso de transcripción por el cual la ARN polimerasa sintetiza una hebra de ARN a partir de un determinado segmento de ADN, cuya información llega a estructuras especializadas para realizar la síntesis de nuevas proteínas, proceso conocido como **traducción**.

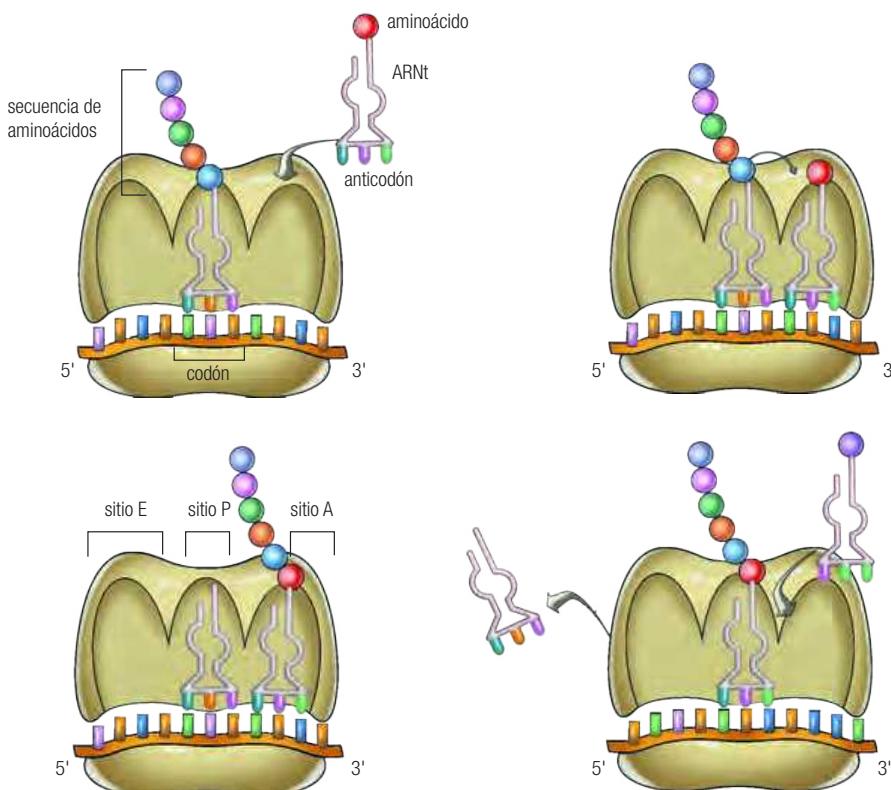


▲ Representación de la estructura molecular de un ribosoma.

En todas las células, tanto procariotes como eucariotes, el proceso de traducción se realiza en el **ribosoma**. En los eucariotes, las moléculas de ARNm maduro, a las que, como ya sabemos, se les ha añadido un CAP, una cola de poliA y han experimentado *splicing*, dejan el núcleo y viajan al citoplasma, donde se encuentran los ribosomas. En los organismos procariotes, en cambio, los ribosomas se acoplan directamente al ARNm inmaduro, proceso que estudiaremos más adelante.

El ribosoma está formado por proteínas y contiene además un tipo de ARN especializado, llamado **ARN ribosomal (ARNr)**. El ribosoma está compuesto de dos subunidades: la subunidad mayor o 60s y la subunidad menor o 40s. Cada subunidad existe en forma separada en el citoplasma, pero se unen al acoplarse a la molécula de ARNm. Así, mientras se traduce el código genético en la subunidad pequeña, el ensamblaje secuencial de los aminoácidos tiene lugar en la subunidad grande.

Los **ARN de transferencia (ARNt)** son moléculas “adaptadoras” que pueden leer un triplete contenido en el ARNm, mientras que en uno de sus extremos lleva unido el aminoácido correspondiente. Para asegurar el cabal desarrollo del proceso, el ribosoma dispone de sitios bien determinados. El sitio A es donde el ARNt, cargando su respectivo aminoácido, se une al ribosoma, luego pasa al sitio P y deja el sitio A libre para la entrada de otro ARNt. Como veremos más adelante, este ciclo se repite hasta terminar de formar la cadena con un ARNt de finalización que no carga aminoácidos.



Simbología

| | | | |
|---|----------|---|---------|
| ■ | citosina | ■ | adenina |
| ■ | guanina | ■ | uracilo |

¿Qué son los ARNt y cuál es su importancia?

Los ARNt son un conjunto de moléculas intermedias que actúan como adaptadores en la traducción de proteínas, ya que discriminan tanto a los codones del ARNm como a los aminoácidos correspondientes. La función del ARNr, en tanto, es catalizar la unión de cada nuevo aminoácido a la cadena polipeptídica naciente.

La función básica de los ARNt es alinear a los aminoácidos según el orden de los codones del ARNm. Los ARNt poseen una forma característica, semejante a un trébol de cuatro hojas. Los cuatro brazos se generan por la presencia de secuencias de tres a cinco pares de nucleótidos complementarios, los que se aparean entre sí, tal como los nucleótidos de las dos cadenas del ADN.

En la punta de uno de los brazos se encuentran los extremos 5' y 3' del ARNt. El 3' es más largo, extremo donde sobresale la secuencia CCA o **aceptador**, denominado así porque a él se une el aminoácido correspondiente.

Los tres brazos restantes poseen en sus extremos secuencias de siete a ocho nucleótidos con forma de asas. Una de ellas contiene el **anticodón**, secuencia complementaria a la del codón, por lo que su composición varía en cada tipo de ARNt. La siguiente se denomina **asa D**. Ella posee enzimas encargadas de unir cada aminoácido con su correspondiente molécula de ARNt. La tercera asa se conoce como **asa T**, y es la que actúa como lugar de reconocimiento del ribosoma.

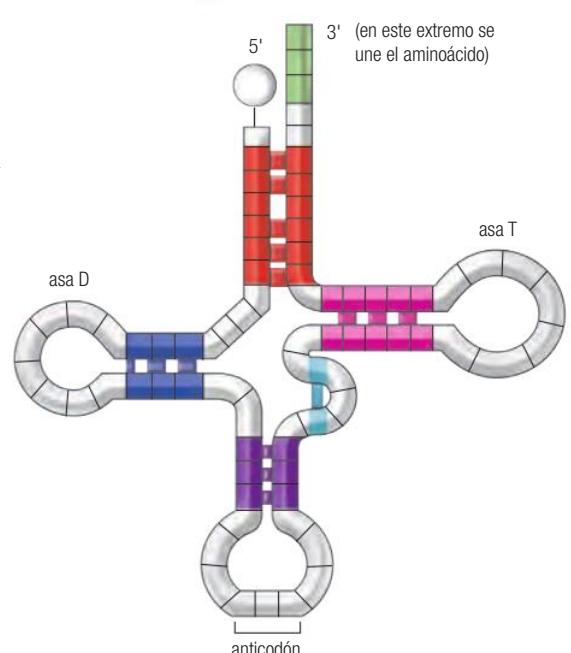
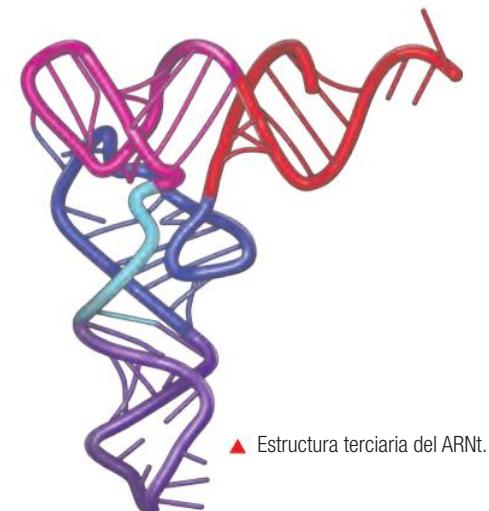
Entre el asa T y el anticodón existe una **asa adicional**, llamada **variable**, porque su longitud difiere en los distintos ARN de transferencia.

El proceso de traducción

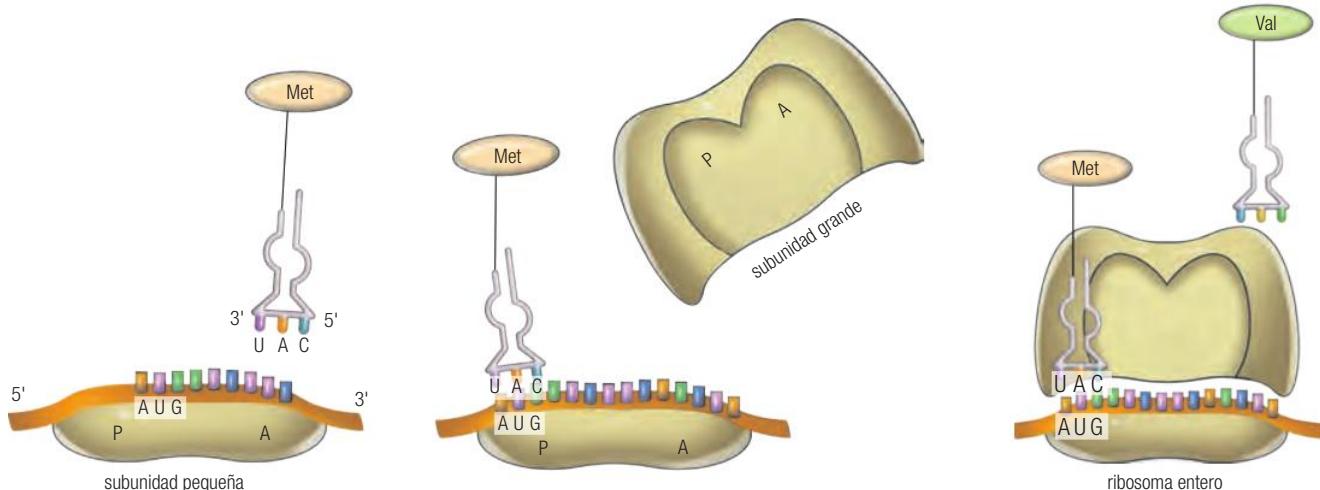
El proceso de traducción puede dividirse en tres etapas:

Iniciación

La subunidad menor o pequeña del ribosoma se **carga** con un ARNt que contiene el aminoácido metionina. Este ARNt comienza a “escanear” el ARN mensajero en busca de la secuencia de inicio AUG, que corresponde al codón que codifica para el aminoácido metionina. Al encontrar la secuencia AUG, se une la subunidad larga del ribosoma para comenzar la traducción de proteínas.



▲ Los ARNt poseen una estructura secundaria en forma de trébol.



Ampliando MEMORIA

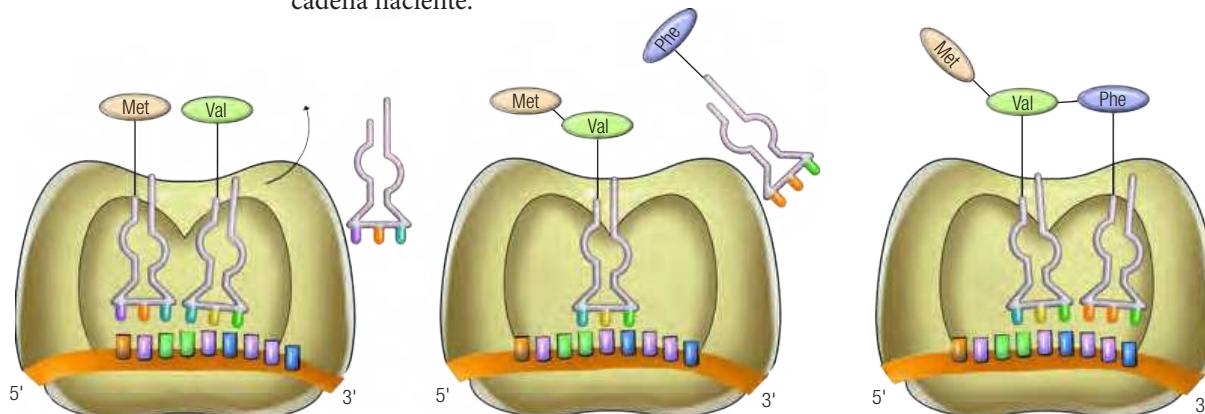
La unión de los aminoácidos entre sí para construir una proteína se produce entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del aminoácido siguiente, lo que produce la pérdida de una molécula de agua. Este tipo de enlace se denomina enlace peptídico.

Elongación

Un nuevo ARNt complementario al codón que sigue al codón de inicio entra al ribosoma. Si el anticodón es complementario al ARNm, el ribosoma une el aminoácido llevado por el segundo ARNt a la metionina de la posición P.

Posteriormente, el ribosoma se mueve al siguiente triplete y un nuevo ARNt puede entrar al ribosoma. Una vez que es reconocido, el aminoácido llevado por este nuevo ARNt es unido al aminoácido anterior, con lo que se repite el proceso.

¿Qué sucede si el ARNt que entra al ribosoma no corresponde al anticodón requerido por el mensajero? En este caso, el anticodón del ARNt no es complementario al codón del ARNm; por lo tanto, el ribosoma lo rechaza y no se realiza la unión de este aminoácido erróneo a la cadena naciente.



Término

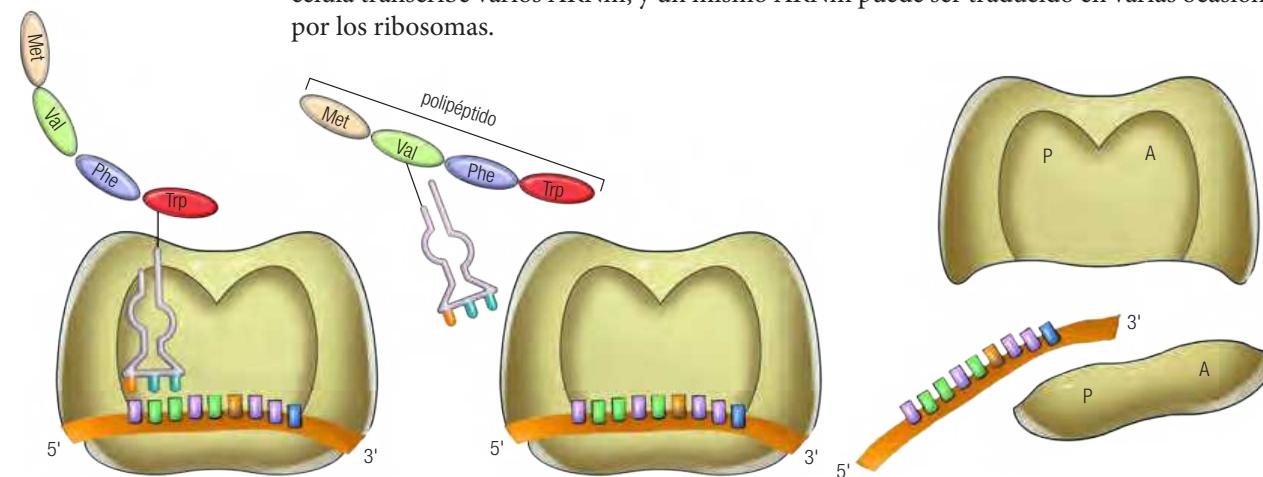
Para GRABAR

Para sintetizar una proteína, primero se transcribe una secuencia de ADN en ARN mensajero. Esta sale del núcleo y es leída por un ribosoma, donde los aminoácidos son transportados por ARN de transferencia que los van uniendo en la posición adecuada para formar la nueva proteína.

¿Cómo sabe el ribosoma cuándo detenerse para liberar la nueva proteína? Así como hay una secuencia o codón de inicio, dentro del ARNm existen también secuencias *stop* o codones de término. Hay tres secuencias en el código genético que corresponden a codones de término de la traducción: UAA-UAG-UGA. Cuando el ribosoma llega a uno de los tres codones de término, por ejemplo UAA, no hay ARNt para esa secuencia. Entonces, proteínas de terminación especializadas se unen al ribosoma y estimulan la liberación del polipéptido y el ribosoma se disocia del ARN mensajero.

Al liberarse del ARNm, las subunidades mayor y menor del ribosoma se separan y la subunidad pequeña puede cargarse con un nuevo ARNt que contenga metionina. De esta forma, el proceso puede recomenzar para sintetizar una nueva proteína.

Algunas células necesitan grandes cantidades de una determinada proteína. En ese caso, la célula transcribe varios ARNm, y un mismo ARNm puede ser traducido en varias ocasiones por los ribosomas.



Transcripción y traducción acoplada en los procariontes

Existen diferencias importantes entre la síntesis de proteínas de los eucariontes y de los procariontes. Como los procariontes no poseen un núcleo que separe el proceso de transcripción del de traducción, los genes bacterianos se transcriben y traducen inmediatamente. Mientras que en los eucariontes la transcripción se produce en el núcleo de la célula, en los procariontes la lectura del ADN a ARNm ocurre en el citoplasma. Recordemos que en los organismos eucariontes el ARNm debe trasladarse al citoplasma desde el núcleo para ser traducido.

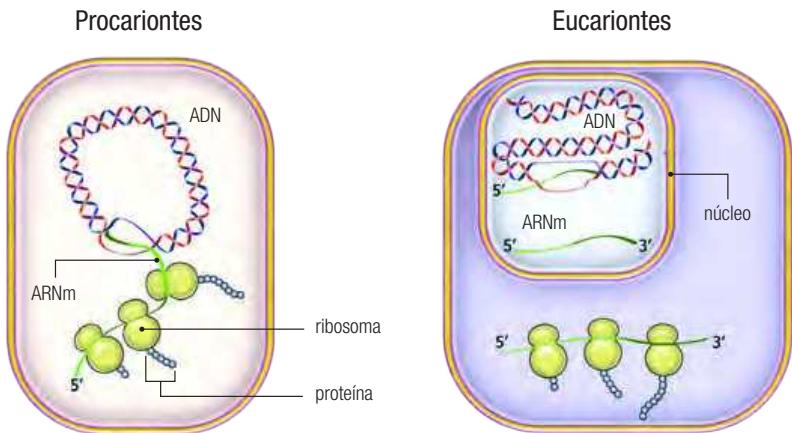
El ADN en procariontes es mucho más accesible para la ARN polimerasa que el ADN eucarióntico, ya que este último se encuentra enrollado sobre las histonas formando los nucleosomas. En los organismos eucariontes existen proteínas especializadas que median esta interacción, mientras que en los organismos procariontes la ARN polimerasa puede interactuar directamente con el ADN.

El ADN contenido en los cromosomas lleva la información genética en unidades llamadas **genes**. Mientras que los ARNm de los organismos eucariontes codifican el gen de una proteína, en los procariontes un mismo ARNm puede llevar la información de diferentes genes que se transcriben en grupo, lo que genera distintas proteínas en forma simultánea. En general, estas proteínas participan en una misma vía metabólica. Este tipo de organización de la información en procariontes se denomina **operón**. Los operones les permiten a las bacterias responder rápidamente a cambios en el ambiente ante una nueva fuente de energía, como la lactosa, o la presencia de un aminoácido, como el triptófano. Además, la mayoría de los operones son regulables, ya sea por **inducción** o por **represión**, lo que le permite a la bacteria **promover** o **detener** la síntesis de un grupo de proteínas relacionadas de una sola vez; por ejemplo, las de una misma vía metabólica. Por ello se les denomina **policistrónicos** a algunos ARNm bacterianos, ya que cada ARNm puede codificar para varias proteínas, mientras que los eucariontes son **monocistrónicos**, porque codifican para un solo gen, es decir, para una sola proteína.

Actividad

- Completa la siguiente tabla con las diferencias entre organismos procariontes y eucariontes en el proceso de síntesis proteica.

| Criterios | Procariontes | Eucariontes |
|---|--------------|-------------|
| Lugar de la célula en que se realiza la transcripción | | |
| Lugar de la célula en que se realiza la traducción | | |
| Modificaciones del ARNm | | |
| ARNm monocistrónico o policistrónico | | |



▲ En los procariontes, el ARNm no requiere modificaciones, mientras que los ARNm eucariontes sufren *splicing*, 5' CAP y la adición de una cola de poliA. Además, tanto la transcripción como la traducción ocurren en el citoplasma.

Ampliando MEMORIA

Un operón está constituido por un promotor, un operador y genes estructurales. Todos estos elementos conforman un grupo de genes que se transcriben como un solo ARNm.

Analizando disco

Evaluación de proceso

I. Responde las preguntas de alternativas.

Genomas y organización del ADN

1. Con respecto al genoma es correcto decir que:

- A. es igual en todos los organismos.
- B. está compuesto por moléculas de ARN.
- C. es más pequeño en organismos simples.
- D. contiene los genes de todos los organismos.
- E. contiene el set completo de información de una especie.

2. ¿Cuál(es) de las siguientes relaciones es (son) verdadera(s) para el ADN nuclear de cualquier organismo?

- I. El número de guaninas es siempre igual al de citosinas.
 - II. El número de bases púricas es siempre igual al de pirimídicas.
 - III. La suma de adeninas y timinas es siempre igual a la suma de guaninas y citosinas.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y II
 - E. I, II y III

3. Con respecto al genoma humano, es incorrecto señalar que:

- A. hoy se conocen las funciones de todo el genoma.
- B. se completó su secuenciación y publicó en el año 2001.
- C. consiste en la secuenciación del ADN humano completo.
- D. ha permitido avances en medicina, terapia y diagnósticos.
- E. está disponible para el acceso de todos los científicos del mundo.

4. En la replicación del ADN, las copias resultantes están formadas por:

- A. dos hebras nuevas de ADN.
- B. dos hebras de ADN conservadas.
- C. una hebra de ADN conservada y otra nueva.
- D. dos hebras de ADN, cada una con una mitad conservada y otra nueva.
- E. dos hebras de ADN, cada una con segmentos conservados y otros nuevos.

5. El modelo de Watson y Crick afirma que la molécula de ADN es (son):

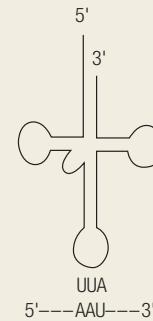
- A. una hebra lineal.
- B. una doble hebra asociada a histonas.
- C. una cadena lineal asociada a histonas.
- D. una hebra que forma una estructura helicoidal.
- E. dos hebras que forman una estructura helicoidal.

Funciones de los tipos de ARN

6. Un investigador purifica una molécula de ARN y lleva a cabo algunas pruebas para saber si este corresponde a un ARN mensajero. ¿Cuál(es) de los siguientes procedimientos le permitiría(n) dilucidarlo?

- I. Introducirlo en una célula y constatar la aparición de una nueva proteína.
 - II. Secuenciarlo y verificar que el número de sus nucleótidos es múltiplo de tres.
 - III. Secuenciarlo y reconocer la presencia de un codón de inicio y uno de término, cercanos a cada uno de los respectivos extremos.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y III
 - E. Solo II y III

7. ¿Cuál(es) de las siguientes opciones es (son) correcta(s)?



- I. La figura corresponde a un ARN de transferencia.
 - II. El triplete UUA representa un anticodón para un aminoácido.
 - III. La secuencia 5'---AAU---3' representa a un ARN mensajero.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y III
 - E. I, II y III

Flujo de información genética y síntesis de proteínas

- 8.** La enzima peptidil transferasa cataliza la formación de enlaces peptídicos. Una mutación en el gen codificador de esta enzima afectaría inicialmente el proceso de:
- traducción.
 - replicación.
 - transcripción.
 - reparación del ADN.
 - corte y empalme de exones.
- 9.** La función de la ARN polimerasa es:
- catalizar el enlace peptídico.
 - realizar el *splicing* de intrones.
 - duplicar una hebra de ADN codificador o gen.
 - realizar la replicación semiconservativa del ADN.
 - sintetizar una hebra de ARN a partir de una hebra de ADN.
- 10.** El código genético es universal. Esto implica que:
- todos los organismos poseen los mismos genes.
 - un codón de ARN codifica para el mismo aminoácido en todos los organismos.
 - la secuencia de ADN contenida en los genes es la misma entre distintos organismos.
- Solo I
 - Solo II
 - Solo III
 - Solo II y III
 - I, II y III

II. Responde las preguntas de desarrollo.

Replicación, transcripción y traducción

- 11.** Explica qué significa que la hebra de ADN sea antiparalela. ¿Qué consecuencias tiene esto para la replicación del ADN?
- 12.** ¿En qué se parece la replicación a la transcripción? ¿En qué es diferente?

- 13.** Completa la tabla con los tipos y funciones de los ARN involucrados en el proceso de síntesis de proteínas.

| Tipos de ARN | Función | Proceso |
|---------------|-----------------------------------|---------------|
| | | Transcripción |
| | Entregar un aminoácido específico | |
| ARN ribosomal | | |

- 14.** Con la ayuda del código genético, completa la información solicitada para las siguientes secuencias:

ADN: _____

ARNm: AUG CUU CAA GGU GGC UGA UAU

ARNt: _____

Proteína: _____

ADN: TGA GAA GGA GTC ATA ATT CCA

ARNm: _____

ARNt: _____

Proteína: _____

PISTAS

En la **replicación**, cada hebra de la doble hélice de ADN sirve como molde para la producción de una hebra complementaria.

La **transcripción** corresponde al proceso de síntesis de ARN y es el primer paso en la síntesis de proteínas, que culmina con su traducción.

Mi ESTADO

Anota el nivel de logro de tus aprendizajes hasta ahora según la categoría de desempeño dada: 1. Por lograr; 2. Medianamente logrado; 3. Bien logrado.

- Comprendí cómo se organiza el ADN en los organismos vivos.
(Preguntas 1, 2, 3, 4, 5, 11 y 12).
- Identifiqué los componentes y las funciones de los distintos ARN en la síntesis de proteínas.
(Preguntas 6, 7 y 13).
- Comprendí el flujo de información genética desde la molécula de ADN hasta la síntesis de proteínas.
(Preguntas 8, 9, 10 y 14).

Mutaciones en el ADN: cambios en las proteínas

Las **mutaciones** corresponden a cambios o alteraciones en la información genética o genotipo de un organismo y, por lo tanto, influyen en las características de tal individuo. En algunos casos se pueden transmitir a la descendencia.

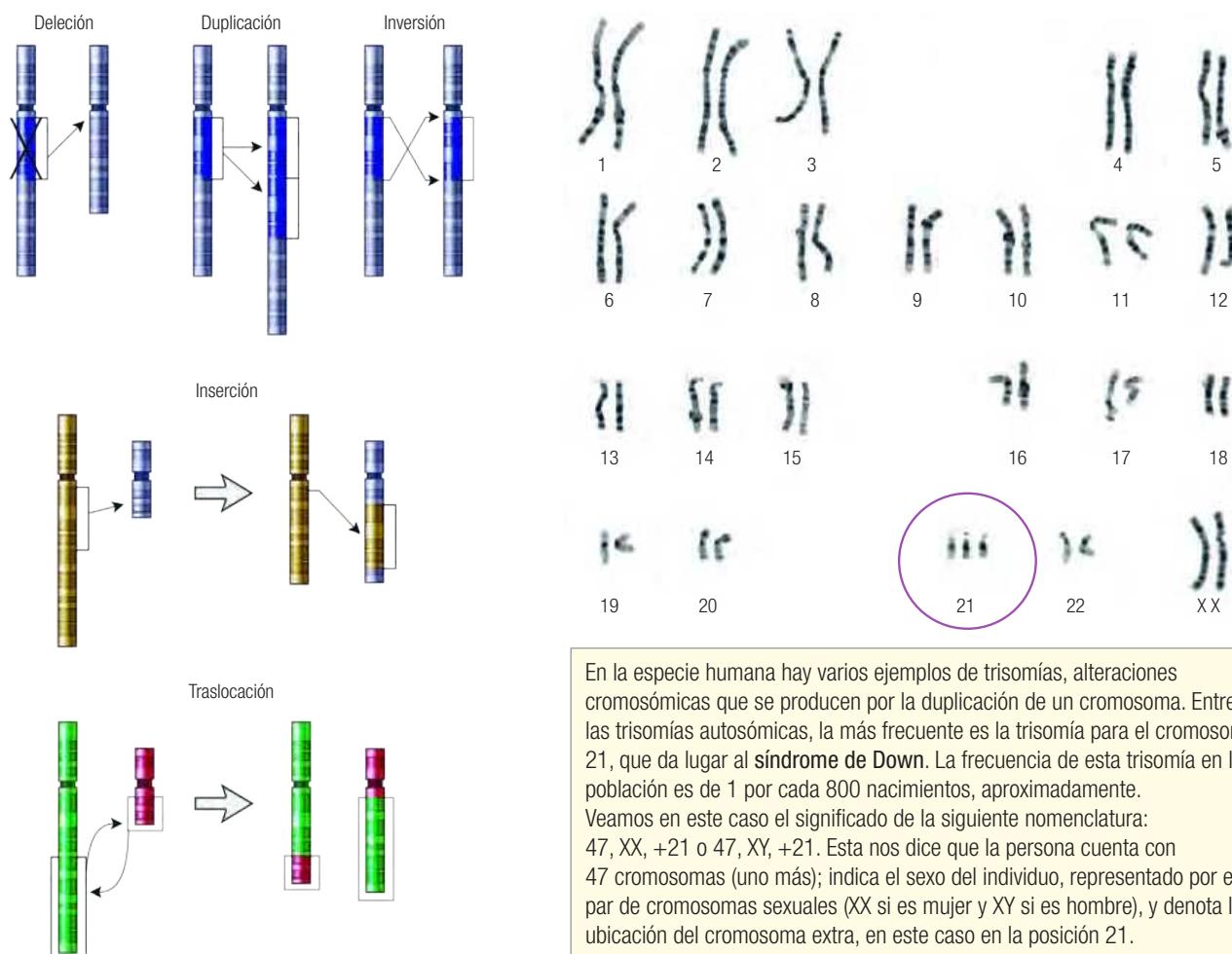
Si bien las mutaciones pueden ser causales de una enfermedad genética, también son responsables de la evolución de los individuos, ya que algunas mutaciones les confieren ventajas competitivas a los organismos, lo que al largo plazo se traduce en una mayor posibilidad de sobrevivencia.

Mutaciones cromosómicas

En ciertos casos, las mutaciones afectan a grandes segmentos de material genético, como ocurre con la duplicación o supresión de genes completos, con el reordenamiento de genes dentro o entre cromosomas o incluso con la modificación del número total de cromosomas.

Este tipo de mutaciones también se conocen como **reordenamientos cromosómicos** e implican cambios en la estructura de los cromosomas. Los tipos de reordenamientos cromosómicos pueden ser: **deleción, duplicación, inversión, inserción y traslocación**.

Tipos de mutaciones cromosómicas

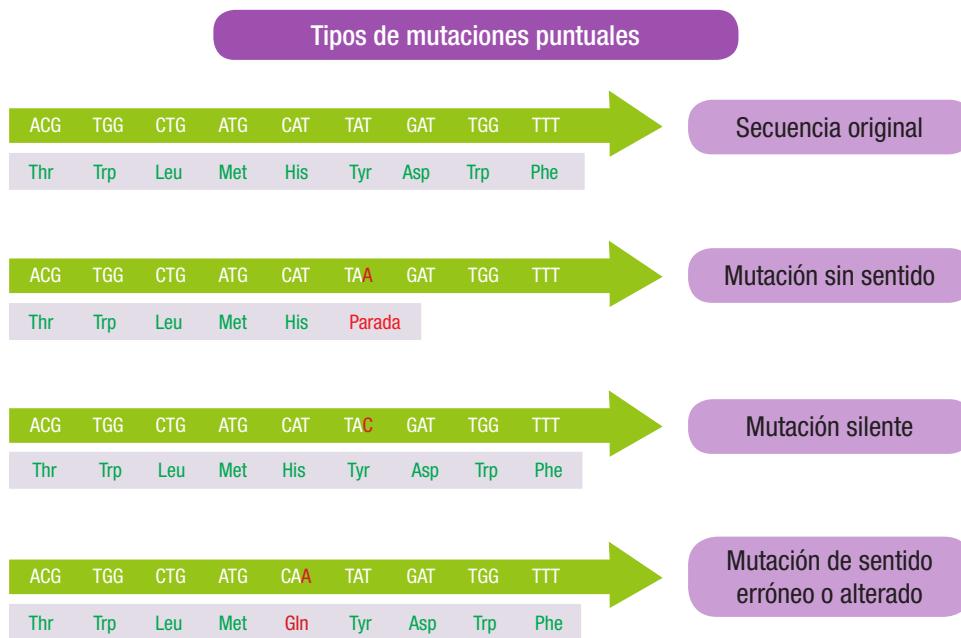


Mutaciones puntuales

Una **mutación puntual** es un tipo de mutación que causa el reemplazo de una base o nucleótido por otra base en el ADN. Las mutaciones puntuales generalmente se producen durante el proceso de replicación del ADN, aunque la célula posee un mecanismo de reparación del ADN para evitar o corregir estos errores. Sin embargo, la tasa de mutaciones espontáneas puede aumentar debido a la presencia de sustancias conocidas como **mutágenos**. Estos pueden ser de carácter físico, como los rayos ultravioleta (UV) o los rayos X, o de naturaleza química, como los radicales libres.

Los siguientes son ejemplos de mutaciones puntuales:

- **Mutaciones sin sentido:** en este tipo de mutaciones el reemplazo de una base provoca que un aminoácido se convierta en un codón de término. Esto causa que la proteína sea más corta de lo habitual, lo que interrumpe su normal funcionamiento.
- **Mutaciones silentes:** este tipo de mutaciones no tiene efectos en la proteína. Se produce cuando se sustituye una base por otra que codifica para el mismo aminoácido. Recordemos que el código genético es degenerado; por lo tanto, los 64 codones codifican solo para 20 aminoácidos.
- **Mutaciones de sentido erróneo o alterado:** la sustitución de una base provoca que el codón codifique para un aminoácido distinto.



- **Deleción o inserción de uno o varios nucleótidos:** este tipo de mutación conlleva un cambio en el inicio de lectura de los nucleótidos. Como resultado, se sintetiza una proteína con una secuencia de aminoácidos errónea. En un mismo punto pueden ocurrir simultáneamente una deleción y una inserción.



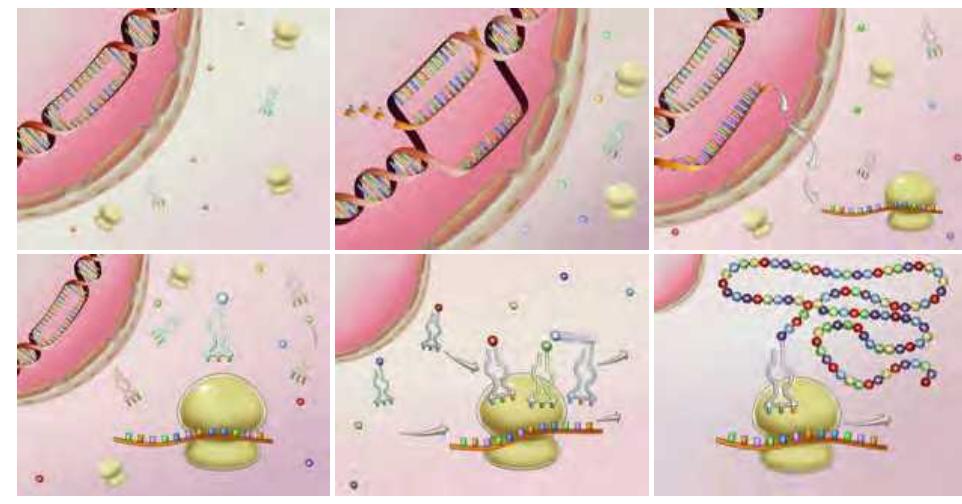
Para **GRABAR**

Gran parte de las mutaciones se producen de manera espontánea, es decir, por causas naturales, como errores que pueden ocurrir en la replicación o en la meiosis. Otras son causadas por agentes mutágenos que pueden afectar la estructura del ADN.

Funciones y características de las proteínas

Como vimos previamente, las proteínas son macromoléculas biológicas compuestas por cadenas de aminoácidos que se forman como resultado de los procesos de transcripción y traducción.

Esquema del proceso de síntesis de proteínas



Las proteínas cumplen las más variadas funciones: **estructurales, catalíticas, inmunológicas**, entre otras. Los **anticuerpos**, vitales en el funcionamiento del sistema inmune, son proteínas. Las proteínas se encargan de **regular la expresión de los genes**, de **replicar el ADN**, además de participar en la **transducción de señales** y actuar como **enzimas** del metabolismo celular.

Los aminoácidos contienen un grupo amino (-NH_2) y un grupo carboxilo (-COOH ; ácido), lo que les confiere un carácter anfipático (molécula que posee dos extremos con polaridades distintas). Además, presentan una cadena lateral o grupo radical (R), específico para cada aminoácido.

Los aminoácidos presentes en las proteínas se conectan a través de uniones que reciben el nombre de **enlaces peptídicos**, que son el resultado de la reacción del grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo amino del aminoácido siguiente, con lo cual se produce la eliminación de una molécula de agua.

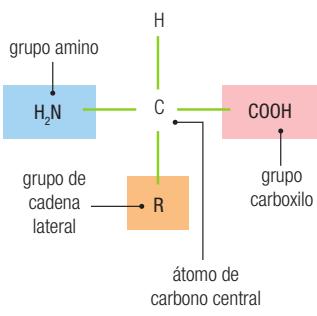
Grupos radicales

Como se observa en la figura, la estructura general de un aminoácido se establece por la presencia de un **carbono central alfa** unido a un grupo carboxilo, a un grupo amino, a un hidrógeno y a un grupo radical.

Según las características de su grupo radical, los aminoácidos se clasifican habitualmente en:

- **Neutros polares, polares o hidrófilos:** serina (Ser), treonina (Thr), cisteína (Cys), glutamina (Gln), asparagina (Asn), tirosina (Tyr) y glicina (Gly).
- **Neutros no polares, apolares o hidrófobos:** alanina (Ala), valina (Val), leucina (Leu), isoleucina (Ile), metionina (Met), prolina (Pro), fenilalanina (Phe) y triptófano (Trp).
- **Con carga negativa o ácidos:** aspartato (Asp) y glutamato (Glu).
- **Con carga positiva o básicos:** lisina (Lys), arginina (Arg) e histidina (His).
- **Aromáticos:** fenilalanina (Phe), tirosina (Tyr) y triptófano (Trp), ya incluidos en los grupos neutros polares y neutros no polares.

Estructura básica de un aminoácido



Plegamiento de proteínas: función de las chaperonas

Las proteínas sintetizadas en la célula deben organizarse de tal manera que posean una conformación funcional, ya que la actividad biológica de una proteína depende de su correcto **plegamiento**. Si una proteína no se pliega de modo adecuado, no podrá ejercer su función. La estructura tridimensional de una proteína en condiciones fisiológicas se conoce como **estructura nativa**. Esta se considera la más estable de todas las posibles y es además la estructura funcionalmente activa. La información que dirige el plegamiento correcto se encuentra en la secuencia primaria de las proteínas, es decir, en la secuencia de aminoácidos. Sin embargo, la correcta interpretación de esta información depende del ambiente celular. Si cambiamos las condiciones ambientales, la estructura nativa se pierde, proceso que se conoce como **desnaturalización**. Por ejemplo, a altas temperaturas, las proteínas pueden perder su conformación o estructura tridimensional. También se puede producir la desnaturalización de una proteína mediante cambios drásticos de pH o al añadir agentes caotrópicos, como la urea o el clorhidrato de guanidinio, o mediante disolventes orgánicos como el etanol.

Ampliando MEMORIA

En 1973, Christian Anfinsen postuló la hipótesis termodinámica para explicar cómo las proteínas adquirían su conformación tridimensional. Esta hipótesis postula que la estructura tridimensional de una proteína en su ambiente fisiológico normal está determinada por la secuencia de aminoácidos que la componen.

Plegamiento espontáneo y proteínas chaperonas

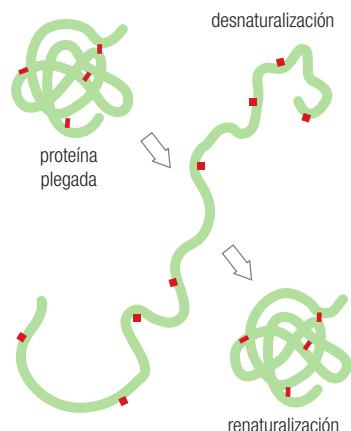
En algunos casos, las proteínas que han perdido su organización tridimensional debido a la desnaturalización pueden recuperar su estructura nativa en un proceso conocido como **renaturalización**. El experimento de Anfinsen demostró que bajo las condiciones adecuadas, casi todas las proteínas pueden desplegarse y volver a replegarse al menos *in vitro*. Este proceso se conoce como **plegamiento espontáneo** e implica que en la secuencia primaria de cada proteína reside toda la información necesaria para que estas adquieran su conformación correcta.

En el experimento de Anfinsen, la ARNasa, una enzima encargada de degradar la molécula de ARN, se denaturó con urea, compuesto que rompe los puentes de hidrógeno. Como la ARNasa también posee enlaces disulfuro (interacción entre los átomos de azufre de dos cisteínas), se rompieron estos enlaces mediante un agente reductor (mercaptoetanol). Luego de este tratamiento, la ARNasa se volvió inactiva. Cuando se removieron la urea y el mercaptoetanol, la enzima comenzó a funcionar de nuevo. ¿Cómo puedes explicar este resultado?

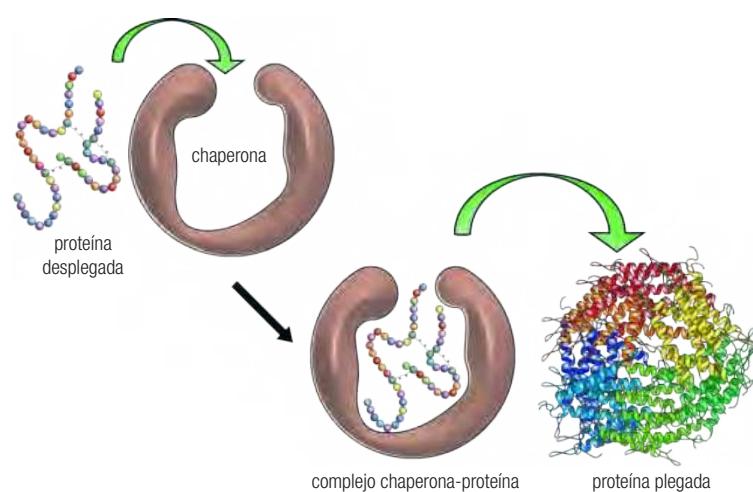
A pesar de que las proteínas poseen la información para plegarse en su secuencia primaria, la mayoría no lo hace durante su síntesis, sino que necesitan la ayuda de unas proteínas especiales, llamadas **chaperonas moleculares**. La función de estas es participar en el plegamiento de las proteínas nuevas para que pasen de un estado desplegado o parcialmente plegado a adquirir su conformación tridimensional final.

Algunas chaperonas no son específicas e interactúan con una amplia variedad de proteínas; otras, sin embargo, son altamente específicas para sus proteínas blanco.

Muchas de las chaperonas son llamadas también proteínas de choque térmico (o *heat-shock proteins*) debido a que su síntesis aumenta cuando las células son expuestas a altas temperaturas. Este es un proceso compensatorio de las células, ya que a altas temperaturas se produce una mayor cantidad de proteínas desplegadas o con plegamientos anómalos.



▲ Representación de la renaturalización de la enzima ARNasa.



▲ Existen varias clases de chaperonas. Se denominan con el prefijo Hsp, como sigla de *heat-shock proteins*, y un número que da cuenta de su peso molecular.

Estructura de las proteínas

Se distinguen cuatro niveles de organización en la estructura de una proteína: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.



▲ El primer modelo de lámina beta se hizo tras analizar los datos de difracción de rayos X de la fibroína de la seda, proteína producida por el gusano *Bombyx mori*.

Estructura primaria y secundaria de las proteínas

El orden o secuencia de los aminoácidos de un polipéptido (más de diez aminoácidos) que se ha sintetizado en el ribosoma corresponde a su estructura **primaria** (ver 1).

Para cumplir su función, las proteínas necesitan adoptar una estructura tridimensional y, aunque para cada proteína se establece una conformación única, existen dos patrones característicos. Estos se conocen como **alfa hélice** y **lámina beta**, y corresponden a la **estructura secundaria** de una proteína (ver 2). Ambos tipos resultan de la unión, mediante **puentes de hidrógeno**, entre los grupos amino (N-H) y carboxilo (C=O) de la cadena polipeptídica, proceso que no involucra a los grupos radicales de los aminoácidos.

Una alfa hélice se genera cuando una proteína da una vuelta sobre sí misma y forma una estructura helicoidal que se estabiliza gracias a los enlaces tipo puente de hidrógeno que se establecen cada cuatro aminoácidos, y que unen el grupo C=O del primer aminoácido con el grupo N-H del cuarto. La hélice da un giro completo cada 3,6 aminoácidos.

El centro de muchas proteínas contiene láminas beta, también llamadas hojas o sábanas beta. A diferencia de las alfa hélices, las láminas beta se pueden formar entre distintas cadenas polipeptídicas o entre distintas zonas de una misma cadena proteica, es decir, pueden formar interacciones intra e intermoleculares. Las cadenas laterales o grupos radicales de aminoácidos adyacentes en una lámina beta se encuentran en lados opuestos y no interactúan entre ellos. La conformación tipo lámina beta da como resultado una estructura bastante rígida.

Estructura terciaria y cuaternaria de las proteínas

La **estructura terciaria** de una proteína generalmente se refiere a la organización tridimensional de un polipéptido (ver 3). Se hace referencia a la **estructura cuaternaria** cuando una proteína está formada por más de una cadena polipeptídica (ver 4).

La estructura terciaria resulta del plegamiento y organización de la estructura secundaria, y se estabiliza mediante enlaces formados por los grupos radicales de los aminoácidos.

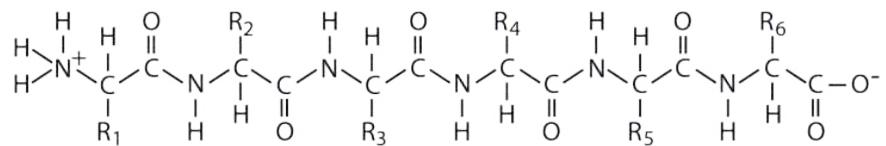
Muchas de las proteínas que contienen dos o más cadenas polipeptídicas, que es el caso de las proteínas con estructura cuaternaria, se mantienen asociadas gracias a la interacción entre los grupos radicales de las cadenas, los puentes de hidrógeno y las interacciones iónicas entre las subunidades. Las proteínas formadas por múltiples cadenas polipeptídicas se denominan **proteínas oligoméricas**.



◀ La estructura de la proteína queratina, la principal constituyente del cabello y las uñas, es rica en conformaciones de tipo alfa hélice.

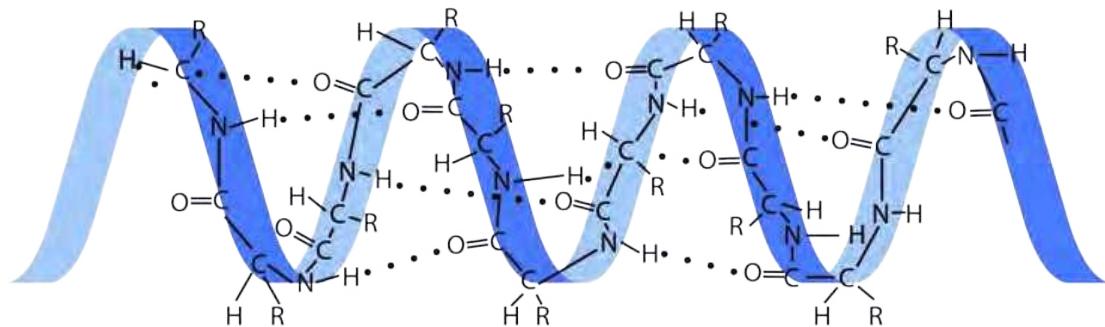
Niveles de organización en la estructura de una proteína

1



secuencia de aminoácidos

2



alfa hélice

3

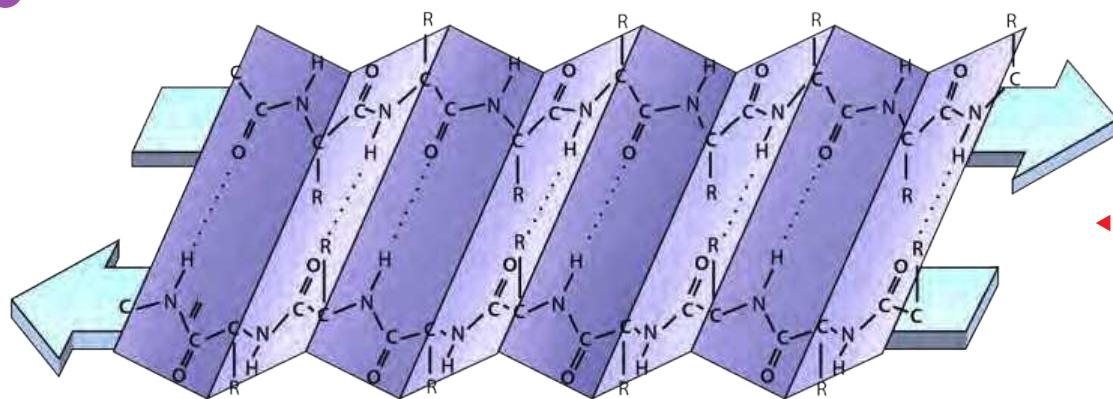
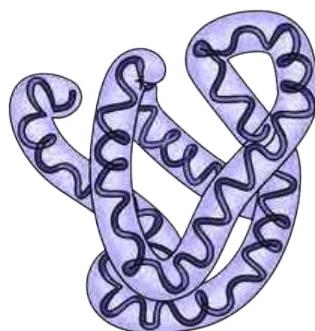
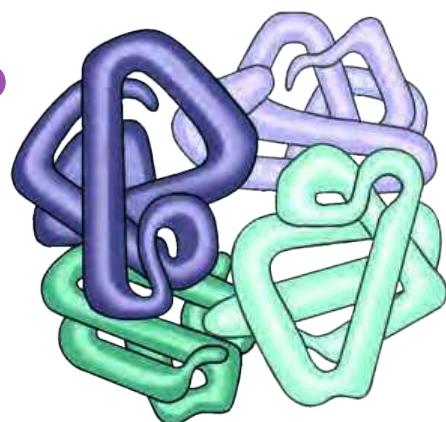


lámina beta

4

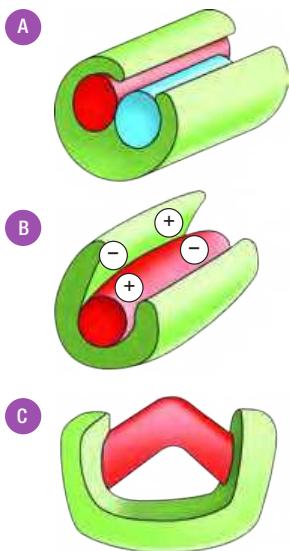


4



Para GRABAR

La estructura primaria corresponde al orden de los aminoácidos en una proteína, y determina el tipo de patrones secundarios (alfa hélice o lámina beta) que adquirirá. Las interacciones entre los grupos R de los aminoácidos permiten la conformación de la estructura tridimensional de una proteína o estructura terciaria, y la cuaternaria en el caso de que se unan varias cadenas polipeptídicas.

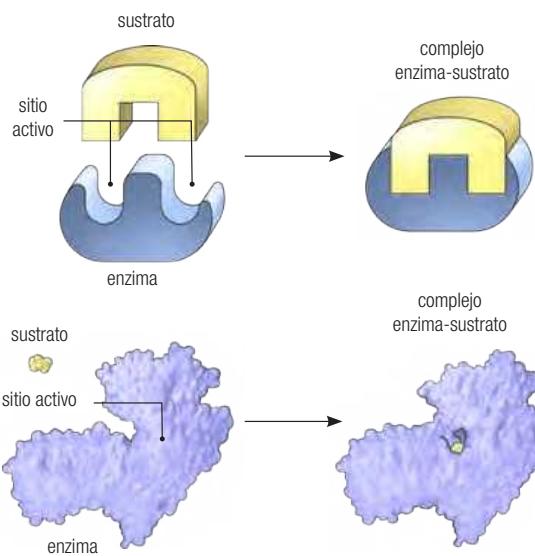


Enzimas: los catalizadores celulares

Las enzimas son proteínas que participan en las transformaciones químicas de la célula, las que involucran la creación de nuevos enlaces entre moléculas y el rompimiento de otros. Las enzimas se unen a una o más moléculas llamadas **sustratos**, las que por acción de las enzimas se transforman en **productos**.

Las enzimas actúan como catalizadores de reacciones, ya que tienen la capacidad de **aumentar la velocidad de una reacción metabólica**, incluso un millón de veces o más. Como todos los catalizadores, las enzimas **no son consumidas en las reacciones que catalizan**; por lo tanto, pueden ser utilizadas por las células cientos de veces. A diferencia de otros catalizadores, **son altamente específicas para sus sustratos**.

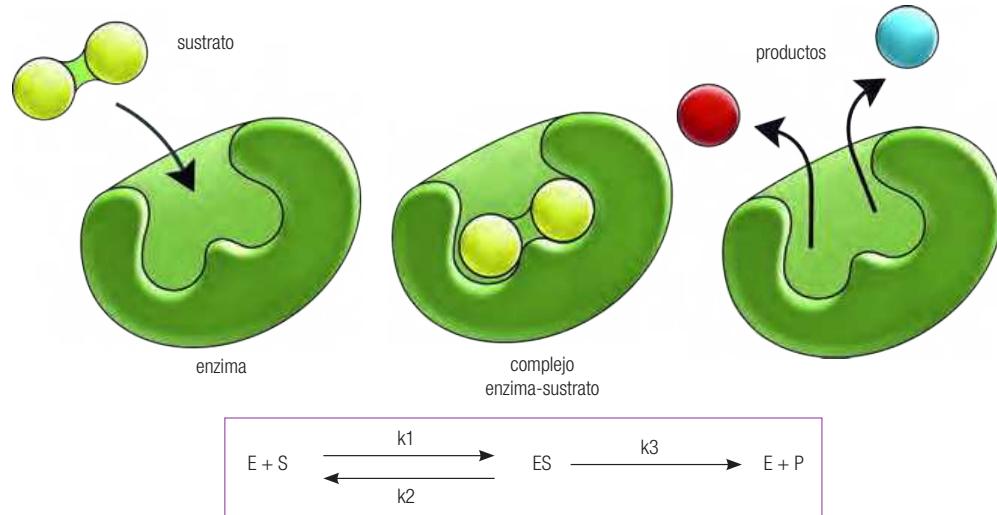
Las enzimas pueden catalizar las reacciones metabólicas mediante distintas estrategias, tales como acercar los sustratos en una posición favorable (A), estabilizar las cargas del sustrato (B) o aplicar distorsión en una molécula para favorecer un estado de transición (C).



Cinética enzimática

La cinética enzimática estudia cómo las enzimas se unen a sus sustratos y los transforman en productos. Las enzimas **no alteran el equilibrio químico** de una reacción. Por lo general, en presencia de una enzima, la reacción se produce en la misma dirección que ocurriría en ausencia de esta, solo que sucede **más rápido**.

Para entender mejor cómo funcionan las enzimas, el proceso se puede separar en dos etapas. En la primera, el sustrato se une reversiblemente a la enzima y se forma el **complejo enzima-sustrato**. El sustrato se une en un lugar específico de la enzima, llamado **sitio activo**. En la segunda etapa, el complejo enzima-sustrato da lugar a la formación del producto, y la enzima se libera. Basándose en esta simplificación, los científicos Leonor Michaelis y Maud Leonora Menten propusieron la **ecuación de Michaelis-Menten** para predecir las velocidades de una reacción enzimática a partir de las concentraciones de las moléculas que reaccionarán.



▲ En esta ecuación, k_1 , k_2 y k_3 son las constantes cinéticas individuales de cada proceso y también reciben el nombre de **constantes microscópicas de velocidad**.

Ampliando MEMORIA

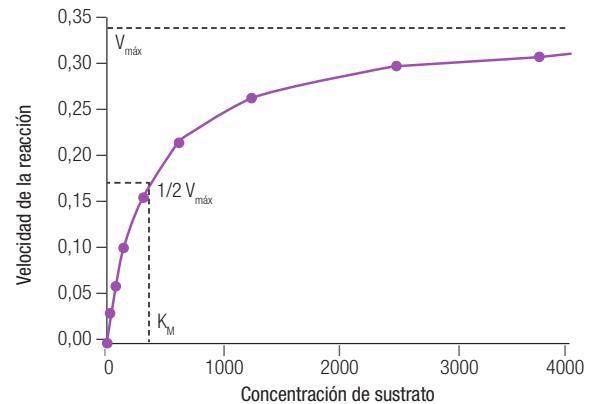
Las enzimas son muy utilizadas en la industria, como es el caso de los detergentes con bioactivos. Estos contienen, entre otros componentes, proteasas para remover las manchas de proteínas; lipasas para remover las manchas de grasa, y amilasas para remover residuos de almidón.

Análisis de la ecuación de Michaelis-Menten

Si analizamos la ecuación de Michaelis-Menten podemos ver que existe una **cantidad limitada de sustrato** que una molécula de enzima puede procesar en un tiempo determinado. A partir de ello, es posible deducir que un aumento en la concentración de sustrato también incrementará la tasa a la que el producto es formado hasta un valor máximo o **velocidad máxima** ($V_{\text{máx}}$). En este punto la enzima está “saturada” con sustrato y la velocidad de la reacción solo dependerá de cuán rápido la enzima pueda transformar esta cantidad de sustrato.

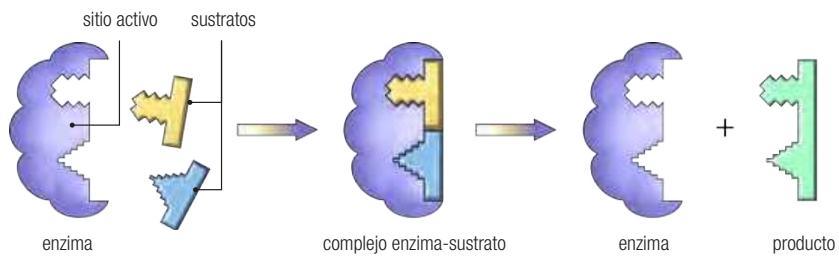
Otro parámetro cinético usado comúnmente es la K_M , definida como la concentración de sustrato necesario para que la velocidad de la reacción sea la **mitad de la velocidad máxima** ($1/2 V_{\text{máx}}$); por eso, la K_M se mide en unidades de concentración.

Un valor de K_M bajo implica que la enzima alcanza su máxima tasa catalítica a bajas concentraciones de sustrato, lo que indicaría que la enzima se une al sustrato en forma muy eficiente, mientras que un valor de K_M alto corresponde a una enzima que se une con poca afinidad a su sustrato.

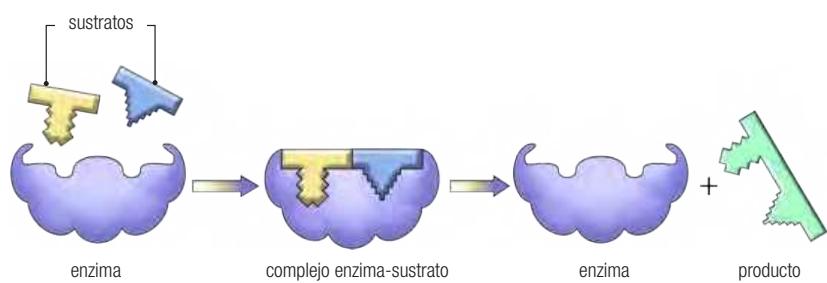


Mecanismos de acción enzimática

- **Modelo de llave-cerradura.** Este modelo propone que la enzima y el sustrato poseen conformaciones tridimensionales específicas y complementarias que les permiten calzar exactamente a uno con el otro. Tal como sucede con una llave y una cerradura, solo el sustrato con el tamaño y la forma correctas (llave) podrá calzar en el sitio activo (cerradura) de la enzima. Este modelo fue propuesto por primera vez en 1894 por Emil Fischer para explicar la especificidad de las enzimas por sus respectivos sustratos. Sin embargo, el tipo de interacción planteado por este modelo actualmente es cuestionado, ya que tiene ciertas limitaciones que no logra explicar, como la estabilización del sustrato en su transición a producto.



- **Modelo de encaje inducido.** Este es el modelo más aceptado actualmente para explicar el mecanismo de interacción enzima-sustrato. Este modelo sugiere que solo el sustrato adecuado es capaz de inducir la conformación estructural del sitio activo que le permite a la enzima realizar su función catalítica. En otras palabras, propone que el sitio activo continúa cambiando y adaptándose hasta que el sustrato está completamente unido a la enzima. A diferencia del modelo de llave-cerradura, este plantea que la enzima es una estructura flexible, y que el sitio activo se adecúa continuamente gracias a las interacciones con el sustrato.

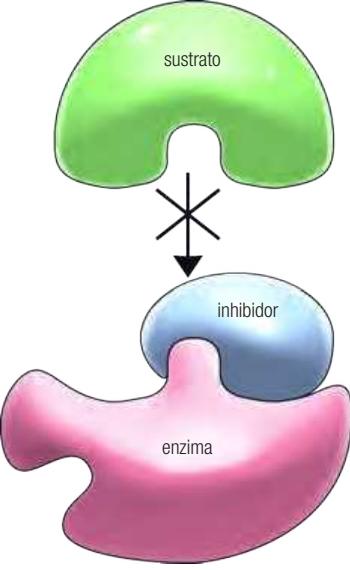
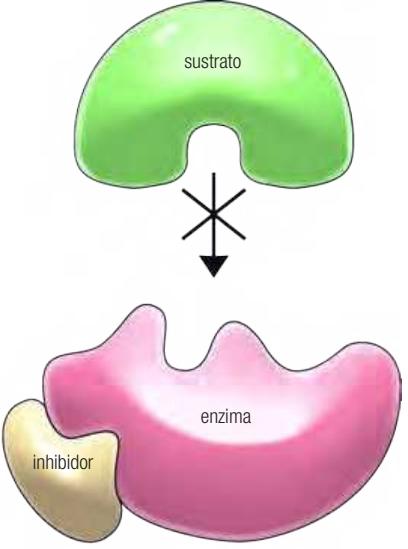


Factores que influyen en la actividad enzimática

- **Concentración de sustrato:** como vimos anteriormente, si se mantiene constante la concentración de la enzima, la velocidad de la reacción aumenta exponencialmente al incrementarse la concentración de sustrato, ya que al haber más moléculas de sustrato, es más probable el encuentro con la enzima y con ello la formación del complejo enzima-sustrato.
- **Temperatura:** aunque cada enzima posee una temperatura óptima de reacción, en la mayoría de las reacciones químicas la velocidad de las reacciones enzimáticas se incrementa al aumentar la temperatura. Esto porque a mayor temperatura, aumenta la energía cinética de las moléculas y con ello la velocidad de movimiento, lo que facilita el encuentro del sustrato y la enzima. Sin embargo, sobre los 40 °C, la actividad de las enzimas decae drásticamente. ¿A qué crees que puede deberse? Recuerda que las enzimas son proteínas. Al contrario, al bajar la temperatura, también disminuye la velocidad de la reacción enzimática.
- **pH:** cada enzima cataliza en un determinado intervalo de pH. En este rango habrá un **pH óptimo** en el que la actividad enzimática será máxima. Por debajo del **pH mínimo** o por encima del **pH máximo** la enzima se inactiva, ya que se **desnaturaliza**. En la mayoría de las enzimas el pH óptimo está próximo a la neutralidad (pH=7), aunque hay excepciones.
- **Inhibidores:** son compuestos que se unen a la enzima y disminuyen o incluso anulan su actividad. Estos compuestos pueden ser de distintos tipos: iones, moléculas orgánicas y a veces el producto final de la reacción. Según su mecanismo de acción, los inhibidores pueden clasificarse en:

Inhibidores irreversibles: son inhibidores que impiden la actividad enzimática, ya sea porque se unen de forma permanente a los grupos funcionales importantes del centro activo o porque alteran su estructura.

Inhibidores reversibles: son aquellos que se unen a la enzima de forma temporal mediante enlaces débiles e impiden su normal funcionamiento, pero no la inutilizan permanentemente. Los inhibidores reversibles pueden clasificarse en dos subtipos:

| Inhibidores reversibles | |
|---|---|
| Inhibidores competitivos | Inhibidores no competitivos |
|  |  |

Competitivos: son aquellos inhibidores similares al sustrato y que son capaces de unirse al sitio activo de la enzima, lo que impide la unión del sustrato. Tanto inhibidor como sustrato compiten por unirse al centro activo de la enzima. Este tipo de inhibición suele anularse cuando se aumenta la concentración del sustrato, lo que desplaza al inhibidor.

No competitivos: en este caso el inhibidor no compite con el sustrato. Puede unirse a la enzima en un lugar diferente al sitio activo y modificar su estructura, lo que dificulta que la enzima se pueda unir con el sustrato. En otros casos puede unirse sobre el complejo enzima-sustrato y entorpecer su desensamblaje y, por lo tanto, la formación de producto.

Ampliando MEMORIA

Los inhibidores irreversibles también se conocen como venenos. Un ejemplo es el cianuro, el que actúa sobre la enzima citocromo oxidasa, que participa en el proceso de respiración celular.

Actividad experimental**Factores que influyen en la actividad enzimática de la catalasa****Materiales**

Para este experimento necesitarán:

- trozo, 50 - 100 g, de hígado crudo de vacuno o pollo*.
- agua oxigenada (peróxido de hidrógeno).
- cuchillo y tabla para cortar.
- tubos de ensayo.
- agua, sal, vinagre y hielo o refrigerador.
- juguera y mechero u horno microondas**.

* Si no quieren trabajar con carne animal, pueden reemplazarla por papa, pero deben añadir mayor cantidad.

** Si no hay fuente de calor disponible, lleven un trozo pequeño de hígado cocido.

Ampliando MEMORIA

La catalasa es una enzima que se encuentra en casi todos los organismos y su función es catalizar la descomposición del peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua. El peróxido de hidrógeno es un residuo común del metabolismo celular, pero dada su toxicidad debe transformarse rápidamente en compuestos menos peligrosos.

Protocolo experimental

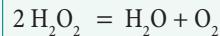
1. Corten el hígado crudo en trozos de 1 - 2 cm. Añadan un volumen igual de agua (dilución 1:1) y mezclen en la juguera hasta que esté homogéneo.
2. En un tubo de ensayo coloquen 2 mL o una cucharadita de la mezcla. Añadan tres gotas de agua oxigenada. Registren en la tabla lo que sucede.
3. La aparición de burbujas se produce por la acción de la enzima catalasa presente en el extracto de hígado. Diseñen un código para medir la actividad de la enzima según la cantidad de burbujas o el alto de la columna de burbujas (+++; 0 - 5; etc.).
4. Para evaluar el efecto del calor, coloquen 2 mL del extracto de hígado (o una cucharadita) en el horno microondas por 20 segundos o calienten a baño maría en el mechero por 5 minutos. Añadan tres gotas de agua oxigenada. Registren la actividad enzimática en su tabla.
5. Para medir el efecto de la baja temperatura, coloquen 2 mL del extracto de hígado (o una cucharadita) en el refrigerador por 30 min o en un recipiente con hielo. Luego la sacan del hielo y añaden tres gotas de agua oxigenada. Registren la actividad enzimática en su tabla.
6. Para evaluar el efecto del cambio de pH, pueden añadir una sustancia ácida, como el vinagre (o básica como el bicarbonato de sodio) a 2 mL del extracto de hígado y agregar tres gotas de agua oxigenada. Registren la actividad enzimática en su tabla.
7. Para evaluar el efecto de la sal, deben agregar una pizca de sal a 2 mL del extracto de hígado y añadir tres gotas de agua oxigenada. Registren la actividad enzimática en su tabla.

| Condición | Actividad |
|---|-----------|
| Hígado crudo + agua oxigenada | |
| Solo agua oxigenada | |
| Hígado hervido + agua oxigenada | |
| Hígado congelado + agua oxigenada | |
| Hígado crudo + ácido (vinagre) + agua oxigenada | |
| Hígado crudo + sal + agua oxigenada | |

Análisis del experimento

En grupo, contesten las siguientes preguntas:

- a. Si consideramos que la cantidad de burbujas refleja la actividad enzimática de la catalasa, ¿en qué condición la enzima trabaja mejor? ¿En qué condición presenta menos actividad? Expliquen su respuesta teniendo en cuenta las características de las enzimas.
- b. La reacción química de la enzima catalasa es la siguiente:



Identifiquen cada molécula de la reacción. ¿A qué molécula corresponden las burbujas observadas en el experimento?

- c. ¿Cómo podrían evaluar la contribución del sustrato en la reacción? ¿Qué esperarían encontrar si añaden 10 gotas de peróxido?

ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Procedimiento experimental.
4. Obtención de resultados.
5. Interpretación de resultados.
6. Elaboración de conclusiones.

¿CÓMO SE RELACIONA EL PROBLEMA CON LA HIPÓTESIS?

El problema es la pregunta que da origen a una investigación y la hipótesis es la afirmación anticipada que da respuesta a esta pregunta y que se pone a prueba durante el desarrollo del experimento.

¿CÓMO RELACIONARLOS CORRECTAMENTE?

Paso 1: observar el fenómeno que se desea estudiar e identificar las variables.

Paso 2: relacionar las variables en una pregunta.

Paso 3: formular una hipótesis a partir de una predicción.

Paso 4: poner a prueba la hipótesis y desarrollar el experimento.

Paso 5: enfrentar la hipótesis con la interpretación de los resultados obtenidos.

Paso 6: elaborar una conclusión que dé respuesta al problema planteado.

Planteamiento del problema

En la célula encontramos una enorme cantidad de reacciones, las que en su gran mayoría están catalizadas por proteínas con actividad enzimática. Muchas de esas reacciones no necesariamente requieren de un cambio en la naturaleza de uno de sus participantes, sino que solo de un cambio en su posición, como ocurre en las reacciones de transporte facilitado a través de la membrana. Estos tipos de reacciones describen ciertos parámetros cinéticos que dan cuenta del comportamiento de cada enzima o transportador en relación con su sustrato. Uno de estos parámetros es la velocidad máxima de la reacción o $V_{máx}$, definida como la máxima velocidad que alcanza la reacción cuando el sustrato está en exceso. El otro parámetro es la K_M , definido como la concentración de sustrato a la que la reacción alcanza la mitad de la $V_{máx}$ ($V_{máx}/2$).

Un grupo de estudiantes se propuso entender la cinética de un transportador pasivo de membrana y para ello plantearon la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se relaciona la velocidad de la reacción (transporte) con la concentración de sustratos (sustancia que será transportada)?

Procedimiento experimental

Formen grupos de trabajo y reúnan los siguientes materiales:

- venda para los ojos
- cronómetro
- 2 cajas plásticas grandes del mismo tamaño
- 64 bolitas del mismo tamaño, tipo canicas

Un estudiante hará el papel de transportador y se vendará los ojos. Luego se parará frente a una mesa en la que estarán las dos cajas vacías. Tal como se observa en las fotografías, su misión será transportar las bolitas que vaya encontrando en la caja de la izquierda (caja 1) a la caja de la derecha (caja 2).

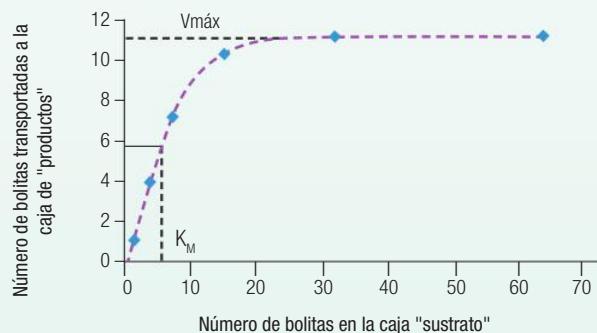
Otro estudiante, que administrará las bolitas, colocará primero una bolita en la caja 1 y el estudiante vendado deberá transportarla a la caja 2 en un tiempo cronometrado de 10 segundos. Luego agregará 4 bolitas a la caja 1 y se cuantificará el número de unidades transportadas en otros 10 segundos. De esta misma forma, se irá aumentando el número de bolitas agregadas a la caja 1 (detalle en la tabla), pero se mantendrá el tiempo que el estudiante vendado tiene para transportarlas.



Obtención de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

| [S] Número de bolitas en la caja "sustratos" | V_o (Número de bolitas en la caja "productos") |
|--|--|
| 1 | 1 |
| 4 | 4 |
| 8 | 7 |
| 16 | 10 |
| 32 | 11 |
| 64 | 11 |



Interpretación de resultados

- ¿Cuál es la variable independiente en esta experiencia?
- ¿Cuál es la variable dependiente?
- ¿Qué variables se mantienen fijas?
- ¿Qué ocurre con la velocidad de la reacción al incrementar la concentración de sustrato (número de bolitas)?
- ¿A qué concentración se alcanza la velocidad máxima?
- ¿Qué ocurre con la velocidad de la reacción a altas concentraciones de sustrato?

Formulación de hipótesis

Considerando los resultados obtenidos y su análisis posterior, ¿podrías elaborar una hipótesis que dé respuesta a la pregunta de investigación y explique lo observado?

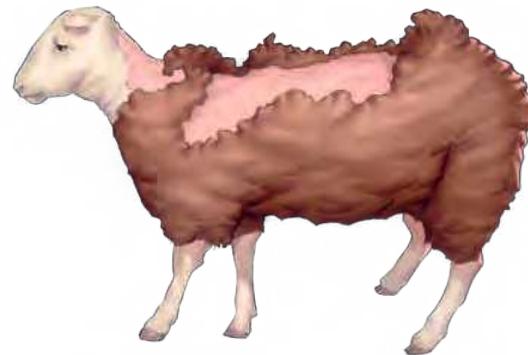
Elaboración de conclusiones

Considerando la hipótesis inicial y los resultados obtenidos de la experiencia, ¿se acepta o se rechaza la hipótesis? Comunica tus resultados con tus propias palabras y comprueba que lo que expreses tenga sentido.

La controversia de la teoría de los priones y las vacas locas

Antecedentes históricos y análisis de las fuentes de discrepancia

Cerca del año 1700 aparecieron los primeros indicios de animales infectados con lo que hoy conocemos como **encefalopatía espongiforme**, enfermedad neurodegenerativa. Los ganaderos de Gran Bretaña en esa época notaron que sus ovejas se rascaban incesantemente, enfermedad a la que le dieron el nombre de *scrapie*. Los animales afectados tenían problemas para mover sus patas y sufrían de convulsiones. Esto último evidenciaba que se trataba de un trastorno del sistema nervioso, lo cual se corroboró al analizar los cerebros de estas ovejas, en los que se encontraron verdaderos agujeros como resultado de una extensa muerte celular, que le daba al cerebro un aspecto esponjoso. Pasaron muchos años, hasta la década de los 60, cuando el Dr. Daniel Gajdusek observara una enfermedad similar, ahora en humanos, en los habitantes de Papúa, Nueva Guinea. Los enfermos presentaban temblores, descoordinación (ataxia) y demencia, acompañados de una extensa muerte neuronal.



Gajdusek culpó a los rituales caníbales de la tribu como los responsables de esta enfermedad, llamada por los aldeanos *kuru*. Al inyectar los cerebros de chimpancés con material obtenido de cerebros de pacientes con *kuru*, los primates presentaron una enfermedad con síntomas similares a los que se manifestaban en humanos, pero después de un largo período de incubación (30 meses). Esta particularidad llevó a Gajdusek a postular que el *kuru* era causado por un “virus lento”. Recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1976.

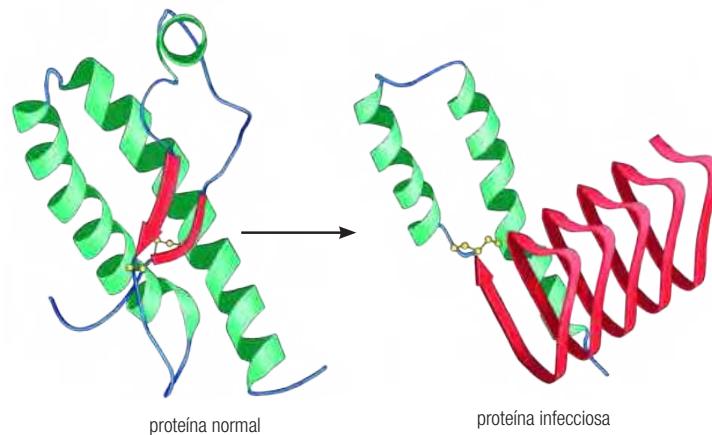
Problemática

La controversia se inició cuando se descubrió que el “material infeccioso” que causaba *scrapie* era resistente a la luz ultravioleta, la cual destruye el material genético (ADN o ARN) de los patógenos. Más aún, este material infeccioso resultó ser resistente a la exposición al calor y al formaldehído, agentes que comúnmente inactivan a los virus. Mediante filtración, también se observó que el material infeccioso pasaba incluso los filtros más estrechos, por lo que debía ser una partícula extremadamente pequeña como para tratarse de un virus o una bacteria. Con estos antecedentes, la comunidad científica postuló tres teorías distintas para explicar la naturaleza del agente infeccioso causal de las encefalopatías.

| Hipótesis viral | Hipótesis del virino | Hipótesis del prion |
|--|--|---|
| El agente infeccioso es un virus muy pequeño, con propiedades atípicas que hacen difícil su aislamiento. | El agente infeccioso es una pequeña molécula de ácido nucleico asociada con una proteína que lo enmascara. | El agente infeccioso es una proteína plegada en forma anormal, que se propaga en ausencia de material genético. |

Crece la controversia: hipótesis del prion

Antes del descubrimiento de los priones se creía firmemente que todos los patógenos dirigían su replicación con la información contenida en su material genético. Sin embargo, el Dr. Stanley Prusiner postuló en 1982 la **teoría del prion** (en alusión a las palabras proteína e infección), hipótesis que afirma que la estructura de una proteína puede replicarse en ausencia de material genético¹. Esta idea causó gran polémica, ya que contradecía el dogma central de la biología, el que dicta que la fuente de la información replicativa de los organismos radica en los ácidos nucleicos.

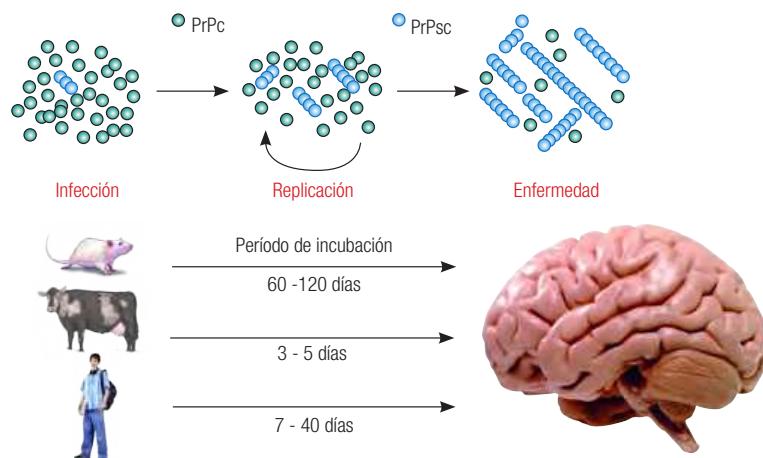


Ampliando MEMORIA

Cuando un prion entra en un organismo sano, induce a la forma normal de la misma proteína (PrPc) para que modifique su estructura secundaria, lo que provoca una reacción en cadena que produce grandes cantidades de la proteína prion (PrPsc).

► La proteína infecciosa o PrPsc tiene una estructura secundaria rica en láminas beta, mientras que la proteína normal o PrPc posee una estructura predominante de alfa hélices.

La proteína infecciosa o PrPsc, de *scrapie*, adopta una forma anormal rica en estructura secundaria tipo lámina beta. Esta forma largos agregados de polímeros insolubles que inducen la muerte celular. Increíblemente, esta proteína se “reproduce” y transforma una proteína normal PrPc (de célula) en una anormal PrPsc, lo que va incrementando la cantidad de prion existente en los animales afectados.

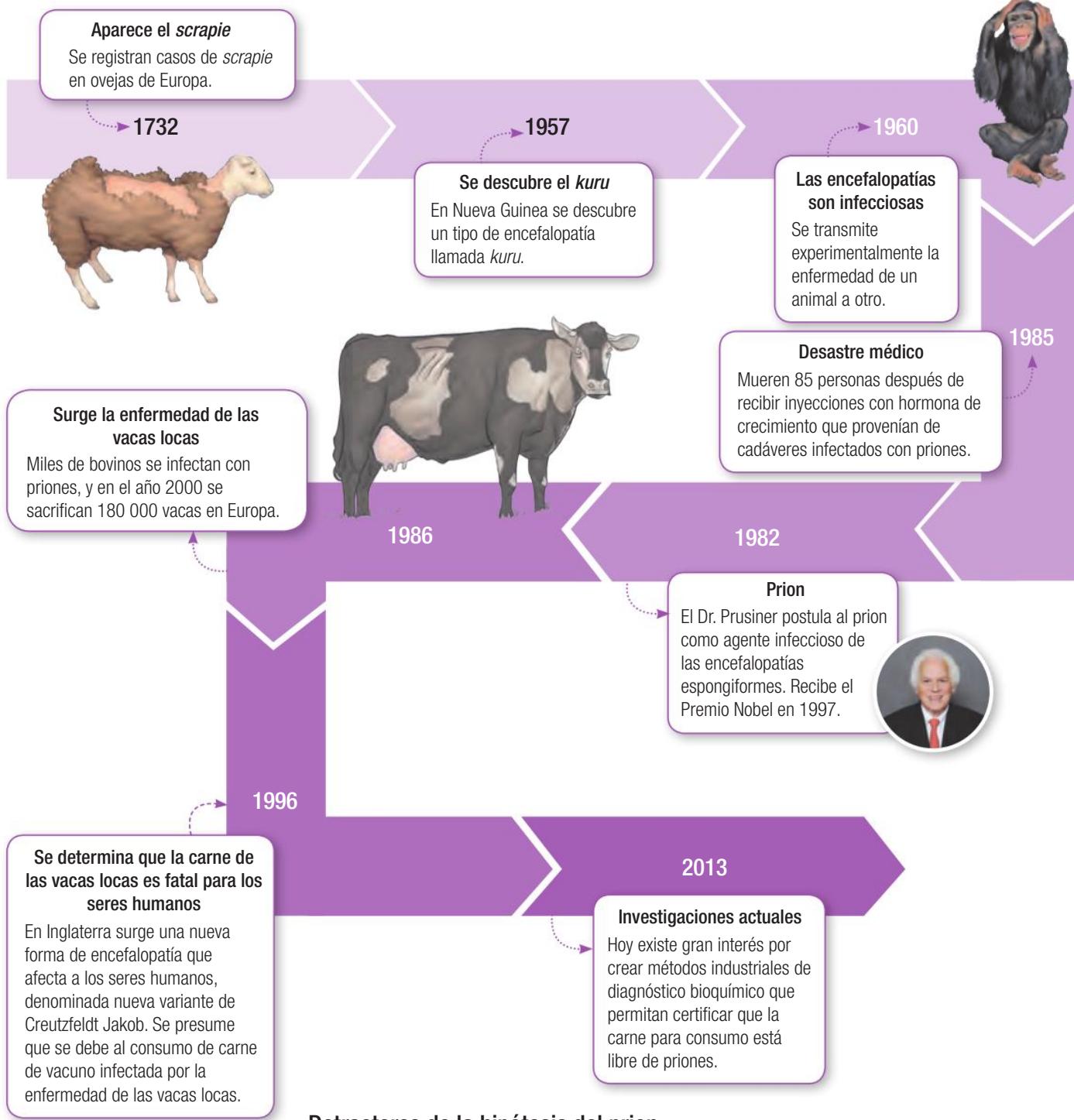


► Modificado de Soto et al. *Trends in Neuroscience* 2002.

Evidencias a favor de la hipótesis del prion

- Ninguna partícula viral, bacteria u hongo se ha relacionado con las encefalopatías espongiformes en forma concluyente.
- No se ha asociado ningún ácido nucleico con la infectividad de la enfermedad.
- No hay activación del sistema inmune como se esperaría en una infección viral.
- Existen encefalopatías de origen genético o hereditario en las que hay mutaciones en el gen que codifica para la proteína PrPc.
- Animales transgénicos que carecen del gen de la proteína prion no contraen la enfermedad.

Veamos una síntesis hasta ahora

**Detractores de la hipótesis del prion**

Debido a lo controversial de la teoría del prion, todavía existen detractores que insisten en la existencia de un virus causante de la enfermedad. Por muchos años, el grupo liderado por la Dra. Laura Manuelidis en la Universidad de Yale ha propuesto la existencia de un “virus lento”, basados en que algunos lentivirus, como el VIH, poseen largos períodos de incubación que se asemejan al caso de los priones. Incluso en 2007 publicaron un artículo que muestra la presencia de partículas virales en una pequeña proporción de células infectadas con priones *in vitro*². Sin embargo, aún no existe evidencia que sostenga la validez de esta teoría en animales de experimentación.

Última evidencia a favor de los priones

Quizás la evidencia más definitiva a favor de la hipótesis del prion fue entregada por un científico chileno. El Dr. Claudio Soto y su grupo de la Universidad de Texas demostraron que la PrPsc producida en un tubo de ensayo puede provocar la enfermedad de los priones cuando se inyecta en animales sanos³. Sin embargo, aún quedan muchas interrogantes acerca de qué es lo que induce la transformación de las primeras proteínas PrPsc.

Referencias

¹Prusiner SB (November 1998). "Prions". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95 (23): pp. 13363–83.

²Manuelidis L, Yu ZX, Barquero N, Banquero N, Mullins B (February 2007). "Cells infected with scrapie and Creutzfeldt-Jakob disease agents produce intracellular 25-nm virus-like particles". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (6): pp. 1965–70.

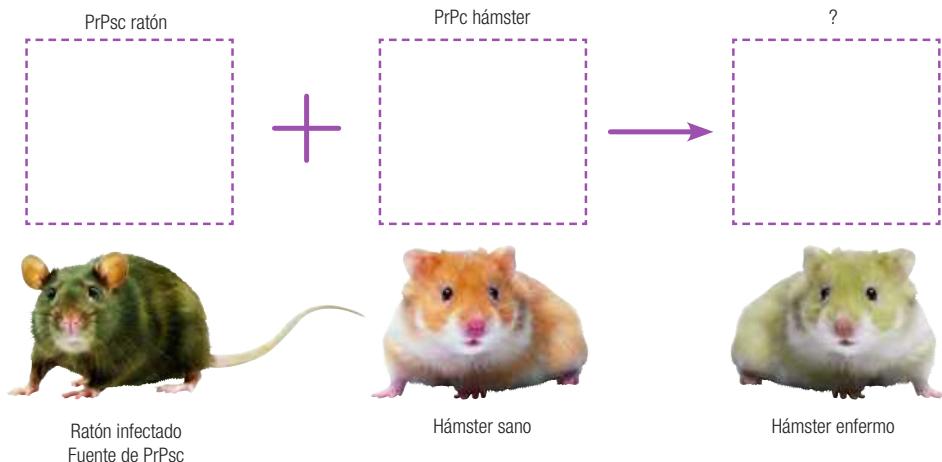
³Castilla J, Saá P, Hetz C, Soto C (April 2005). "In vitro generation of infectious scrapie prions". *Cell* 121 (2): pp. 195–206.

Actividad

1. En grupo, discutan si la siguiente afirmación apoya o es contraria a la hipótesis del prion.

"Cuando se transmiten pequeñas cantidades de PrPsc de un organismo enfermo a uno sano de otra especie, en este último aparecen cantidades altas de PrPsc, proteína que posee la estructura primaria (aminoacídica) de la especie receptora".

2. Según la respuesta anterior, propongan y dibujen estructuras primarias y secundarias para cada caso.



3. La replicación de los priones se dirige por la estructura secundaria de la proteína infecciosa. Predigan qué sucedería si la estructura primaria de la proteína PrPc del receptor fuese extremadamente disímil a la del dador.
4. ¿Por qué creen que la proteína PrPsc es capaz de agregarse y formar polímeros, mientras que la PrPc no lo hace? Consideren los tipos de interacciones que forman las alfa hélices y las láminas beta.
5. Realicen una investigación bibliográfica sobre el tema de los priones e identifiquen las fuentes de discrepancia entre las posturas. No olviden incluir las citas de las referencias que utilicen para construir su trabajo.

Biotecnología

El término biotecnología puede resultar relativamente nuevo para las personas en general. Pero en realidad es una herramienta que está presente en la vida cotidiana más de lo que imaginamos. La **biotecnología** se define como el uso de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil para el ser humano.

La biotecnología se remonta a cientos de años y estaba presente en actividades tan cotidianas como en la fabricación del pan, la producción del queso y la fermentación del vino. Aunque antes no se sabía bien cómo ocurrían todos estos procesos, las personas utilizaban microorganismos para su beneficio. Estas aplicaciones constituyen lo que hoy se conoce como **biotecnología tradicional**, gracias a la cual se obtenían y utilizaban los productos del metabolismo de ciertos microorganismos. Actualmente, los científicos comprenden con mayor claridad cómo ocurren los procesos biológicos implicados en la biotecnología, lo que ha permitido desarrollar nuevas técnicas con el objetivo de copiar, modificar y mejorar algunos de estos procesos de origen natural y aplicarlos a nuevas áreas de la industria.

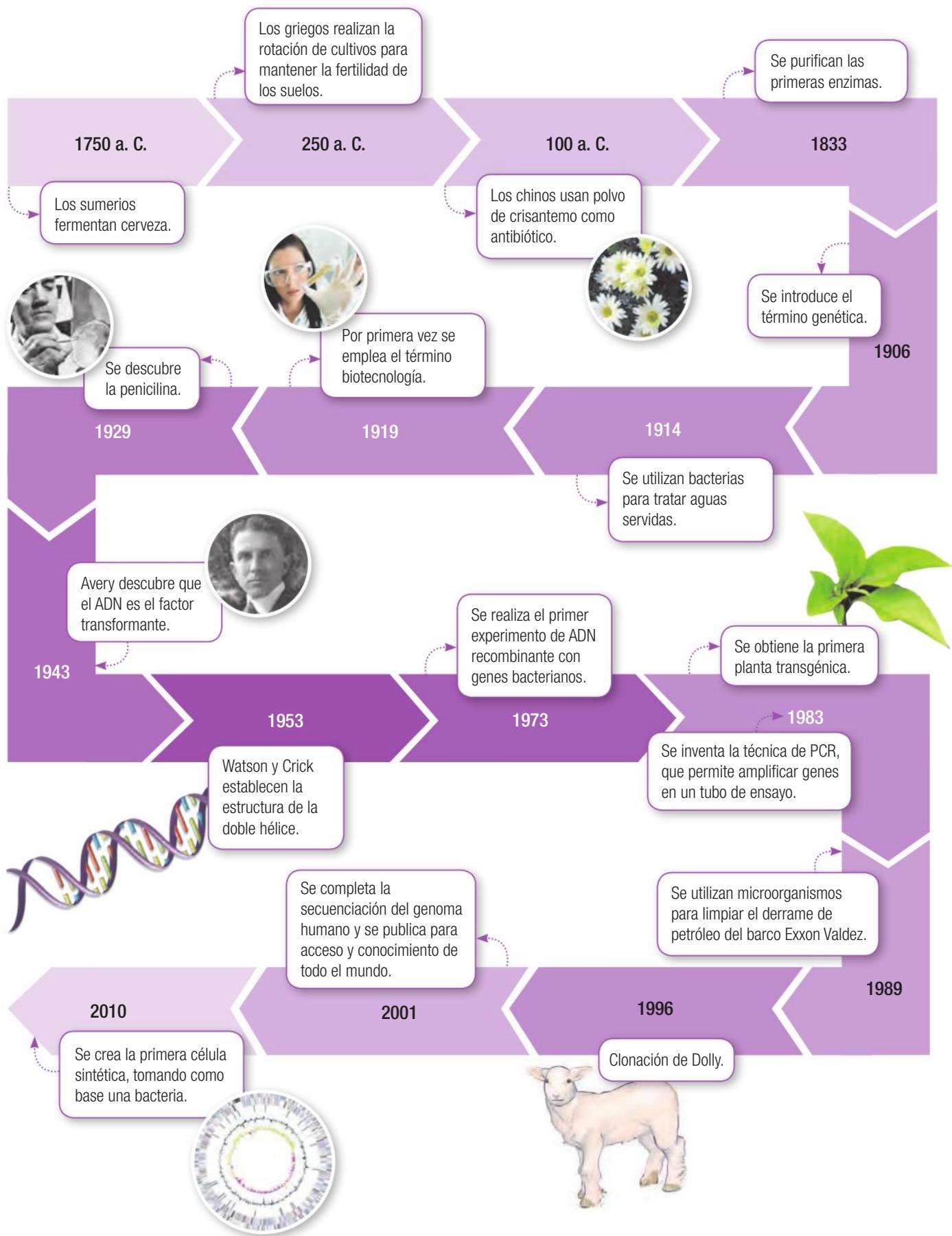
Estos avances han dado origen a la **biotecnología moderna**, que surge en la década de 1980 y utiliza estas técnicas mejoradas, denominadas en su conjunto **ingeniería genética**, para modificar y transferir genes de un organismo a otro. Ejemplo de la biotecnología moderna es la fabricación de la insulina recombinante, enzima producida en bacterias para el tratamiento de la diabetes.

La tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética ha permitido el mejoramiento de los cultivos vegetales. Por ejemplo, es posible transferir un gen proveniente de una bacteria a una planta, lo que le confiere a la planta una resistencia a las larvas de un insecto, ya que el gen de la bacteria permite que la planta produzca una proteína que la protege del ataque.

A ctividad

1. Considerando la definición de biotecnología, encierra aquellos productos que se generan gracias a técnicas biotecnológicas. **Explica** tu respuesta para cada caso.





Ingeniería genética: tecnología del ADN recombinante

Gran parte de la biotecnología moderna o ingeniería genética utiliza las técnicas del ADN recombinante. La **tecnología del ADN recombinante** se define como una serie de procedimientos que permiten unir (o recombinar) diferentes segmentos de ADN, generalmente de organismos de especies distintas.

Clonación molecular

La técnica del ADN recombinante se fundamenta en los genes. Estos pueden aislararse y amplificarse para facilitar su estudio y hacer uso de ellos en biotecnología. Un método de aislamiento y amplificación de un gen de interés es el proceso de **clonación**, mediante el cual el gen se inserta en otra molécula de ADN que sirve como vehículo o vector para que este pueda ser replicado en células vivas. Cuando estos dos ADN se combinan, el resultado es una molécula de **ADN recombinante**. La célula hospedera o huésped (la que recibe el ADN recombinante) se replica idénticamente, lo que genera un clon en el que se produce la replicación del vector y del ADN recombinante que contiene. Al amplificarse el ADN recombinante, este puede ser purificado y analizado.

AYUDA

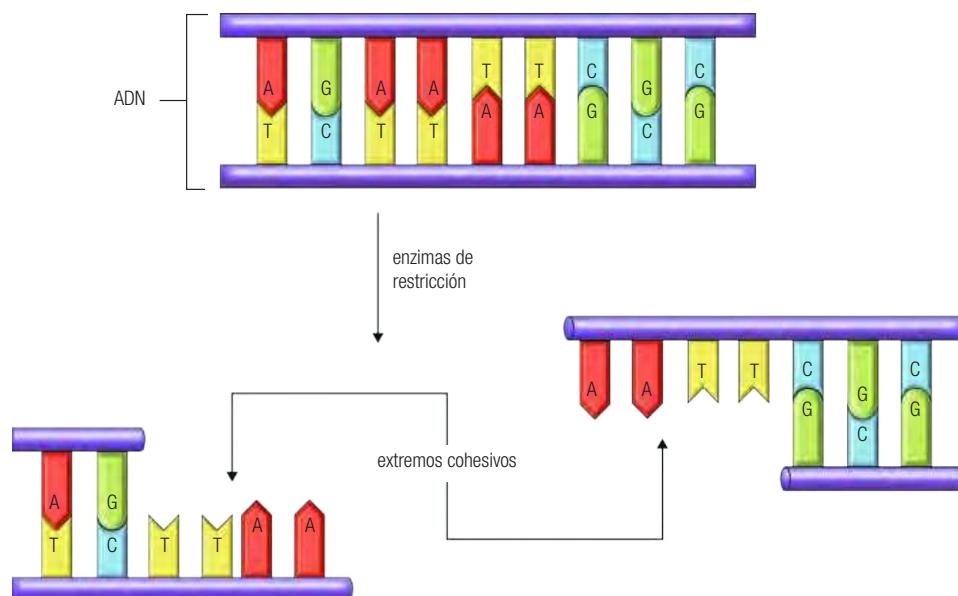
Los palíndromos son palabras o frases que se leen igual de izquierda a derecha, que de derecha a izquierda, como la frase "Se van sus naves".

Inserción de genes de interés

¿Cómo se introduce un segmento de ADN o un gen de interés en un vector?

Paso 1

El primer paso en el proceso de clonación es el aislamiento y la purificación del ADN del organismo que se quiere estudiar. En general, se utilizan **enzimas de restricción** o endonucleasas para extraer un fragmento de este ADN o un gen particular. Las enzimas de restricción son proteínas que cortan el ADN doble hebra en secuencias específicas, llamadas de restricción, que son **palindrómicas**, es decir, tienen la misma secuencia de nucleótidos en ambos sentidos, tanto de 5' a 3' como de 3' a 5'. La mayoría de las enzimas de restricción al cortar el ADN generan extremos cohesivos o "pegajosos", los que permiten que el fragmento escindido se pegue por complementariedad de bases con otra secuencia de ADN que es cortada con la misma enzima.



Paso 2

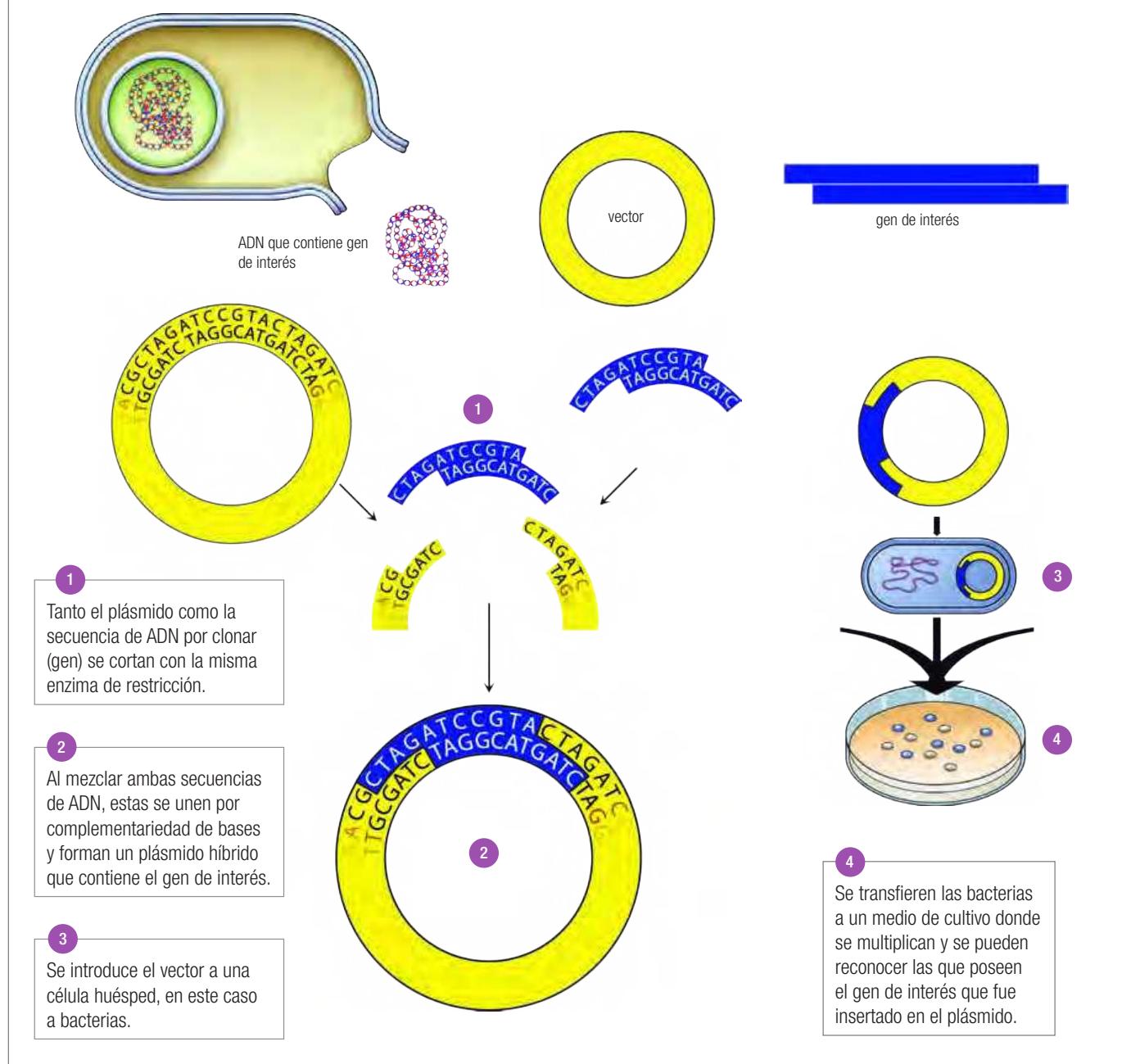
El gen de interés que fue cortado con la enzima de restricción se introduce en un vector de clonación. Los vectores más usados son los llamados **plásmidos**, que son ADN circulares de pequeño tamaño que permiten la expresión de los genes que en ellos de insertan. Pueden mantenerse como elementos extracromosomales en bacterias u otras células. Llevan pocos genes y no son indispensables para el crecimiento y sobrevida de la **célula huésped**. Los plásmidos pueden transferirse de un organismo a otro, por eso se usan en ingeniería genética como vectores de clonado y expresión.

El plásmido utilizado debe contener un sitio único de corte para la enzima de restricción, de manera que se abra y genere extremos cohesivos compatibles con el gen de interés escindido.

Para GRABAR

La biotecnología y la ingeniería genética tienen aplicaciones en diversas áreas de investigación industrial, como el desarrollo de alimentos y cultivos mejorados, el uso de medicamentos para el tratamiento de enfermedades, entre muchas otras.

Procedimiento de inserción de un gen en un plásmido y amplificación del ADN clonado



Plantas y animales transgénicos



▲ La técnica de biobalística o *gene gun* permite obtener nuevas variedades de plantas. Con este instrumento se disparan partículas de oro o tungsteno revestidas de plásmidos que llevan un ADN de interés para modificar una planta y generar un organismo transgénico.

Las plantas transgénicas han sido diseñadas por ingeniería genética, mediante técnicas de ADN recombinante, para producir organismos con características nuevas. Las plantas transgénicas pueden generarse por la infección de vectores que llevan un gen de interés o con herramientas de biobalística, para lo cual se utiliza una pistola que introduce el ADN foráneo dentro de las células vegetales.

Otro método empleado para generar plantas transgénicas es la infección con *Agrobacterium tumefaciens*, organismo que introduce tumores en las plantas que infecta, ya que inserta genes de su plásmido en las células de la planta infectada.

El término **animal transgénico** hace referencia a cualquier animal al que se le ha modificado deliberadamente su genoma. Un ejemplo es la integración de nuevos genes mediante las técnicas del ADN recombinante.

Los animales transgénicos pueden ser creados mediante la técnica de microinyección de ADN, la que permite la inserción directa del ADN de interés dentro de óvulos fertilizados. Estos óvulos ahora transgénicos son transferidos a una madre sustituta para que se desarrolle el nuevo organismo transgénico.

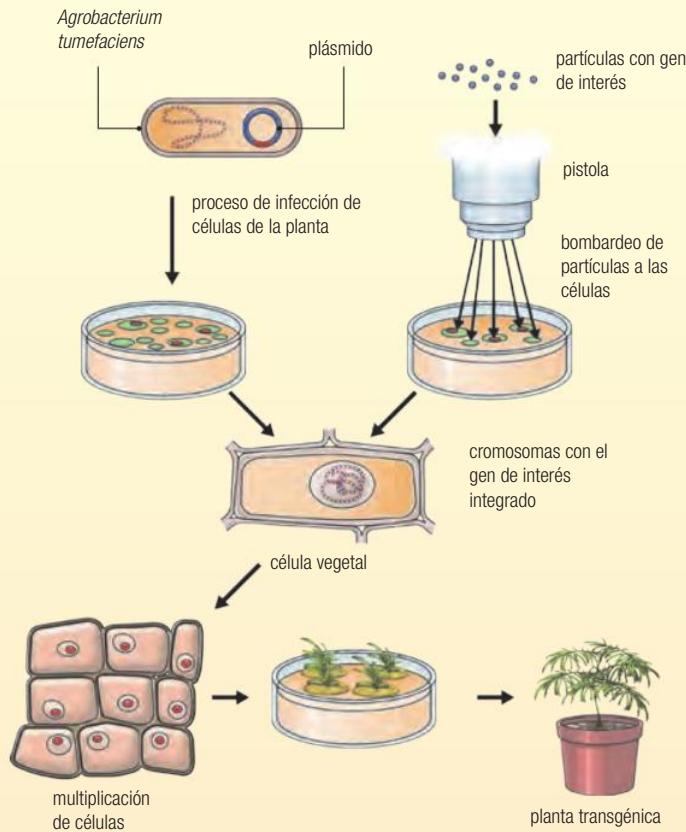
Procedimiento de obtención de un transgénico

¿Con qué fin se producen plantas transgénicas?

- Para incrementar su valor nutricional.
- Para conferirles resistencia a insectos.
- Para conferirles resistencia a enfermedades que atacan los cultivos, como el virus mosaico del tabaco que infecta a los tomates.
- Para conferirles resistencia a herbicidas.
- Para producir plantas que puedan vivir en ambientes extremos, como suelos con alta concentración de sal.
- Para generar medicamentos (biofármacos) como reemplazo de la hormona de crecimiento humano.

¿Con qué fin se producen animales transgénicos?

- Para la investigación biomédica, ya que al insertar un gen con una función desconocida se puede estudiar su efecto en animales.
- Para la producción de nuevos medicamentos en la industria farmacéutica y así estudiar su eficacia y toxicología.
- Para su uso como productores mejorados de leche, carne y hormonas.
- Para crear xenotransplantes, es decir, la utilización de órganos de otros animales en seres humanos.



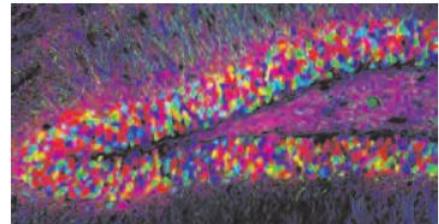
▲ Esquema de transferencia mediada por *Agrobacterium* (izquierda) y por bombardeo de partículas (derecha).

Clonamiento de mamíferos

¿Qué es el clonamiento de organismos? Cuando hablamos de **organismos clones** nos referimos a seres vivos cuya descendencia es genéticamente idéntica a la de sus padres. Los animales que se reproducen asexualmente son ejemplos de clones naturales, como las bacterias. Sin embargo, en los organismos superiores, por ejemplo los mamíferos, no es posible la reproducción asexual natural; por lo tanto, el clonamiento en el laboratorio sería la única forma de reproducir asexualmente a un organismo sexuado.

Los organismos clones pueden ser creados mediante la **técnica de transferencia nuclear**, que consiste en la transferencia del núcleo de una célula somática a un óvulo. Recuerda que una célula somática es cualquier célula del cuerpo que no es una célula sexual o germinal; por ejemplo, un glóbulo blanco o una célula de la piel. En el proceso de transferencia nuclear, el núcleo de una célula somática es aislado e insertado en un óvulo cuyo núcleo ha sido previamente removido o destruido. El óvulo con el nuevo núcleo es estimulado para que se divida y diferencie, y luego es colocado en el útero de una madre sustituta. El organismo clon tendrá el mismo fenotipo externo, es decir, las mismas características del organismo donante del núcleo.

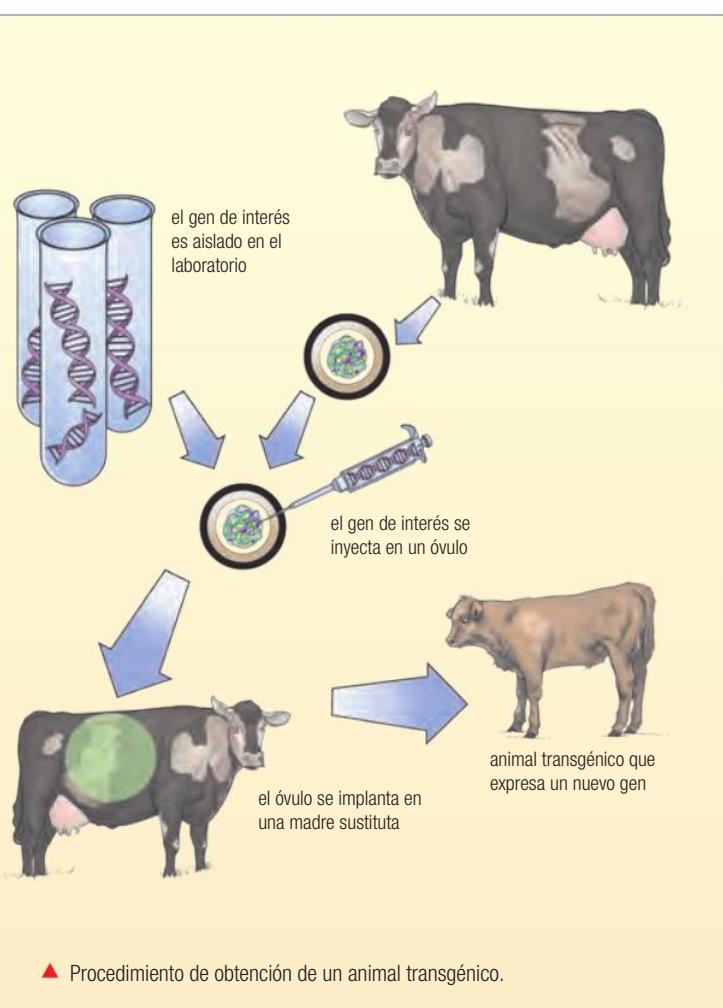
La oveja Dolly fue clonada en 1997 por los investigadores del Instituto Roslin en Escocia, quienes utilizaron esta técnica de transferencia nuclear con algunas variaciones. Primero fusionaron el óvulo enucleado con la célula somática, y luego implantaron el óvulo estimulado en la madre sustituta de Dolly.



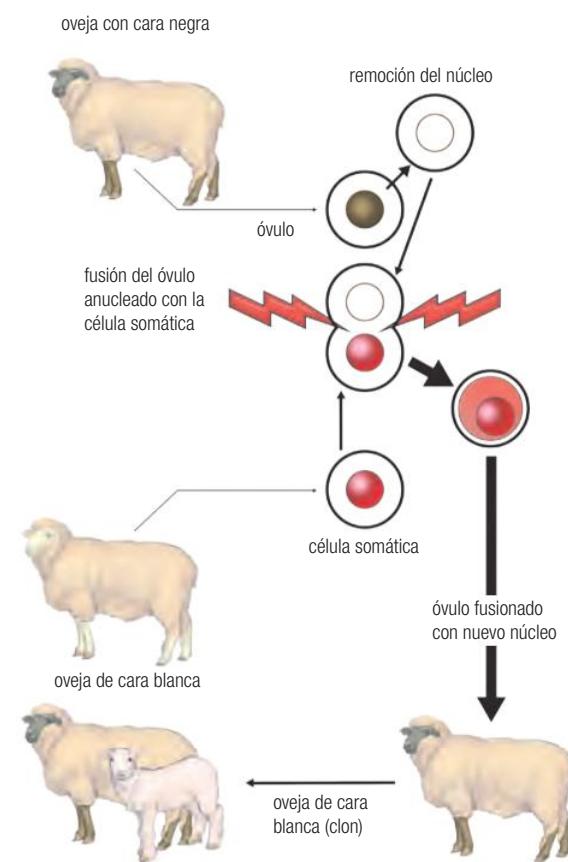
▲ Imagen del hipocampo del ratón transgénico *Brainbow*, el que permite visualizar varios tipos de células nerviosas en distinto color.



▲ La técnica de microinyección permite integrar ADN foráneo en un óvulo.



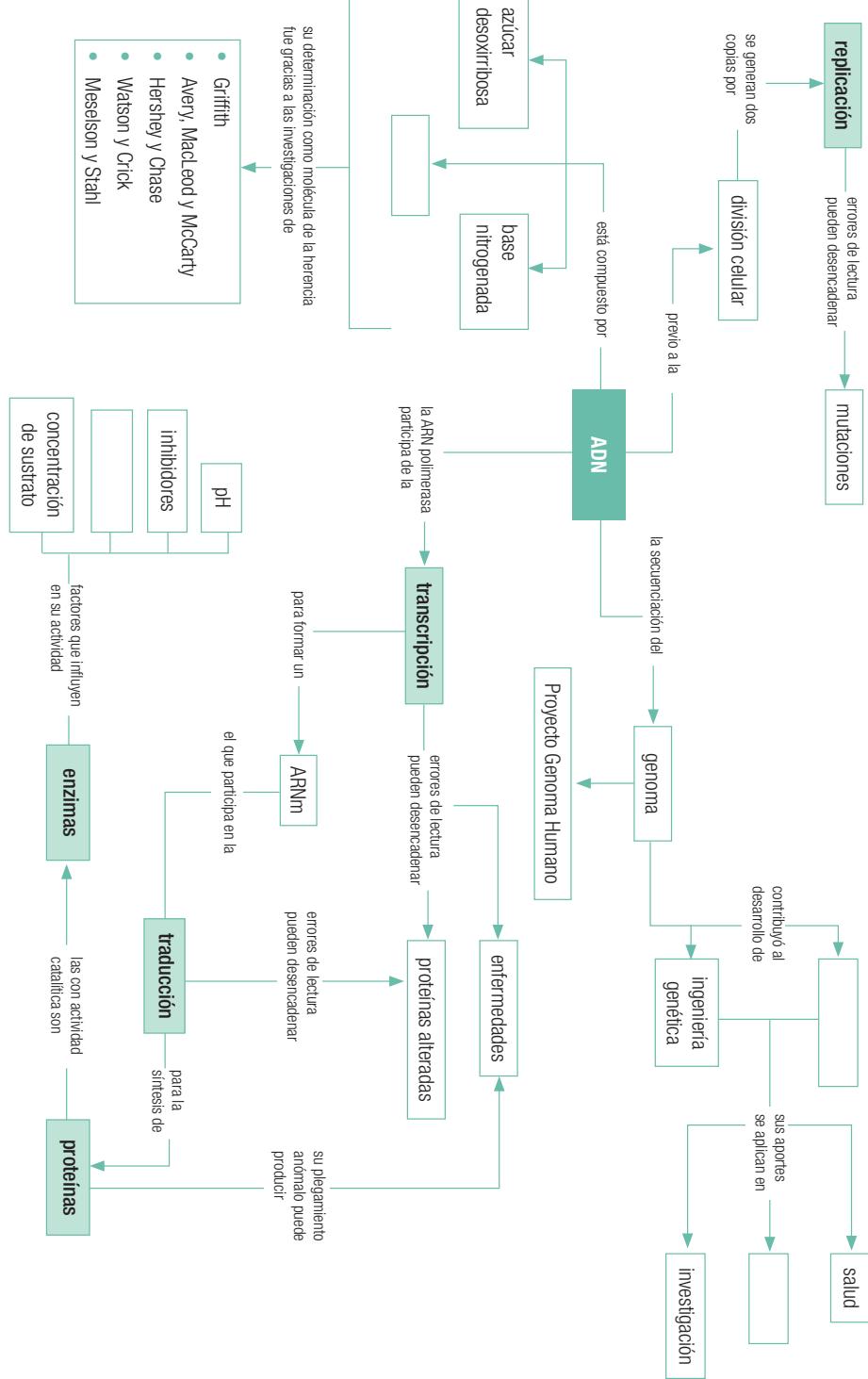
Procedimiento de obtención de un clon



Organizando favoritos

Síntesis

El siguiente organizador gráfico resume las relaciones entre los principales conceptos abordados en la unidad. Completa los términos faltantes en los recuadros asignados para ello.

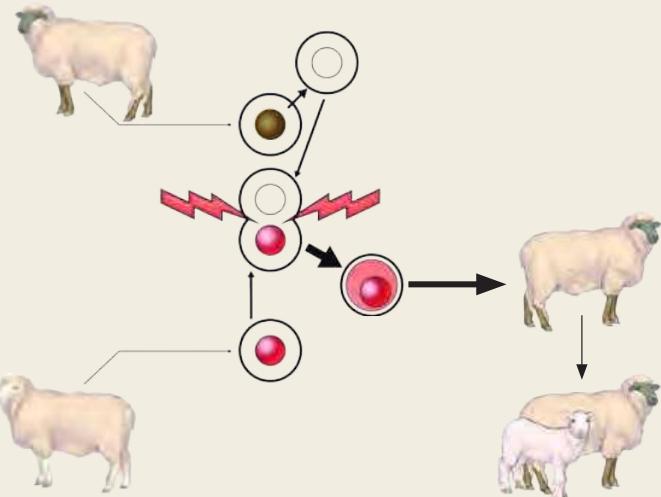


Te invitamos a resolver el siguiente ejemplo de pregunta de análisis que tiene relación con la clonación.

1. En la ilustración se representa la clonación de un mamífero por transferencia nuclear, como es el caso de la oveja Dolly.

De este experimento es correcto deducir que:

- I. el núcleo extraído de la célula somática contiene toda la información genética necesaria para dar origen a Dolly.
 - II. al obtenerse un organismo clon, el fenotipo de este es igual al del óvulo donante.
 - III. se reprodujo asexualmente a un mamífero de reproducción sexual.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo I y III
E. I, II y III



A continuación analicemos las respuestas.

- A. **Incorrecta.** El núcleo de una célula somática del organismo donante posee toda la información genética necesaria para generar a un individuo completo. Por lo tanto, Dolly tendrá la misma información genética que la oveja donante del núcleo de la célula somática, no de la que dona el óvulo anucleado ni de la que la gesta. Si bien la opción I es correcta, esta alternativa excluye a la opción III, que también lo es.
- B. **Incorrecta.** Los animales generados a través de transferencia poseen un fenotipo externo idéntico al organismo donante del núcleo. Por ejemplo, en el caso de Dolly, su fenotipo cara blanca era igual al de la oveja donante de núcleo, en cambio la oveja que donó el óvulo receptor era de cara negra. Sin embargo, debemos considerar que pueden encontrarse algunas pequeñas variaciones en el organismo clon, ya que solamente el ADN nuclear es exactamente el mismo que contiene la célula donante. El ADN mitocondrial, que proviene de las mitocondrias ubicadas en el citoplasma del óvulo receptor, puede contener información genética distinta. La transferencia nuclear genera, por lo tanto, una combinación de ambos genomas, diferente a la que existe en las células donantes y receptoras.

- C. **Incorrecta.** Los mamíferos son organismos que se reproducen sexualmente, pero la clonación por transferencia nuclear se puede considerar como un tipo de reproducción asexual, ya que solo incluye la información genética de un progenitor o donante. Si bien la opción III es correcta, esta alternativa excluye a la opción I, que también lo es.
- D. **Correcta.** Esta alternativa incluye a las dos opciones que ya hemos considerado correctas.
- E. **Incorrecta.** Aunque incluye dos opciones que son correctas, la opción II no lo es; por lo tanto, la alternativa se descarta.

Entonces, la alternativa correcta es D

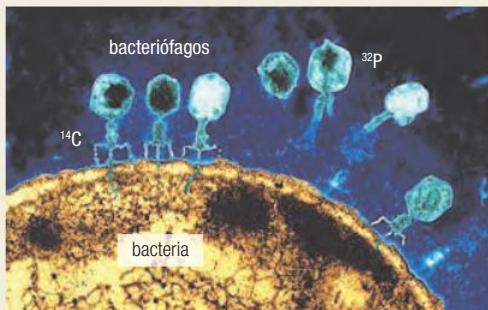
| | A | B | C | D | E |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |

I. Marca la alternativa que consideres correcta.

1. Ordena de menor a mayor compactación la organización del ADN, siendo:

- 1: solenoide.
 - 2: cromosoma.
 - 3: doble hélice.
 - 4: nucleosoma.
- A. 4 – 2 – 1 – 3.
 B. 2 – 1 – 4 – 3.
 C. 3 – 1 – 4 – 2.
 D. 1 – 2 – 3 – 4.
 E. 3 – 4 – 1 – 2.

2. En la siguiente imagen se muestra la infección de una bacteria por bacteriófagos. Las colas proteicas se marcaron con ^{14}C y las cabezas con ^{32}P . ¿Qué átomos encontrarías en la bacteria y en los nuevos virus?



- A. Solo el ^{32}P en la bacteria y en los nuevos virus.
 B. Solo el ^{14}C en la bacteria y en los nuevos virus.
 C. Solo el ^{32}P en la bacteria y no en los nuevos virus.
 D. Solo el ^{14}C en la bacteria y no en los nuevos virus.
 E. Ambos átomos en la bacteria y en los nuevos virus.

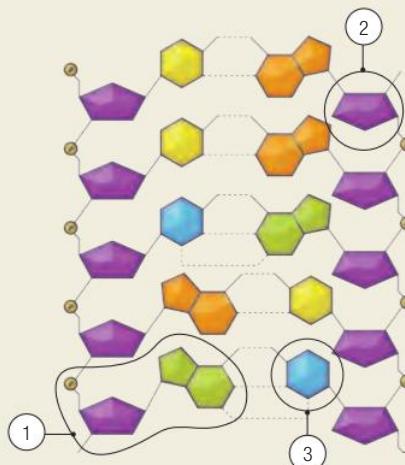
3. La siguiente secuencia de ADN cambió durante el ciclo de vida de una célula:

Secuencia 1: 5' – ACGGCCTTCAAGTC – 3'
 Secuencia 2: 5' – ACGGCCTTCAAGTCAGTC – 3'

Al respecto, es correcto afirmar que este cambio ocurrió por:

- A. delección.
 B. inversión.
 C. duplicación.
 D. traslocación.
 E. duplicación invertida.

4. El siguiente esquema representa las dos hebras de nucleótidos del ADN.



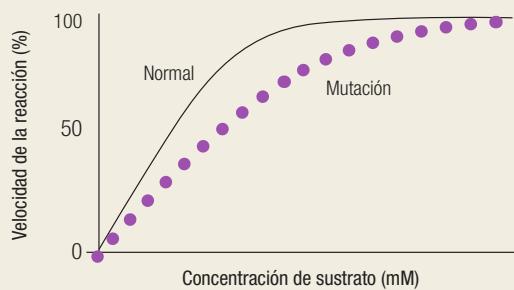
¿A qué corresponden, respectivamente, las moléculas rotuladas como 1, 2 y 3?

- A. nucleótido, ribosa, citosina.
 B. ARNm, desoxirribosa, adenina.
 C. nucleótido, desoxirribosa, timina.
 D. nucleótido, desoxirribosa, citosina.
 E. nucleótido, base nitrogenada, azúcar.
5. Los aminoácidos son las unidades básicas de las proteínas. La unión entre dos aminoácidos es:
- A. de tipo fosfodiéster.
 B. entre un amino y un hidroxilo.
 C. entre un amino y un carbonilo.
 D. entre un amino y un carboxilo.
 E. entre un hidroxilo y un carbonilo.
6. Son modificaciones del ARNm en eucariotas:
- A. la poliadenilación.
 B. el casquete 3' CAP.
 C. el corte y empalme.
 D. la adición de colas de poliU.
 E. A y C son correctas.
7. La conformación de alfa hélice es un ejemplo de:
- A. estructura primaria.
 B. estructura secundaria.
 C. estructura terciaria.
 D. estructura cuaternaria.
 E. secuencia aminoacídica.

8. ¿Cuál es la función de las chaperonas moleculares?

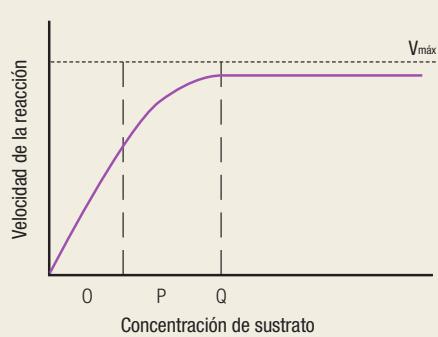
- I. Ayudar en el plegamiento de las proteínas nuevas.
 - II. Disminuir la temperatura de las proteínas de choque térmico.
 - III. Llevar proteínas desplegadas a su conformación tridimensional final.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo I y II
D. Solo I y III
E. I, II y III

9. El siguiente gráfico muestra la actividad enzimática entre un individuo normal y uno que ha sufrido una mutación.



A partir del análisis gráfico se puede afirmar que la mutación afectó el segmento de la proteína que determina:

- A. la afinidad de la enzima por el sustrato.
B. la afinidad de la enzima por el producto.
C. el rango de pH al que funciona la enzima.
D. la temperatura a la que funciona la enzima.
E. la unión de cofactores necesarios para la actividad enzimática.
- 10. De la interpretación del siguiente gráfico, es correcto afirmar que la velocidad de la reacción:**



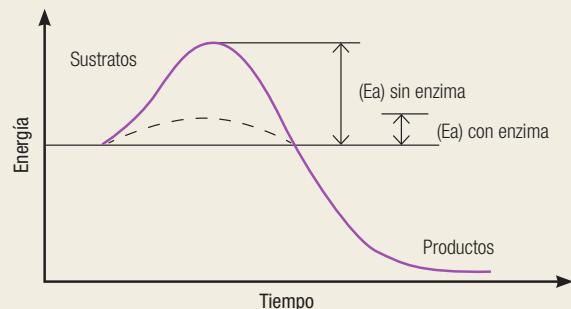
- I. entre 0 y Q es variable.

- II. aumenta en función de la concentración de sustrato.

- III. disminuye a concentraciones de sustrato superiores a Q.

- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo I y II
D. Solo I y III
E. I, II y III

11. El siguiente gráfico muestra una reacción química. Ten presente que la energía de activación (E_a) es la barrera energética que los sustratos deben superar para transformarse en productos.



A partir de su análisis, se puede inferir correctamente que:

- I. sin enzima se acelera la reacción química.
II. la enzima disminuye la energía de activación.
III. es necesario superar la energía de activación para obtener productos.

- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo I y II
E. Solo II y III

12. ¿Cuál(es) de los siguientes componentes se usa(n) en las técnicas de ADN recombinante para la transferencia de material genético desde un organismo a otro?

- I. Plásmidos.
II. Célula huésped.
III. Corte con enzimas de restricción.
A. Solo I.
B. Solo II.
C. Solo III.
D. Solo I y III.
E. I, II y III.

II. Analiza la siguiente situación procedural y luego responde.

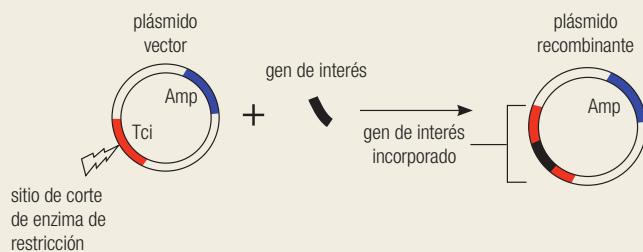
Planteamiento del problema y formulación de hipótesis

Descubren una nueva especie de microorganismo en la Antártica. Los científicos secuencian su genoma y determinan que un gen en particular, al que denominan gen X, posee una secuencia similar a la enzima encargada de degradar un sustrato Y. El microorganismo es difícil de cultivar a temperatura ambiente, por lo cual los investigadores decidieron clonar el gen X en una bacteria para realizar los estudios en el laboratorio.

Con la información entregada, plantea la hipótesis experimental.

Procedimiento experimental

Para probar su hipótesis, los investigadores desarrollaron el siguiente experimento: Utilizando técnicas de ADN recombinante, insertaron el gen desconocido (X) en un plásmido que además contiene un gen que le confiere resistencia a la ampicilina y otro gen que le confiere resistencia a la tetraciclina, dos antibióticos. Utilizaron una enzima de restricción, cuyo sitio de corte está en el gen de resistencia a la tetraciclina, para insertar el gen X.



El plásmido se incorporó al cultivo bacteriano y luego sembraron las bacterias en cuatro placas de Petri con agar (medio de crecimiento bacteriano), según muestra la tabla.

| Placa 1 | Placa 2 | Placa 3 | Placa 4 |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Agar nutritivo + ampicilina | Agar nutritivo + tetraciclina | Agar nutritivo + ambos antibióticos | Agar nutritivo sin antibióticos |

Posteriormente, los científicos sometieron las bacterias recombinantes a un medio con sustrato Y, que al degradarse emitía una coloración roja.

Obtención e interpretación de resultados

Si el plásmido recombinante incorporó el gen X, ¿en cuál de las placas deberían crecer las bacterias recombinantes? ¿Por qué?

Se observó coloración rojiza en los medios de cultivo con sustrato Y de bacterias provenientes de las placas 1 y 4.

Elaboración de conclusiones

Los investigadores concluyeron que el gen X corresponde a una enzima encargada de la degradación del sustrato Y en el microorganismo de la Antártica. ¿Cómo llegaron a esta conclusión?

I. Revisa tus respuestas de alternativas.

| Pregunta | Contenido evaluado | Habilidad | Clave | Mi revisión | | | Logro alcanzado |
|----------|---|------------|-------|-------------|-------------|----------|-----------------|
| | | | | Correctas | Incorrectas | Omitidas | |
| 1 | Organización y replicación del ADN. Páginas 14 a 24. | Recordar | | | | | |
| 2 | | Comprender | | | | | |
| 3 | | Aplicar | | | | | |
| 4 | | Aplicar | | | | | 4 |
| 5 | Síntesis de proteínas. Páginas 25 a 31. | Recordar | | | | | |
| 6 | | Recordar | | | | | |
| 7 | | Comprender | | | | | |
| 8 | | Comprender | | | | | 4 |
| 9 | Actividad enzimática. Páginas 34 a 49. | Aplicar | | | | | |
| 10 | | Analizar | | | | | |
| 11 | | Analizar | | | | | 3 |
| 12 | Procedimientos biotecnológicos. Páginas 50 a 55. | Recordar | | | | | 1 |

II. Revisa los criterios que se deben considerar para la respuesta correcta de la situación procedural.

| Etapa del método | Criterios |
|--|--|
| Planteamiento del problema y formulación de hipótesis. | La hipótesis debe formularse considerando que en el planteamiento del problema se menciona que la secuencia del gen X se asemeja mucho a la de una determinada enzima y, por ende, es importante recordar que la función de las proteínas está relacionada con su estructura, la que a su vez está determinada por su secuencia. Por lo tanto, era muy probable postular que el gen X tuviese la misma función que la enzima encargada de degradar el sustrato Y. |
| Obtención e interpretación de resultados. | La respuesta se elabora a partir de la correcta interpretación de los resultados de la tabla. Las bacterias debieran crecer en las placas 1 y 4. Como resultado de la inserción del gen X, la secuencia del gen de resistencia a la tetraciclina se vio alterada, por lo cual las bacterias no podrán crecer en medios que contengan ese antibiótico. Además, como el gen de resistencia a la ampicilina está intacto, las bacterias podrán crecer en medios con ese antibiótico o sin antibióticos. |
| Elaboración de conclusiones. | La conclusión de los investigadores se puede inferir a partir de los resultados obtenidos, los que concuerdan con la hipótesis planteada inicialmente. Las placas 1 y 4 tenían las condiciones para que las bacterias con el gen X pudieran crecer y degradar el sustrato Y. |

Mi ESTADO

Anota el nivel de logro de tus aprendizajes de la unidad según la categoría de desempeño dada: **1. Por lograr; 2. Medianamente logrado; 3. Bien logrado.**

- Comprendí cuál es la importancia del material genético y sus características.
- Conocí el proceso de transcripción y síntesis proteica.
- Analicé la cinética de reacciones enzimáticas.
- Comprendí y apliqué los principios básicos de ingeniería genética y biotecnología.

Microbios y nuestros sistemas de defensa



MENÚ de inicio

¿Qué aprenderás?

Relación entre procedimientos experimentales y resultados obtenidos.

Características y relación entre seres humanos, virus y bacterias.

La forma en que se organiza el sistema inmune: sus componentes innatos y adaptativos.

El contexto en que se descubrió el rol de los microbios en las enfermedades.

Las causas inmunológicas de varios fenómenos relativos a la salud, como los grupos de sangre y las alergías.

La relación del ser humano con las enfermedades infecciosas.

¿Para qué?

Reconocer cómo se relacionan los resultados obtenidos en una investigación con el procedimiento experimental seguido.

Reconocer las formas de interacción permanente que hemos establecido con los microbios.

Describir los componentes químicos, celulares y de tejidos y órganos que constituyen el sistema defensivo del cuerpo humano y diferenciar los procesos involucrados en la respuesta inmune.

Evaluando el impacto en la sociedad de ciertas aplicaciones tecnológicas al servicio del mejoramiento de nuestras condiciones de vida y argumentar de acuerdo con los conocimientos científicos.

Conocer las causas de la incompatibilidad de los grupos de sangre y de los órganos transplantados, el origen de las alergias y de las enfermedades autoinmunes.

Conocer y dimensionar los alcances que tiene el estudio de las enfermedades infecciosas y algunos de sus efectos concretos.

¿Dónde?

Páginas 64, 65, 88, 89 y 108

Páginas 66 a 77

Páginas 78 a 91

Páginas 80 y 81

Páginas 92 a 97

Páginas 98 a 103

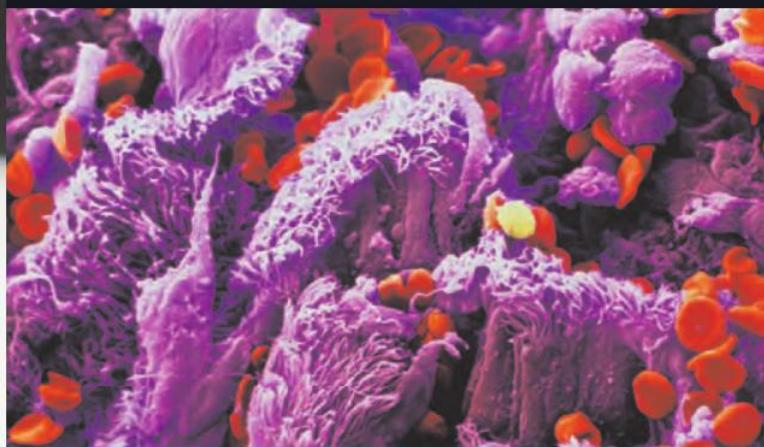
ABRIR SESIÓN

Los seres humanos nos relacionamos permanentemente con otros seres vivos, especialmente con aquellos con los que convivimos sin darnos cuenta, que ocupan nuestra boca, repletan nuestro intestino y se distribuyen cómodamente en los surcos y pliegues de la piel. Para comenzar, te invitamos a contestar algunas preguntas referidas a los temas que abordaremos juntos a lo largo de la unidad.

1. ¿Por qué hay bacterias en nuestra boca y en toda nuestra piel?
2. ¿Por qué las bacterias de la boca no logran acceder a la sangre que pasa bajo las mucosas?
3. Los virus no están vivos, pero sí producen todo tipo de enfermedades. ¿Qué son los virus, entonces?
4. ¿Qué quiere decir que tengamos sistemas de defensa? ¿Cómo pueden estos sistemas discriminar entre lo que es una amenaza y algo que no lo es?



▲ Un niño pequeño juega al aire libre. ¿Para su sistema inmune esta conducta es un riesgo o una oportunidad?



▲ Con cada inspiración, ingresan a nuestro cuerpo miles de microorganismos. En los pulmones no solo se produce el intercambio de gases. ¿Qué tipos celulares reconoces?



Inicializando

ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
- 3. Procedimiento experimental.**
- 4. Obtención de resultados.**
5. Interpretación de resultados.
6. Elaboración de conclusiones.

¿CÓMO SE RELACIONAN LOS RESULTADOS CON EL PROCEDIMIENTO?

Los resultados de una investigación se obtienen al poner en práctica un procedimiento experimental que fue previamente definido. Usualmente, los resultados son registrados en tablas o gráficos, recursos que facilitan su posterior interpretación.

PASOS PARA DESARROLLAR UN PROCEDIMIENTO Y OBTENER RESULTADOS

- Paso 1: plantear y/o conocer el problema de investigación.
- Paso 2: formular una hipótesis relacionando las variables del problema.
- Paso 3: tener claros los objetivos del experimento y, según eso, determinar los materiales y procedimientos necesarios para su cumplimiento.
- Paso 4: llevar a cabo el procedimiento y registrar los datos obtenidos.

A fines del siglo XVII, gracias a los experimentos de Francesco Redi, quedó en evidencia que la teoría de la generación espontánea era incorrecta. Este científico italiano demostró que las moscas no aparecían espontáneamente de la carne inerte, sino que provenían de larvas que habían sido puestas antes por moscas adultas.

El desarrollo del microscopio y la descripción progresiva de diversos microorganismos hizo que muchos investigadores se cuestionaran el origen de tales seres vivos diminutos que parecían surgir de la nada. La controversia se mantuvo hasta 1745, año en que John Needham preparó un experimento clave: en un frasco de vidrio puso caldo de carne, lo calentó y luego traspasó su contenido a otro recipiente que cerró con un corcho. Varios días después, retiró el corcho y analizó bajo el microscopio la composición del caldo y encontró que tenía abundantes microorganismos. Luego de obtener este resultado, apoyó la idea de que los microorganismos aparecían espontáneamente, sin requerir progenitores de ningún tipo.

El científico y sacerdote italiano Lazzaro Spallanzani era uno de los que no estaban conformes con los resultados obtenidos por Needham ni con sus conclusiones, por lo que decidió elaborar un experimento que permitiera mantener el rechazo a la generación espontánea, incluso tratándose de organismos microscópicos.

Planteamiento del problema

Muchas veces la ciencia vuelve sobre las mismas preguntas, pues las ideas y las historias personales de cada científico influyen en la forma en que se diseñan los experimentos y examinan los resultados. En este caso, Spallanzani pensaba que los frascos utilizados por Needham habían permitido el ingreso de microorganismos; por lo tanto, la pregunta que quiso responder fue:

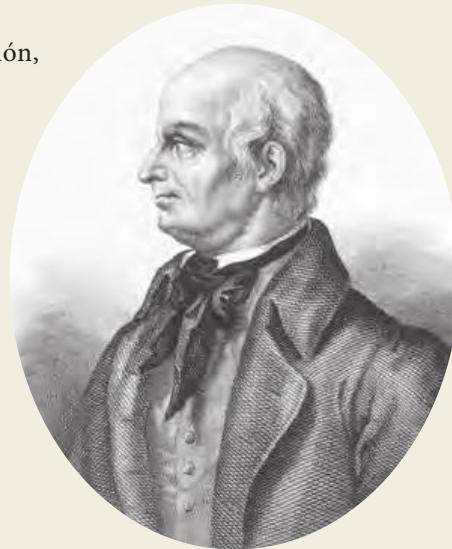
¿Los microorganismos aparecen espontáneamente en un caldo aislado y sometido a alta temperatura?

Formulación de hipótesis

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, Spallanzani formuló dos posibles hipótesis:

“Si los microorganismos aparecen en forma espontánea en el caldo, entonces al ser aislados y destruidos mediante calor, al esperar el tiempo suficiente volverán a aparecer nuevos microorganismos sin requerir predecesores”.

Al contrario, *“Si los microorganismos provienen de otros microorganismos, entonces al ser aislados y destruidos mediante calor, al esperar el tiempo suficiente no será posible hallar nuevos microorganismos en el caldo”*.



▲ Lazzaro Spallanzani (1729 – 1799).

Procedimiento experimental

Spallanzani preparó un caldo de carne, como el utilizado por Needham. Luego lo distribuyó en varias vasijas de vidrio. Algunas las tapó firmemente con un corcho. Otras las selló fundiendo el vidrio. A continuación, calentó vasijas de ambos tipos por algunos minutos y otras por cerca de una hora, tal como se representa en la figura.



A La tapó y calentó durante una hora

B La tapó y calentó por pocos minutos

C La selló y calentó por pocos minutos

D La selló y calentó durante una hora

Antes de analizar los resultados, deduce:

- ¿Qué variables fueron las que Spallanzani tomó en cuenta y que Needham habría pasado por alto?
- ¿Se utiliza un grupo control en este experimento? Si es así, ¿cuál sería?

Obtención de resultados

Tras esperar varios días, Spallanzani abrió las vasijas (sacó los corchos o quebró las bocas selladas), e inmediatamente observó una muestra del caldo bajo el microscopio. Los resultados se resumen en la tabla:

| Vasija A | Vasija B | Vasija C | Vasija D |
|---|---|---------------------------------------|------------------------------|
| Presencia abundante de microorganismos. | Presencia abundante de microorganismos. | Presencia de algunos microorganismos. | Ausencia de microorganismos. |

Interpretación de resultados

Analizando los resultados obtenidos, contesta las siguientes preguntas:

- ¿Cuál sería el origen de los microorganismos que aparecen en las vasijas A, B y C?
- ¿Por qué en las vasijas A y B aparecen más microorganismos que en C?
- ¿Es correcto objetar una teoría, como la teoría de la generación espontánea, con un solo experimento que no considera la totalidad de los microorganismos? Argumenta.

Mi ESTADO

- En esta actividad, ¿cómo se relacionan los resultados obtenidos con la hipótesis?
- ¿Cómo se relaciona el problema de investigación con las conclusiones que se pueden desprender de los resultados?

Elaboración de conclusiones

- Needham sostenía que para que aparecieran espontáneamente los microorganismos, estos debían ser transportados por el aire, como una “fuerza vegetativa”. Para John Needham los resultados de Spallanzani no fueron concluyentes. ¿Por qué?
- ¿Qué podrías concluir a partir de los resultados obtenidos por Spallanzani?

El límite de lo vivo

Ampliando MEMORIA

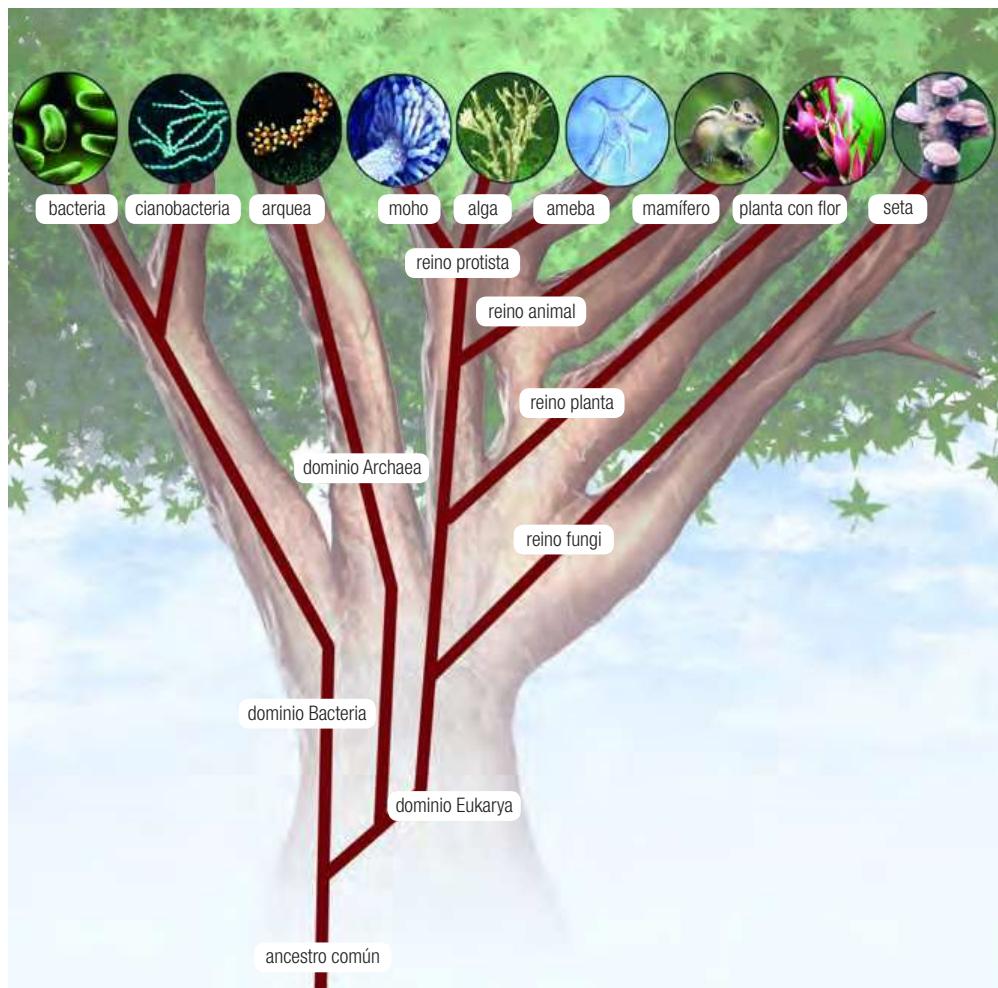
Los virus fueron estudiados antes de ser observados. Descubiertos en 1892 por el ruso Dmitri Ivanovsky, solo pudieron ser vistos en la década de 1950 tras la invención del microscopio electrónico. Paradójicamente, se cree que serían la entidad biológica más abundante sobre la Tierra.

Los virus están constituidos por proteínas y ácidos nucleicos, hay billones de ellos repartidos en cientos de variedades, se reproducen de manera explosiva e infectan a organismos simples y complejos. Pero ¿qué es lo realmente extraño de los virus? Es que no están vivos.

Cuando se trata de vida microscópica, surge cierta dificultad para reconocer a los seres vivos, porque los atributos que le damos a la vida no suelen estar presentes: no siempre hay movimiento, no es posible reconocer un cuerpo o extremidades, cuesta comprender de qué se alimentan o cómo se comunican estas formas de vida entre sí.

En el caso de la vida unicelular, habitualmente microscópica, basta con identificar la estructura celular, procarionte o eucarionte, para saber que estamos frente a un ser vivo. Aunque se trate de un organismo formado por una sola célula, su organización, basada en ácidos nucleicos y proteínas, así como su capacidad para transferir información genética mediante la reproducción lo convierten en un ser vivo con características singulares.

¿Qué hace que un virus no sea considerado ser vivo entonces? Los virus no están organizados en células. Tampoco poseen un metabolismo propiamente tal, por lo que son incapaces de elaborar ATP, fermentar o hacer fotosíntesis. Requieren un huésped u hospedero para reproducirse, el que puede ser tan complejo como un ser humano o tan simple como una bacteria. De hecho, los seres humanos portamos bacterias que pueden estar infectadas por virus.



▲ La figura representa el árbol de la vida. Los virus no aparecen en ningún lado; sin embargo, son capaces de infectar a especies de bacterias, arqueas, protistas, animales, plantas y hongos.

Los virus poseen una estructura simple

Los virus son partículas infecciosas que se reproducen como parásitos obligados tanto en células procariotas como eucariotas. La gran mayoría de los virus responde a la misma estructura: un centro constituido por ADN o ARN (nunca ambos), rodeado por una envoltura proteica o glicoproteica llamada cápside. El término **nucleocápside** se refiere al material genético envuelto en su cápside.

Cuando no están infectando, los virus existen como partículas individuales llamadas **viriones**. Muchos virus están envueltos en una membrana lipoproteica, adquirida a partir de la membrana celular del organismo infectado.

Vistos por fuera, suelen presentar formas icosaédricas bastante regulares y miden entre 10 y 300 nanómetros, unas 100 veces menos que una bacteria.

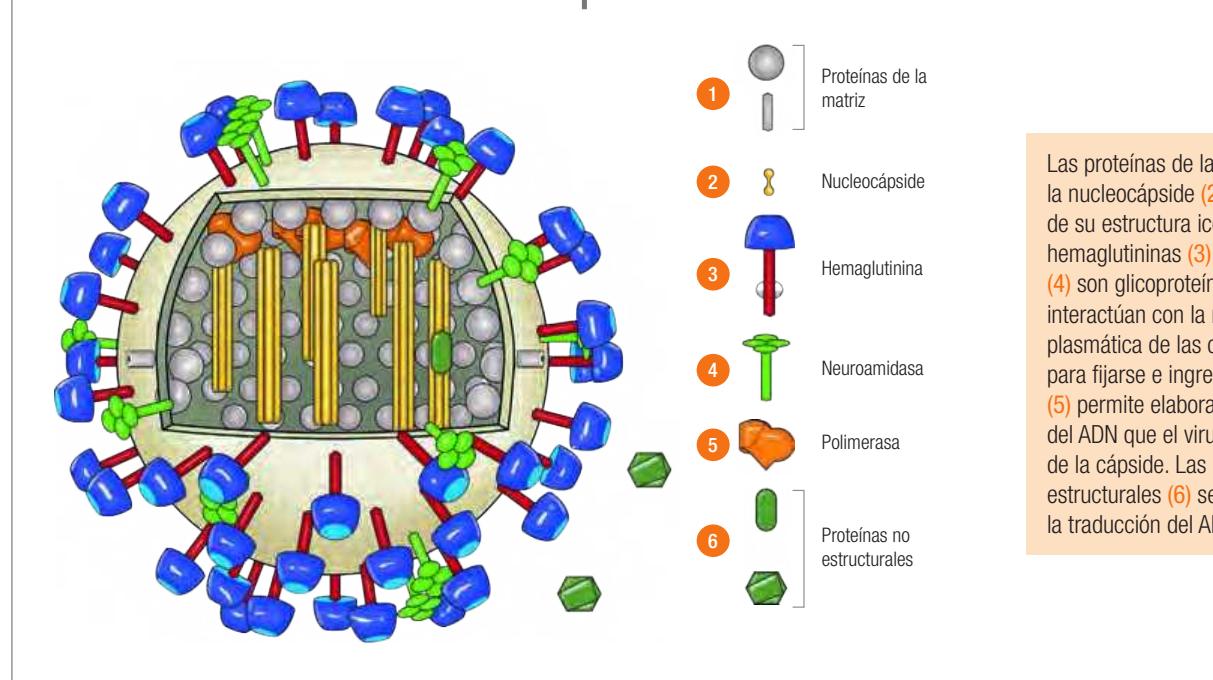
Las proteínas que poseen tienen básicamente tres funciones: (a) darle consistencia estructural al virus, (b) que este pueda adherirse a la célula huésped para generar la infección y (c) facilitar la síntesis de las moléculas que reproducirán nuevos virus al interior de la célula huésped.

Hay más de 5000 tipos de virus identificados, de los cuales se han clasificado bastante bien unos 2000 y se conoce la estructura detallada de algunos cientos solamente. Los especialistas que estudian los virus o virologos consideran que puede haber miles e incluso millones de virus aún por descubrir. Algunos virus han sido mucho más estudiados y se conoce la estructura y función de sus proteínas específicas. Es el caso del virus del sida o el de la influenza.

Ampliando MEMORIA

Los virus que poseen ADN pueden conseguir que su ácido nucleico se incorpore al ADN de la célula huésped hasta que las condiciones sean favorables. En tal estado, el virus se denomina "provirus".

Estructura del virus de la influenza humana



Las proteínas de la matriz (1) y la nucleocápside (2) son la base de su estructura icosaédrica. Las hemaglutininas (3) y neuroamidasas (4) son glicoproteínas que interactúan con la membrana plasmática de las células infectadas para fijarse e ingresar. La polimerasa (5) permite elaborar ARN a partir del ADN que el virus lleva dentro de la cápside. Las proteínas no estructurales (6) se cree que facilitan la traducción del ARN viral.

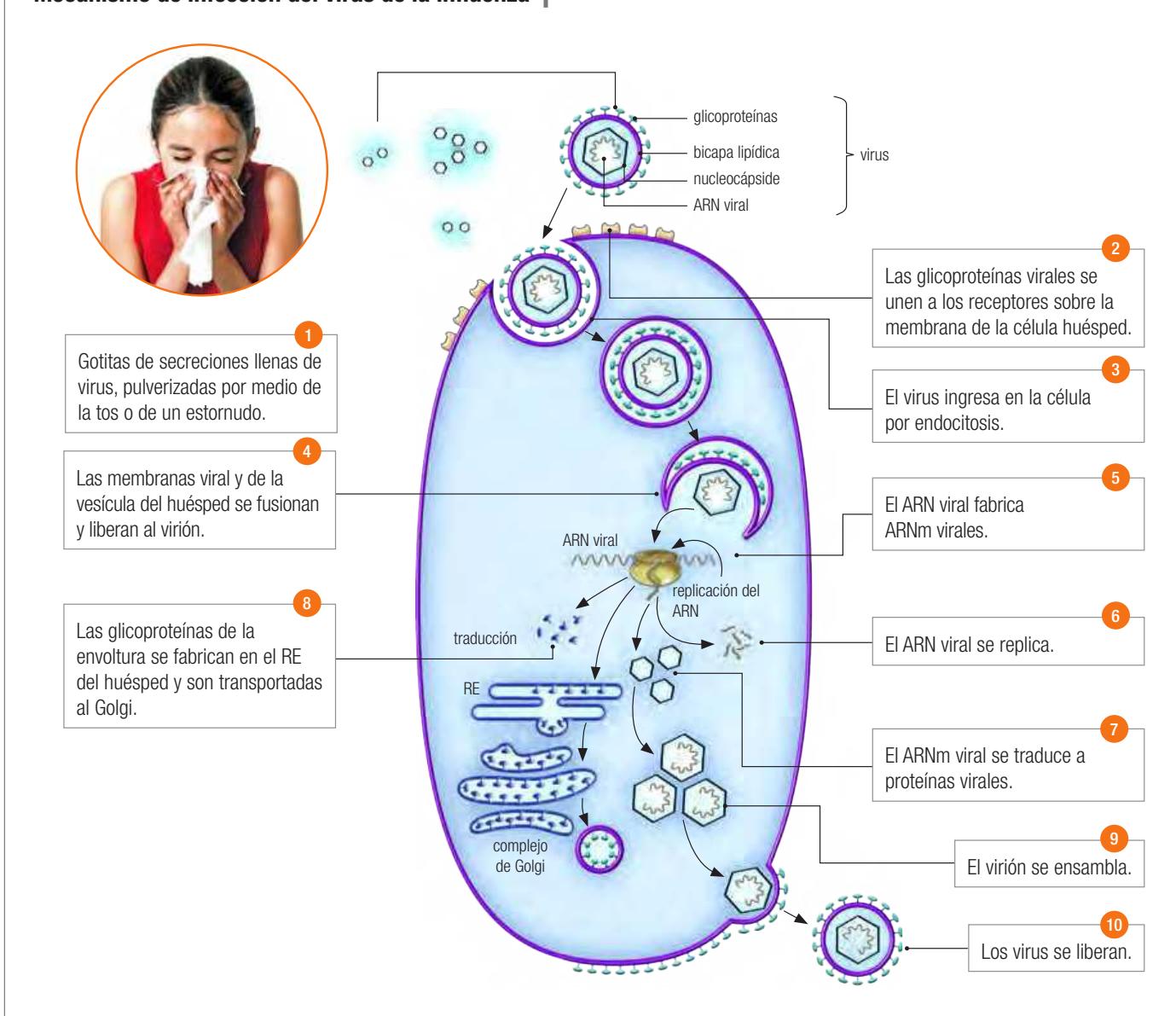
Actividad

1. En grupo, realicen la siguiente actividad de bioinformática:
 - a. Ingresen al siguiente enlace: <http://viperdb.scripps.edu/index.php>. Allí podrán encontrar la descripción y representación de un gran número de virus.
 - b. Busquen los siguientes virus: de la hepatitis B humana, del enanismo arbustivo del tomate y del bacteriófago G4, y **comparen** las representaciones de sus estructuras externas.

Los virus atacan a las bacterias y a nuestras células

En el esquema se muestran las etapas que sigue un virus, como el de la influenza humana, para infectar, generar cientos de copias de sí mismo y destruir a una célula huésped.

Mecanismo de infección del virus de la influenza



AYUDA

Los antibióticos son sustancias químicas que matan a las bacterias o impiden su reproducción.

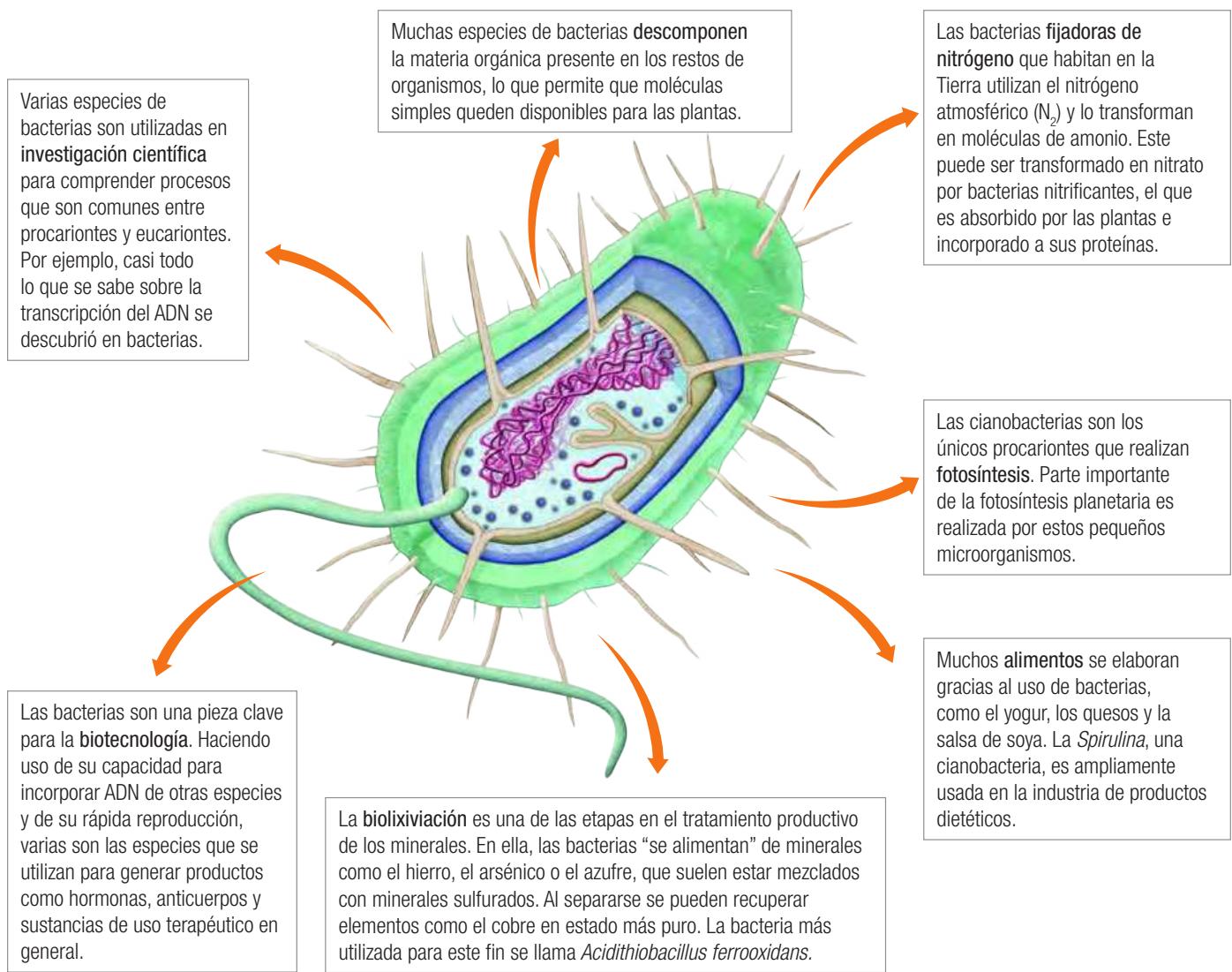
Actividad

1. A partir del análisis del esquema anterior, responde:

- Si fueras un investigador o investigadora interesado en diseñar un antiviral, ¿qué etapas del proceso de infección podrías manipular para evitar que los virus se multipliquen? **Explica.**
- Si se aplica un antibiótico a un cultivo de bacterias infectadas con virus, ¿garantiza esta aplicación la destrucción de las partículas virales? **Argumenta.**

¿Las bacterias también son patógenas?

Pese a su fama, la enorme mayoría de las bacterias no producen enfermedades y cumplen un papel vital en los ecosistemas. Algunas de ellas han adquirido últimamente gran importancia económica en muchos campos del desarrollo humano.



Actividad

1. Lee la siguiente descripción y luego **desarrolla la investigación solicitada**.

Para ser una bacteria patógena o capaz de producir una enfermedad esta debe:

- llegar al cuerpo del potencial huésped.
- entrar en el cuerpo del huésped.
- evadir las defensas del huésped.
- multiplicarse dentro del huésped.
- poder infectar a un nuevo huésped.

2. Escoge una enfermedad bacteriana, como la neumonía, e investiga de qué forma la bacteria es capaz de superar alguna de estas barreras.



▲ *Streptococcus pneumoniae*, una de las bacterias que producen la neumonía.

Ampliando MEMORIA

Cada parte del cuerpo posee su propia microbiota. Algunas de las bacterias más comunes son:

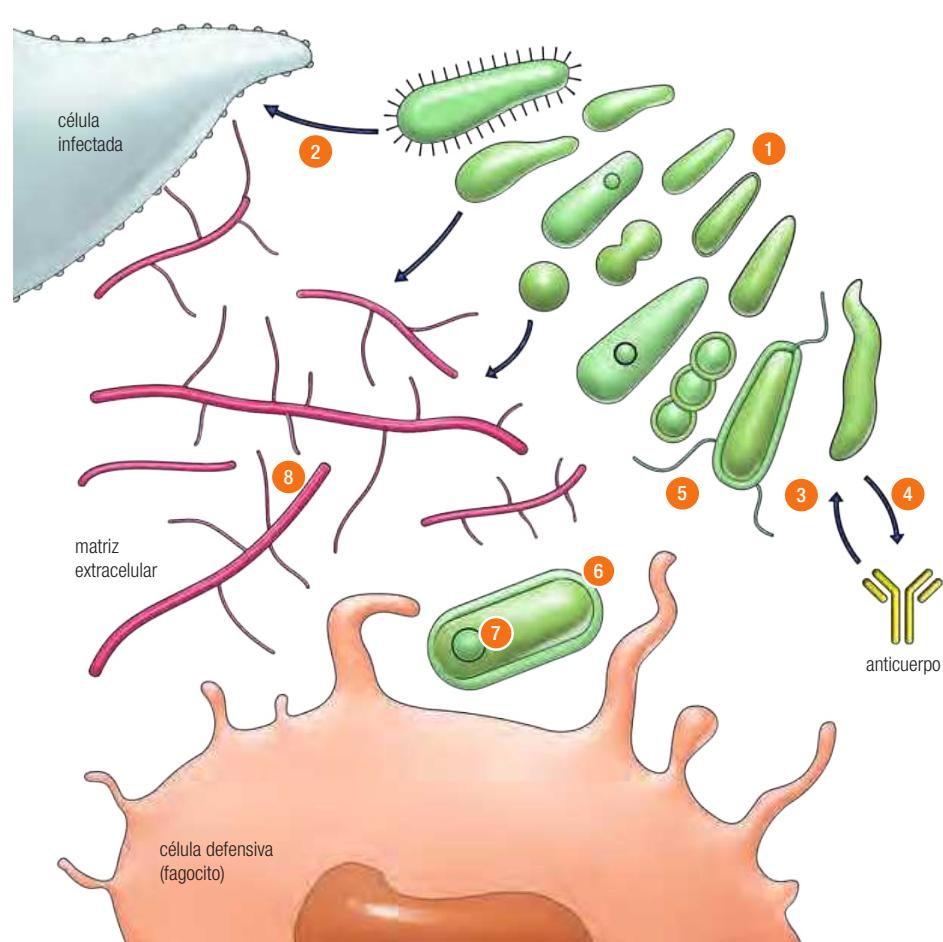
| | |
|---------------------------|---|
| Piel | <i>Staphylococcus</i> |
| Boca | <i>Streptococcus, Lactobacillus.</i> |
| Tracto respiratorio | <i>Staphylococcus, Streptococcus.</i> |
| Tracto gastro -intestinal | <i>Lactobacillus, Streptococcus, Bacteroides.</i> |
| Tracto urogenital | <i>Escherichia, Klebsiella, Proteus.</i> |

Las bacterias que son patógenas anulan los sistemas de defensa

Las **bacterias patógenas** son aquellas que causan enfermedades. El ser humano, como la gran mayoría de los animales, lleva consigo muchas especies de bacterias que son parte de su **microbiota normal** y que viven como parásitos en relativa armonía en el organismo hospedero. Las bacterias encuentran ambientes favorables al interior y en la superficie de nuestro cuerpo, con los nutrientes necesarios y una temperatura constante adecuada para su desarrollo. Pero no siempre estas bacterias producen infección y con ello daño. Solo cuando se multiplican de manera desmedida y/o producen toxinas que dañan los tejidos del hospedero, se puede hablar de enfermedad bacteriana y de bacterias patógenas.

Los seres humanos contamos con una serie de mecanismos de defensa contra infecciones microbianas, virales y bacterianas. Los microorganismos que son capaces de colonizar al hospedero con éxito son los que han desarrollado vías para escapar de estos mecanismos de defensa. Hay una gran cantidad de bacterias potencialmente patógenas. Cada especie posee su propio sistema contra las defensas humanas. En el siguiente esquema se resumen algunas de las estrategias con que cuentan las bacterias patógenas para contraatacar al huésped.

- 1 Cambios que se producen en las proteínas de superficie de las bacterias favorecen la adhesión a las células infectadas y evitan el reconocimiento de las células defensivas.
- 2 Las fimbrias de las bacterias se adhieren a las células infectadas.
- 3 Cambios que se producen en las proteínas de superficie de las bacterias impiden la adhesión de anticuerpos.
- 4 Las bacterias liberan proteasas que degradan a los anticuerpos.
- 5 Flagelo bacteriano que evita la fagocitosis.
- 6 Cápsula bacteriana que impide la fagocitosis.
- 7 Plásmido con genes de resistencia.
- 8 La liberación de hialuronidasa y otras enzimas que degradan la matriz extracelular facilitan la dispersión de las bacterias.



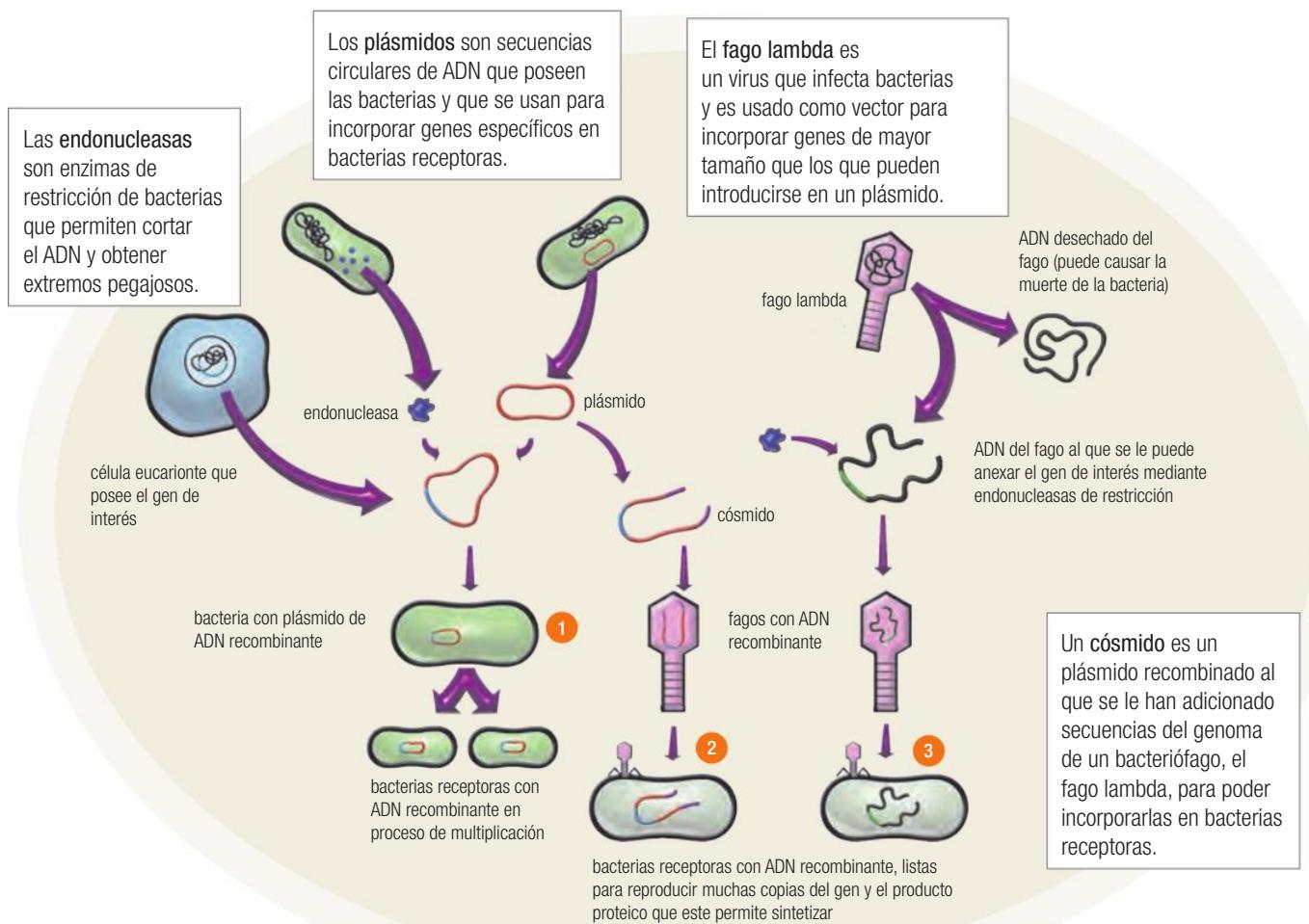
Actividad

- Si quisieras cultivar alguna de las especies de la microbiota normal, ¿qué condiciones físicas y químicas debería tener el medio de cultivo? Menciona al menos tres y **explica** tu elección.

El papel de los virus y las bacterias en la biotecnología

Virus y bacterias han tenido un papel crucial en el desarrollo de la investigación científica y en los avances de la biotecnología. El rol del ADN, la organización de los genes, la regulación de la transcripción y la participación del ribosoma en la traducción del ARN son ejemplos de procesos que han sido estudiados en bacterias incluso antes que en las células eucariontes.

Tal como aprendiste en la unidad anterior, buena parte del desarrollo de la biotecnología está basado en nuestro conocimiento de los microorganismos.



Actividad

1. A partir del análisis del esquema anterior, responde.

- ¿Cuál de las tres bacterias receptoras (1, 2 o 3) posee ADN viral, bacteriano y eucarionte? **Infiere.**
- Por qué es habitual que los plásmidos contengan genes que a la bacteria le permiten elaborar proteínas capaces de anular el efecto de algunos antibióticos? **Investiga.**
- Un fago inyecta ADN en una bacteria. Esta se reproduce de manera que, horas más tarde, se obtienen miles de bacterias idénticas a la original. De improviso, dentro de cada bacteria se ensamblan decenas de bacteriófagos que terminan por destruirlas. ¿Cómo se interpreta lo sucedido? **Explica.**

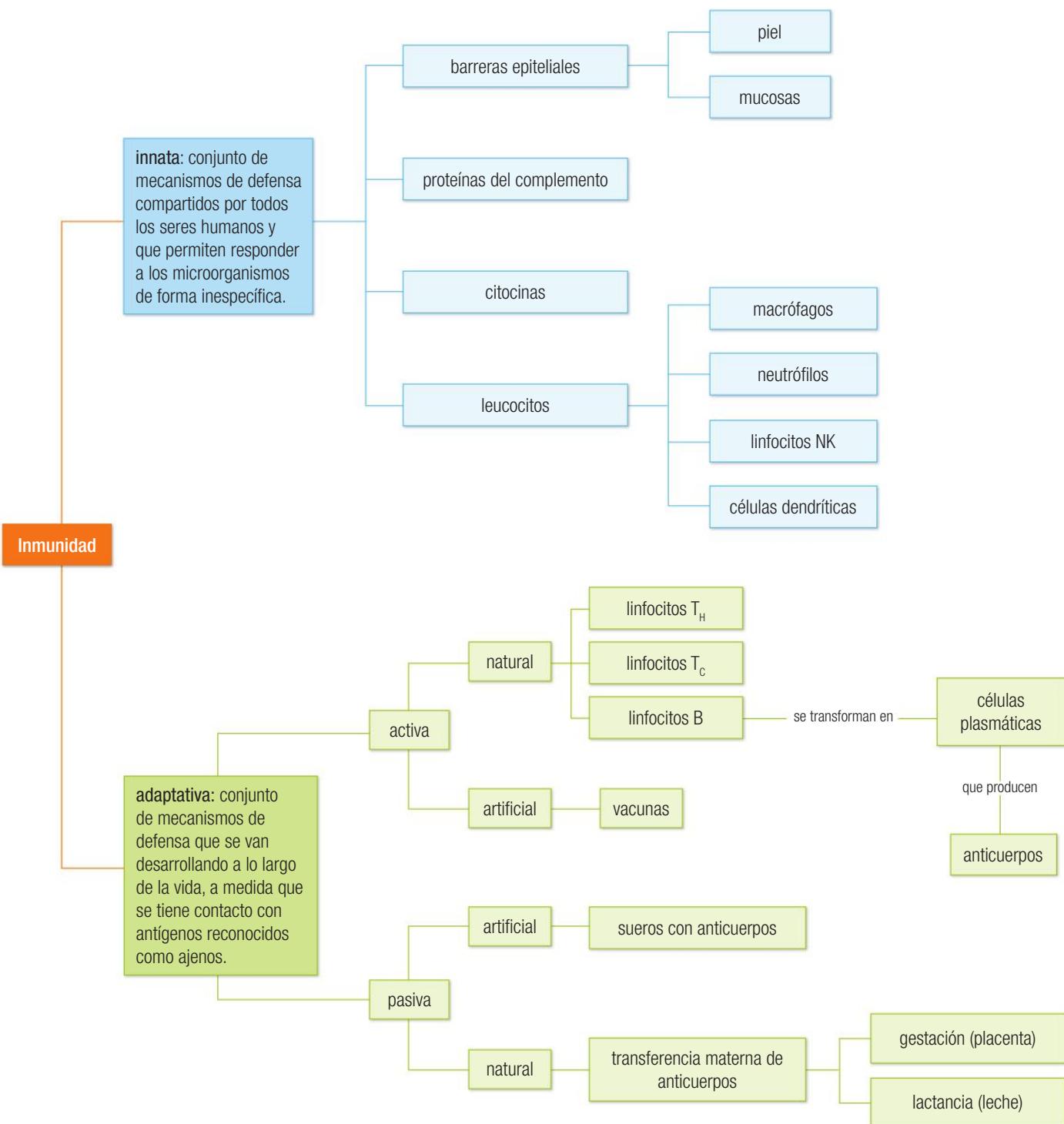
Para GRABAR

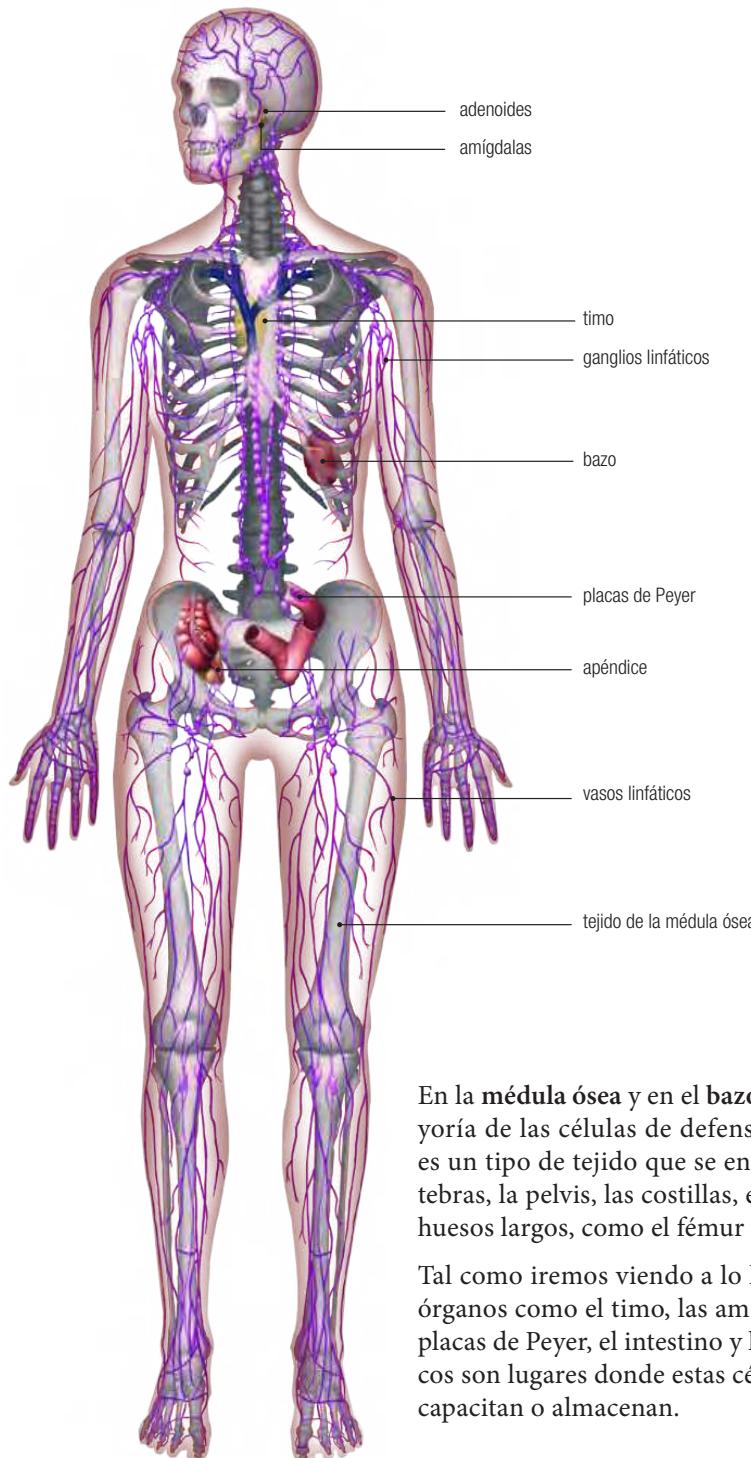
El ADN recombinante es una técnica que permite combinar el ADN de un vector (como los plásmidos) con un gen de interés médico o comercial para obtener muchas copias del gen y/o de la proteína que este expresa.

La inmunidad involucra muchos procesos químicos y celulares

La **inmunidad** es el conjunto de procesos mediante los cuales el organismo se defiende de los microorganismos infecciosos y de toda molécula o partícula que reconozca como ajena.

A modo introductorio, el siguiente diagrama muestra los distintos componentes que participan del proceso inmunológico en el ser humano.



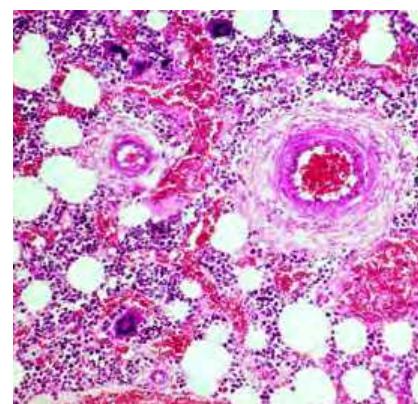


Ampliando MEMORIA

Durante la primera mitad del siglo XX se debatía sobre la naturaleza de la respuesta inmune: ¿humoral o celular? Actualmente sabemos que participan los dos tipos de componentes de forma complementaria.

En la **médula ósea** y en el **bazo** se generan la mayoría de las células de defensa. La médula ósea es un tipo de tejido que se encuentra en las vértebras, la pelvis, las costillas, el esternón y en los huesos largos, como el fémur y el húmero.

Tal como iremos viendo a lo largo de la unidad, órganos como el timo, las amígdalas, adenoides, placas de Peyer, el intestino y los ganglios linfáticos son lugares donde estas células de defensa se capacitan o almacenan.



Actividad

1. A partir del esquema, identifica:

- los componentes que son “humorales”, vale decir, relativos a sustancias químicas, como los anticuerpos, y los que son celulares.
 - aquellos mecanismos defensivos que se han desarrollado gracias al quehacer científico.
2. La primera barrera defensiva es la piel. ¿Cómo podrías comprobar si el lavado de manos es una estrategia eficiente para defenderse de las infecciones? Explica.

▲ Micrografía de las células de la médula ósea, lugar donde se origina la mayoría de las células defensivas humanas.

El sistema inmune nos defiende de muchas amenazas

Ampliando MEMORIA

La piel es el primer órgano defensivo del cuerpo humano. Constituye una barrera física y química contra los microorganismos. Al romperse por una herida, se activan los mecanismos defensivos secundarios, mencionados en el esquema de esta página.

Tenemos un **sistema inmune o de defensa** que mantiene bajo control nuestra microbiota normal, impide el desarrollo de infecciones y elimina los microorganismos que están presentes en los alimentos que consumimos o en el aire que respiramos. Pero también se hace cargo de eliminar las células propias que ya han cumplido su ciclo de vida o cuando manifiestan un mal funcionamiento o una proliferación excesiva.

Este sistema se distribuye en todos los rincones del organismo, posee un sistema circulatorio propio, órganos especializados y tejidos incluidos dentro de otros órganos, como ocurre con el intestino.

Los órganos del sistema inmune se pueden dividir en **órganos linfáticos generadores y periféricos**. Dentro de los primeros están la médula ósea y el timo. En el segundo grupo se hallan los ganglios linfáticos y el bazo.

El sistema circulatorio linfático es la principal vía de transporte de las células defensivas generadas o capacitadas por los órganos linfáticos. La **linfa** transportada recorre todo el cuerpo y desemboca en la sangre.

1 Los vasos linfáticos devuelven la linfa a la sangre mediante conductos que drenan en las venas cercanas a los hombros.

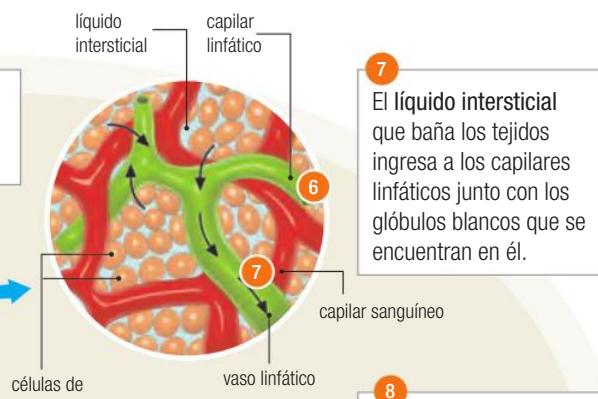
2 Los linfocitos T, un tipo de célula defensiva, se capacitan en el timo.

3 El bazo es un sitio de acumulación y maduración de linfocitos.

4 En el apéndice, en las placas de Peyer, adenoides y amígdalas se encuentran células defensivas.

5 Los linfocitos B, un tipo de célula defensiva, se capacitan en la médula ósea.

6 El líquido dentro de los capilares linfáticos, llamado **linfa**, recorre todo el organismo a través de los vasos linfáticos.



7 El líquido intersticial que baña los tejidos ingresa a los capilares linfáticos junto con los glóbulos blancos que se encuentran en él.

8 Dentro de los **ganglios linfáticos**, los microorganismos y las partículas extrañas presentes en la linfa circulante se encuentran con varios tipos de células defensivas.

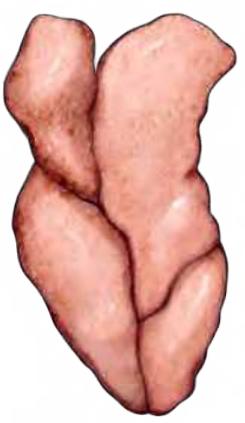
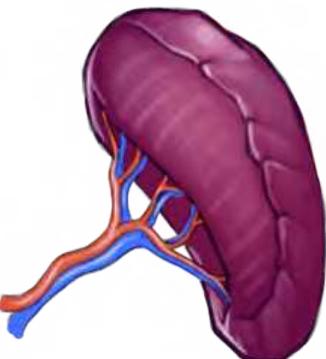
Actividad

1. Los microorganismos pueden ingresar al organismo de distintas maneras: en los alimentos, por las vías nasales, a través de una herida en alguna parte del cuerpo, como una mano o un pie. Para cada uno de estos casos **sugiere y justifica** cuál sería la estructura del sistema inmune mejor ubicada para detener a un microorganismo antes de que ingrese a la circulación sanguínea.

Órganos del sistema inmune

A diferencia de las estructuras estudiadas en años anteriores, los órganos del sistema inmune no están físicamente cerca entre ellos, aunque se comunican por el sistema linfático y sanguíneo. Se relacionan de manera dinámica, ya que se transfieren células y sustancias químicas entre sí. El motor de todo su funcionamiento es el contacto con **antígenos**, es decir, sustancias externas que resultan extrañas para el organismo. El sistema inmune básicamente es un **receptor, almacenador y procesador** de antígenos.

En el siguiente esquema se profundizan algunas características de los órganos linfáticos:

| Generadores | Periféricos |
|---|---|
| <p>Capacitan linfocitos</p> <p>Médula ósea</p> <p>Corresponde al tejido que poseen en su interior los huesos largos, las costillas, el esternón, el cráneo, la cintura pélvica y la escapular.</p> <p>Aquí se reproducen las células madre de todos los tipos celulares de la sangre, proceso llamado hematopoyesis, incluidos los linfocitos B.</p>  | <p>Ponen en contacto a linfocitos con antígenos</p> <p>Ganglios linfáticos</p> <p>Son estructuras redondeadas de menos de 1 cm de diámetro que se organizan en racimos a lo largo del cuerpo, especialmente en las axilas, la ingle, el cuello, abdomen y la parte central del tórax. Filtran la linfa y ponen en contacto a los antígenos con los linfocitos provenientes de la sangre.</p>  |
| <p>Timo</p>  <p>Es un órgano bilobulado ubicado en el centro del tórax, por encima de la aorta. Disminuye de tamaño desde la niñez a la adultez.</p> <p>Los linfocitos T provenientes de la médula ósea migran desde la corteza del timo hacia la médula ubicada en su parte central. Desde allí salen maduros rumbo a la circulación sanguínea.</p> | <p>Bazo</p>  <p>Es un órgano ubicado al lado izquierdo de la cavidad abdominal. Su masa es de 150 g, aproximadamente.</p> <p>Posee una organización que permite exponer muchos tipos de antígenos a un contingente de linfocitos B, T y fagocitos, con lo que activa la producción de anticuerpos. Es el lugar principal donde se destruyen las bacterias cubiertas de anticuerpos.</p> |

Para GRABAR

Un órgano linfático es una estructura bien limitada que alberga linfocitos en proceso de maduración o capaces de activarse al contacto con antígenos.

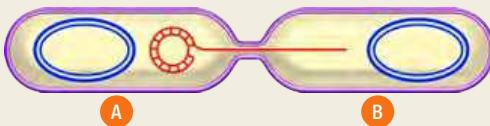
El **tejido linfoide** es una zona con alta densidad de linfocitos, que forma parte de otro órgano. Por ejemplo, las placas de Peyer son parte de la mucosa intestinal y respiratoria.

Analizando disco

Evaluación de proceso

I. Responde las preguntas de alternativas.

Características de virus y bacterias

1. ¿Qué característica en común poseen virus y bacterias?
 - A. Poseer un metabolismo simple.
 - B. Reproducirse mediante bipartición.
 - C. Incapacidad para realizar fotosíntesis.
 - D. Ser células únicas de pequeño tamaño.
 - E. Presencia de proteínas en su estructura.
2. ¿Cuáles son las bacterias capaces de fabricar materia orgánica a partir de la energía solar?
 - A. Cianobacterias.
 - B. Bacterias patógenas.
 - C. Bacterias descomponedoras.
 - D. Bacterias fijadoras de nitrógeno.
 - E. Bacterias usadas en biolixiviación.
3. La figura representa a una bacteria A que está copiando y transfiriendo su plásmido a una bacteria B, que no lo posee. ¿Qué capacidad recibe la bacteria B?

- A. Resistencia a antibióticos.
- B. Capacidad de infectar virus.
- C. Defensa contra la fagocitosis.
- D. La posibilidad de degradar anticuerpos.
- E. La habilidad para reproducirse más rápido.

4. ¿Cuál de los siguientes tipos de ADN se puede tratar mediante una enzima de restricción?

- I. ADN humano.
- II. ADN de un plásmido.
- III. ADN viral.
 - A. Solo II
 - B. Solo III
 - C. Solo II y III
 - D. Solo I y II
 - E. I, II y III

Mecanismos de infección de virus y bacterias

5. ¿A qué tipo de organismos son capaces de infectar los virus?
 - A. Solo a plantas y animales.
 - B. A animales exclusivamente.
 - C. Solo a organismos eucariontes.
 - D. Solo a organismos procariontes.
 - E. A organismos procariontes y eucariontes.
6. Una droga funciona adhiriéndose a proteínas de la cápside viral. ¿Qué efecto causa en el virus?
 - A. Descompone su cápside.
 - B. Destruye su ADN o ARN.
 - C. Acelera su capacidad infecciosa.
 - D. Altera su metabolismo energético.
 - E. Impide su fijación a una célula huésped.
7. ¿Qué representa esta figura en el proceso de infección viral de una célula eucarionte?



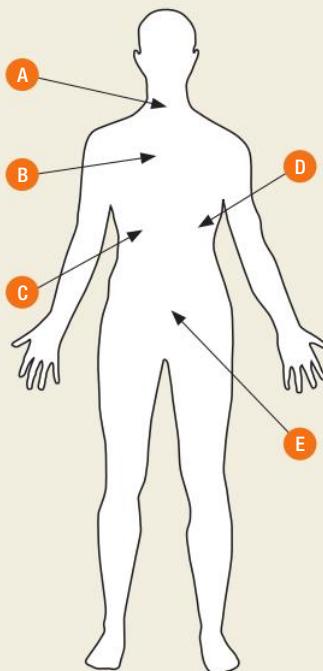
- A. El virus se ensambla con proteínas de la célula huésped.
 - B. Mecanismos defensivos de la célula envuelven al virus.
 - C. El virus toma contacto con la membrana celular del huésped.
 - D. La envoltura viral se fusiona con la vesícula de endocitosis.
 - E. El virus forma una membrana a su alrededor antes de salir de la célula infectada.
8. De acuerdo a lo estudiado, ¿por qué un virus termina matando a la célula huésped?
 - A. Porque compite por los mismos nutrientes.
 - B. Porque altera su ADN, lo que genera mutaciones.
 - C. Porque obliga a que la célula solo fabrique copias del virus.
 - D. Porque produce sustancias que resultan tóxicas para la célula.
 - E. Porque destruye la maquinaria enzimática de la célula huésped.

Organización del sistema inmune

9. ¿En qué lugar del cuerpo se concentran los ganglios linfáticos?

- A. En el pecho.
- B. En los brazos.
- C. En los huesos.
- D. En la pared intestinal.
- E. En la base de las extremidades.

10. Identifica en la silueta la ubicación del bazo.

**II. Responde las preguntas de desarrollo.**Mecanismos de infección de virus y bacterias

11. El virus del herpes simple es tratado con un medicamento llamado Aciclovir, capaz de inhibir la enzima ADN polimerasa del virus.

- a. Explica cómo es que este medicamento detiene la infección por herpes.
- b. Establece cuál debe ser el requisito para que este medicamento no resulte peligroso para las propias células humanas.

12. Una persona se expone a entrar en contacto con bacterias cuando alguien enfermo tose en su proximidad. Menciona tres mecanismos de que dispone el organismo para eliminar las bacterias recibidas y tres mecanismos de que disponen las bacterias para defenderse de nuestras defensas.

PISTAS

Para fabricar nuevas copias de su material genético, los virus de ADN utilizan una polimerasa propia.

Las polimerasas son enzimas, por lo tanto, proteínas con una forma tridimensional determinada.

Un inhibidor competitivo es una sustancia que se une a una enzima e impide su unión con el sustrato específico.

Mi ESTADO

Anota el nivel de logro de tus aprendizajes hasta ahora según la categoría de desempeño dada: 1. Por lograr; 2. Medianamente logrado; 3. Bien logrado.

Identifiqué las características distintivas de virus y bacterias.
(Preguntas 1 a 4).

Comprendí el mecanismo utilizado por virus y bacterias para infectar.
(Preguntas 5 a 8, 11 y 12).

Conocí la organización general del sistema inmune.
(Preguntas 9 y 10).

¿Cómo nos defendemos de patógenos desde el primer momento?

AYUDA

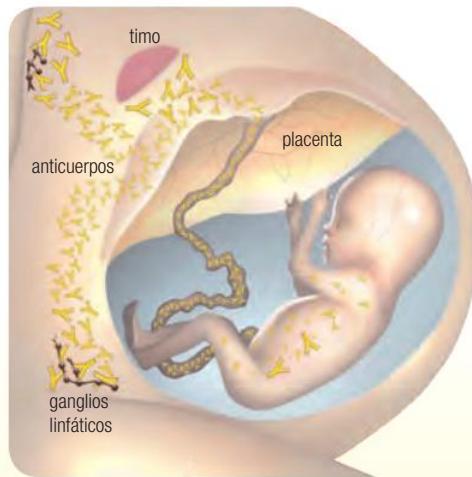
Los antígenos son cualquier molécula o partícula que provoca una respuesta inmune por resultar extraña para el organismo. Habitualmente son proteínas o polisacáridos.

Durante la vida embrionaria y fetal de un organismo en formación es la madre quien lo protege de los microorganismos a través de su propio sistema inmune. La **placenta** es una eficiente barrera que impide el paso de bacterias y de muchos tipos de virus. Además, provee de anticuerpos y otras sustancias defensivas.

Al nacer, la piel, las vías respiratorias y el tubo digestivo se comienzan a poblar de bacterias que formarán parte de la microbiota normal. Al mismo tiempo, la leche materna le provee al hijo un rico sustento de nuevos anticuerpos para hacer frente a las amenazas. Si bien el sistema inmune del recién nacido ya posee una buena dotación de linfocitos y mecanismos innatos de detección de células extrañas, sin la colaboración de los anticuerpos maternos su capacidad defensiva sería mucho menor. Prueba de ello es que los niños alimentados con leche materna se enferman menos que los que reciben suplementos lácteos en mamadera.

En la medida que el niño tenga contacto con una mayor diversidad de **antígenos**, su sistema inmune se fortalecerá y sus células activarán mecanismos adaptativos de respuesta y de memoria. Paradójicamente, una mayor exposición a virus y bacterias determina la construcción de una “biblioteca de información” de potenciales amenazas que, a la larga y como ya veremos, benefician la salud.

Fortalecimiento del sistema inmune



El timo y los ganglios linfáticos maternos producen **anticuerpos del tipo G (IgG)** que son transferidos a la circulación fetal a través de la placenta. Al mismo tiempo, desde el quinto mes de gestación el feto comienza la producción de sus propios anticuerpos.



La leche materna aporta nuevos IgG e IgA que son transferidos desde el tubo digestivo del lactante hasta su sangre. Los IgA son anticuerpos típicos de las mucosas, y mantienen controlada la población de bacterias ubicadas en el intestino y en el tracto respiratorio.



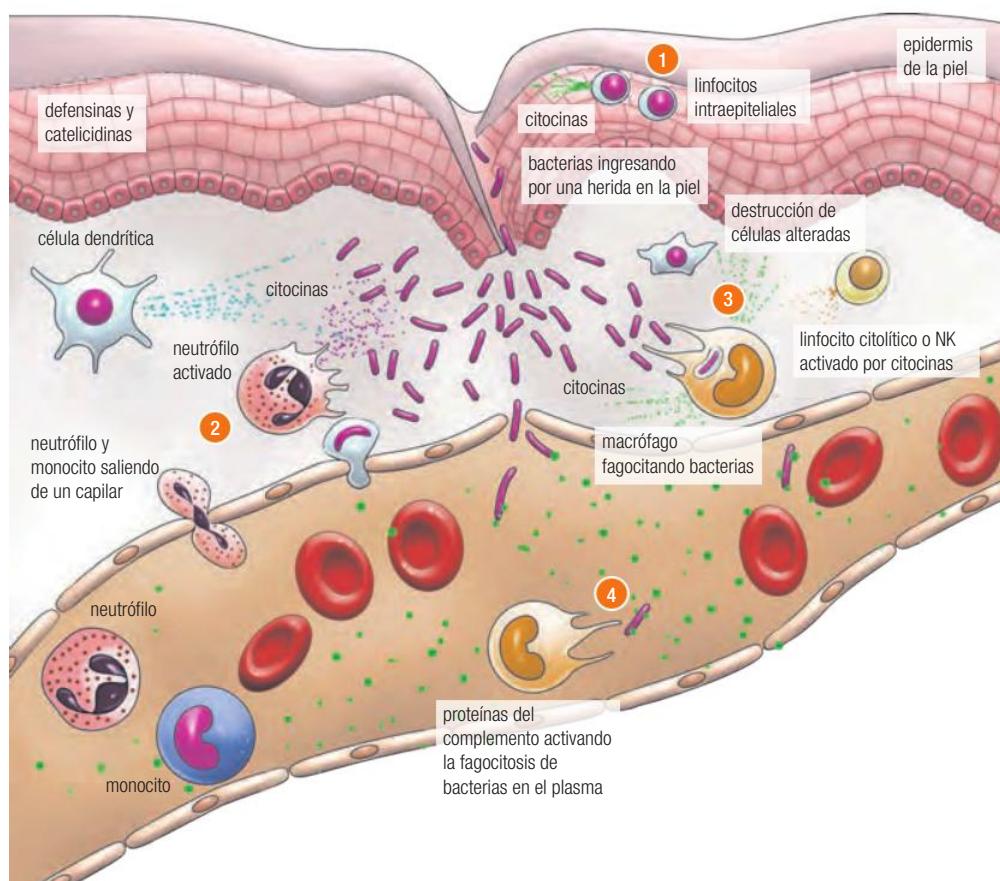
El contacto con **antígenos ambientales** y la maduración de sus órganos linfáticos permite que el niño forme una creciente cantidad y variedad de moléculas defensivas que van constituyendo su inmunidad adaptativa.

Componentes del sistema inmune innato

La inmunidad innata representa la primera línea defensiva del organismo y está presente desde la vida fetal. A continuación, revisemos sus componentes:

- **Barreras epiteliales:** están formadas por la piel y las mucosas respiratoria y digestiva, que constituyen una barrera física para los microorganismos. Sus células producen **defensinas** y **catalicidinas**, sustancias capaces de destruir bacterias directamente. Incluyen un tipo de linfocitos productores de citocinas que activan la respuesta de otros leucocitos.
- **Leucocitos:** pueden ser a) **fagocitos**, como los macrófagos y neutrófilos, que detectan, fagocitan y digieren a los microorganismos, b) **células dendríticas**, que producen una gran gama de citocinas, o c) **linfocitos citolíticos (NK)**, que destruyen a las células dañadas y activan la eliminación de patógenos por parte de los fagocitos.
- **Citocinas:** son proteínas, producidas por los leucocitos, que activan a los fagocitos, estimulan la inflamación y a los linfocitos B y T.
- **Proteínas del complemento:** son proteínas del plasma sanguíneo que reconocen a las bacterias e inducen el trabajo de los fagocitos y/o las destruyen en forma directa.

El siguiente esquema incluye los componentes de la inmunidad innata, activados tras el ingreso de bacterias a través de una herida.



- 1 Activación de mecanismos epiteliales.
- 2 Activación de distintos tipos de leucocitos.
- 3 Secreción de citocinas.
- 4 Acción de las proteínas plasmáticas del complemento.

Actividad

1. Imagina que dispones de placas de cultivo para bacterias de la microbiota de la piel, varios tipos de antibióticos y la proteína defensina. ¿Qué experimento podrías realizar para **probar** si las proteínas de defensa epitelial son antibióticos naturales del cuerpo humano? **Argumenta**.

Las bacterias como fuente de enfermedades

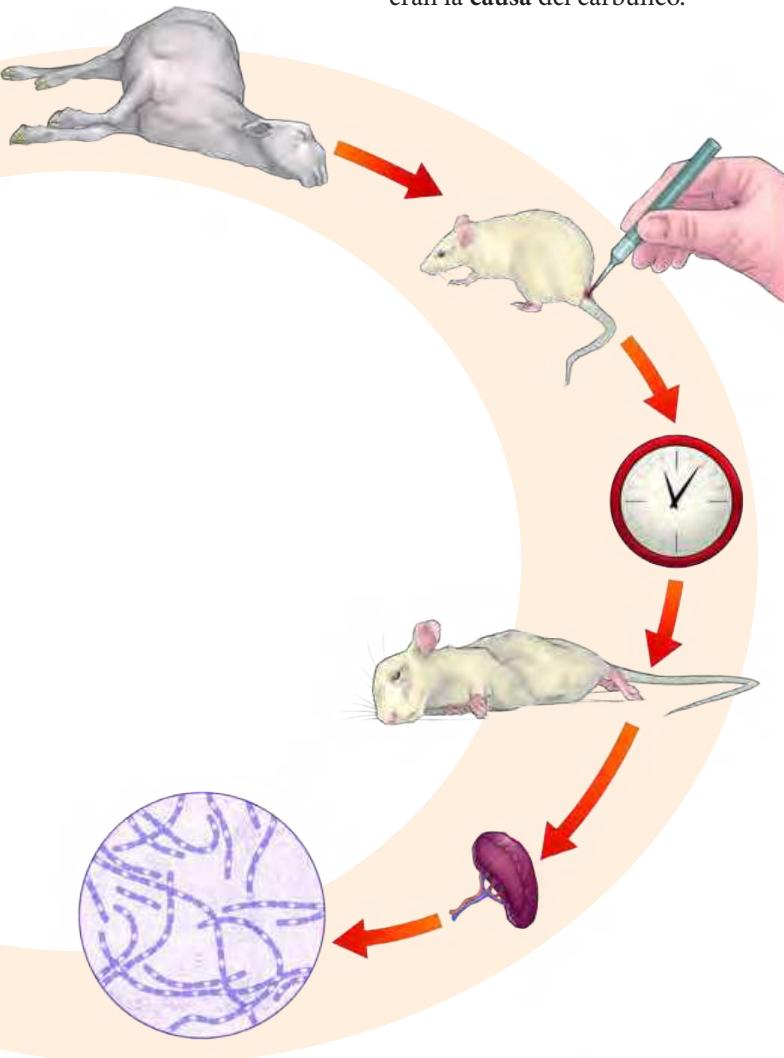
El contexto en que se descubrió el rol de los microbios en las enfermedades

A fines del siglo XIX era común morir de una enfermedad infecciosa. Una de cada siete muertes en Europa se debía a la tuberculosis, enfermedad provocada por una bacteria. En Asia y Europa, el cólera, también de origen bacteriano, mató a cerca de 10 millones de personas. Pese a que los microorganismos se conocían desde hacía tiempo, ni los científicos más insignes los habían relacionado con las enfermedades infecciosas.

El carbunco, por ejemplo, atacaba a animales de sangre caliente, incluyendo a los seres humanos. Tenía un gran impacto económico, pues en cuestión de días podía infectar y matar a cientos de cabezas de ganado. Se sabía que era trasmítido entre las vacas, pero se desconocía cómo. A Robert Koch, un médico rural de una pequeña localidad de Alemania, se le ocurrió una idea para averiguarlo.

Antecedentes

Koch había escuchado que en la sangre de los animales infectados de carbunco se observaban gérmenes o microorganismos infecciosos. Sin embargo, nadie había podido demostrar que eran la causa del carbunco.



¿Qué hizo?

Con una astilla de madera esterilizada tomó sangre contaminada de una oveja y la insertó en una pequeña incisión que hizo en la base de la cola de un ratón sano. Al día siguiente el ratón estaba muerto. Lo disectó y le extrajo el bazo. Al analizarlo bajo el microscopio, descubrió numerosos microbios de forma alargada. Tales microorganismos nunca estaban presentes ni en la sangre ni en el bazo de animales sanos. Supuso, entonces, que se trataba del germen que trasmítia el carbunco. El problema es que no tenía evidencia de que los microbios fueran una consecuencia de la enfermedad y no su causa. Para demostrar esto tenía que probar que un solo germen podía infectar a un organismo sano, y que la enfermedad era consecuencia de la proliferación de los gérmenes, no al revés. ¿Cómo hacerlo si no podía observar lo que ocurría al interior del ratón mientras este aún vivía?

A Koch se le ocurrió utilizar una pequeñísima muestra del bazo del ratón infectado con carbunco y lo puso en una gota de humor acuoso de un ojo de buey. Para facilitar su observación, dejó esta preparación entre dos cristales, uno más grande que el otro, y selló el borde con vaselina. De esta manera, la muestra quedaba aislada de otros microbios y la luz podía atravesarla para observar mediante el microscopio.

Con este procedimiento, Koch pudo comprobar, al presenciar en vivo y en directo cómo se dividían formando nuevas bacterias, que unos pocos microorganismos se convertían en miles de ellos en unas cuantas horas.

Con una aguja tomó una pequeña muestra desde la preparación y “sembró” bacterias en una nueva gota de humor acuoso estéril. Repitió este proceso por ocho días, hasta que ya no quedaba rastro alguno del bazo contaminado. En cada “siembra” pudo constatar que todas las bacterias originadas eran producto de unas pocas.

Finalmente, tomó una muestra de bacterias de la última gota “sembrada” y la insertó bajo la piel de un ratón sano. Al día siguiente el ratón murió y Koch extrajo su bazo; estaba repleto de bacterias de carbunco.

¿Qué pudo concluir?

- Que el carbunco se contagia mediante la transferencia de unas pocas bacterias desde un organismo enfermo a otro sano.
- Que el carbunco es una enfermedad que mata en un breve plazo, ya que la bacteria que la provoca se reproduce muy rápido.
- Que es posible cultivar y estudiar bacterias fuera del organismo infectado.

Posteriormente, y basado en esta experiencia, Koch fue capaz de aislar otras dos bacterias patógenas: la de la tuberculosis (1882) y la del cólera (1883). Koch ganó el Premio Nobel en 1905, especialmente por sus postulados, que señalan las condiciones para establecer que determinada bacteria es la causa de una enfermedad.

Actividad

1. Luego de leer estas páginas, resuelve estos problemas de manera individual.

- a. Al menos en dos procedimientos Koch hace uso de material esterilizado. Identifícalos y explica por qué habrá tenido esa precaución.

- b. ¿Qué particularidad del humor acuoso de un ojo de buey habrá sido la que Koch quiso aprovechar para cultivar bacterias?

- c. Todas las bacterias conseguidas tras varias “siembras” provenían originalmente del bazo infectado. ¿Por qué entonces Koch toma una muestra de las bacterias obtenidas al final y las inserta en un ratón sano? ¿Acaso no era evidente que se enfermaría de carbunco?

- d. De acuerdo con la teoría miasmática, las enfermedades se transmitían mediante los miasmas o emanaciones fétidas de suelos y aguas impuras. Esta teoría originada en el siglo XVII predominó hasta el siglo XIX, y se basaba en el supuesto de que las personas que vivían en ambientes sucios se enfermaban con mayor facilidad. Considerando el descubrimiento de Koch, ¿por qué la teoría miasmática funcionó como explicación por tanto tiempo?

Las defensas adaptativas

Ampliando MEMORIA

Existe evidencia cada vez mayor sobre las relaciones que se establecen entre el sistema inmune y la función neuroendocrina. A continuación, dos ejemplos: 1) la mayoría de los órganos linfáticos posee inervación nerviosa y 2) la hormona cortisol es un potente inhibidor de la respuesta inflamatoria en la que participa gran parte de los componentes de la inmunidad innata.

Los múltiples mecanismos innatos de defensa son eficientes en la eliminación de microorganismos patógenos, aunque la respuesta es más o menos la misma sin importar de qué patógeno se trata. La **inmunidad adaptativa**, en cambio, es capaz de responder frente a cada microorganismo de manera específica. Tras el primer contacto con el virus o bacteria, junto con eliminarlo, se **conservan antígenos de su estructura** para generar un registro molecular que pueda utilizarse en el futuro. De este modo, el sistema inmune reacciona de forma más rápida y eficiente, pues la amenaza es conocida.

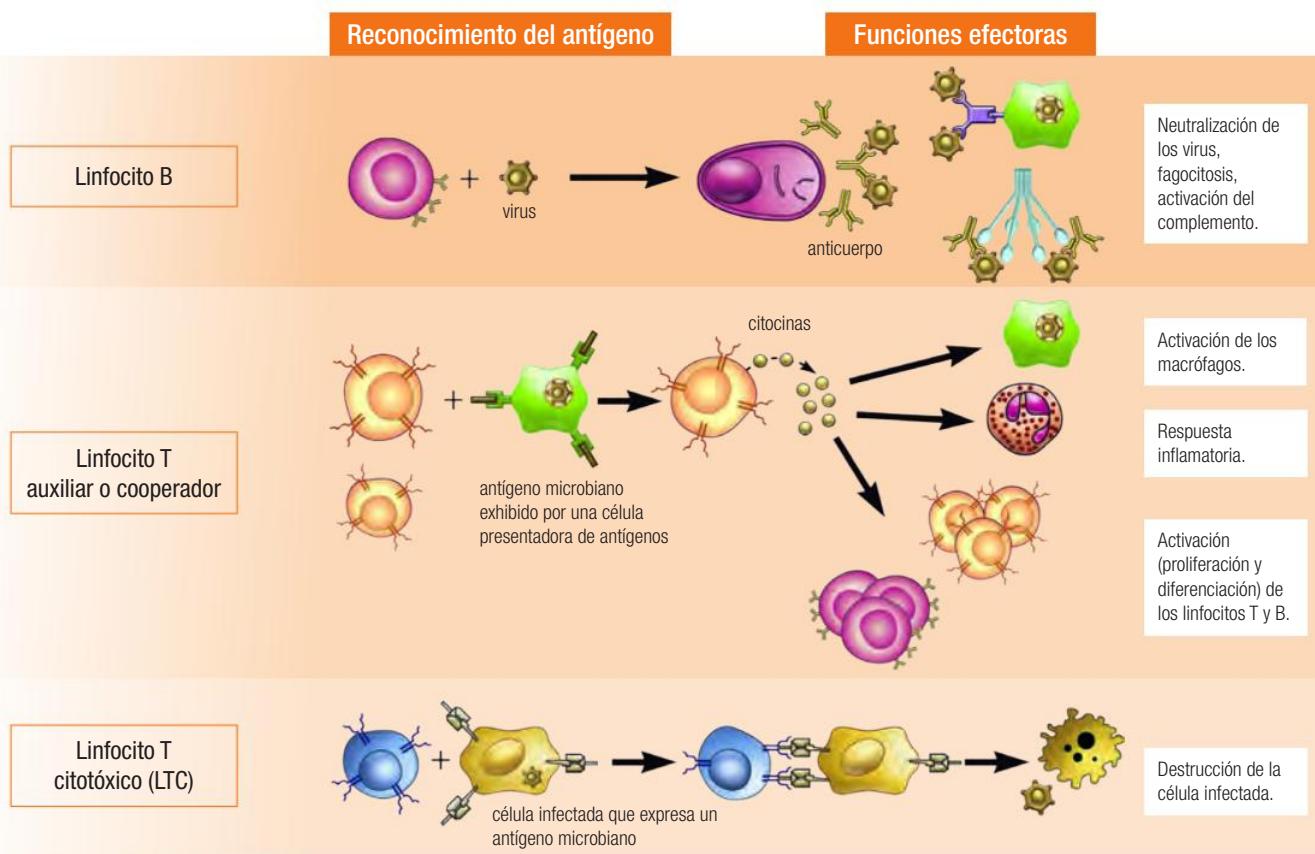
Las células que participan en la defensa adaptativa son básicamente tres: linfocitos T_H, linfocitos T_C y linfocitos B.

- Los **linfocitos T auxiliares (T_H)** son los responsables de llevar al linfocito B una muestra del antígeno presente en un microorganismo fagocitado.
- Los **linfocitos T citotóxicos (T_C)** actúan directamente sobre los patógenos y los destruyen o van a las células infectadas.
- Los **linfocitos B** al activarse se transforman en células plasmáticas capaces de producir anticuerpos.

Los **anticuerpos** son proteínas que pueden mantenerse integradas a la membrana del linfocito B y ser receptores del antígeno, o bien ser secretadas y circular por la sangre, tejidos y mucosas.

Como veremos más adelante, todo anticuerpo posee una región básica idéntica y una región variable, que es la que reacciona con los diferentes antígenos.

El siguiente esquema resume la función de los componentes celulares de la inmunidad adaptativa:



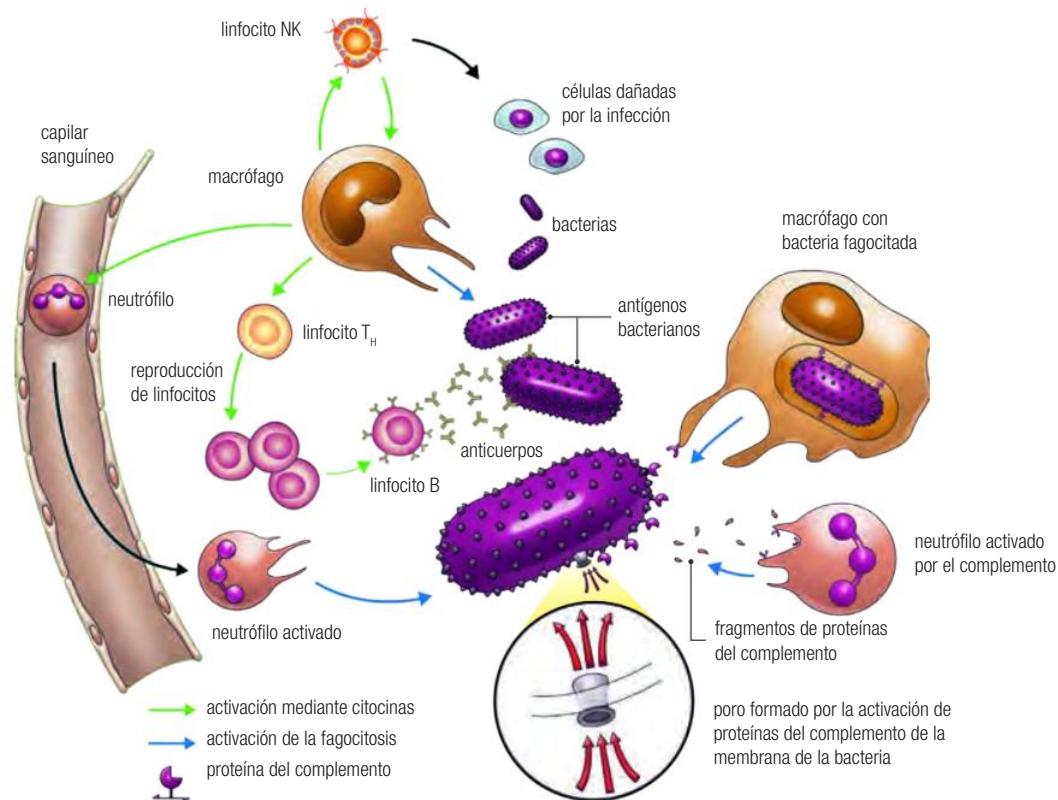
Varias maneras de matar una bacteria: citocinas y complemento

Existen unos 27 tipos de **citocinas** secretadas por leucocitos y células adyacentes a la infección. Estas citocinas participan en procesos tanto de la inmunidad innata como de la adaptativa al activar:

- a los linfocitos NK, capaces de eliminar células infectadas.
- a los macrófagos para que fagociten virus y bacterias.
- a los neutrófilos, que abandonarán los capilares para fagocitar virus y bacterias.
- a los linfocitos T_H para que se reproduzcan (clonen), logrando la activación, a su vez, de los linfocitos B.

Las **proteínas del complemento**, en tanto, se unen a la membrana bacteriana y se separan en fragmentos que activan a los fagocitos. Al recubrir a la bacteria facilitan su detección y destrucción por parte de los macrófagos, fenómeno conocido como **opsonización**. Por su parte, la unión de fragmentos de proteínas del complemento con receptores de superficie de neutrófilos facilita el acercamiento de estos a las bacterias. Un mecanismo sofisticado de unión de varias proteínas del complemento que atraviesan la membrana de la bacteria puede formar un poro que desestabiliza el equilibrio osmótico de la bacteria y la destruye.

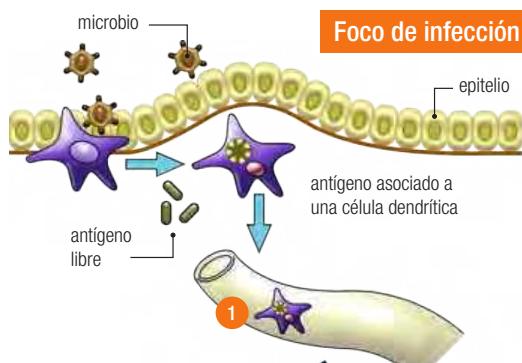
En el siguiente esquema se representan los mecanismos de acción que acabamos de describir.



Actividad

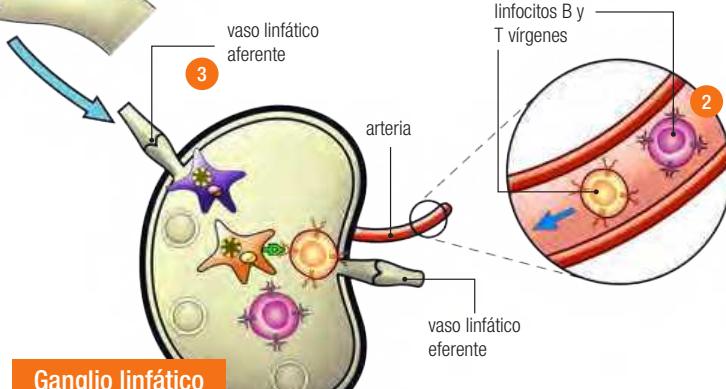
1. Clasifica la actividad de las citocinas representadas en el esquema según se refieran a mecanismos innatos o adaptativos.
2. Con la información del esquema, describe el mecanismo de acción de las proteínas del complemento.

La activación de los linfocitos

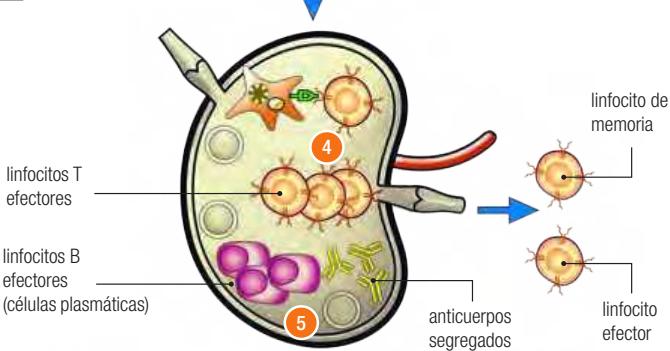


1
Antígenos de bacterias y virus pueden ser arrastrados por un vaso linfático, en forma libre o asociados a una célula dendrítica.

2
Los linfocitos vírgenes son aquellos que tras ser originados viajan por la sangre hasta alojarse en un ganglio linfático.



3
El antígeno llega a un ganglio linfático, donde entra en contacto con linfocitos vírgenes.



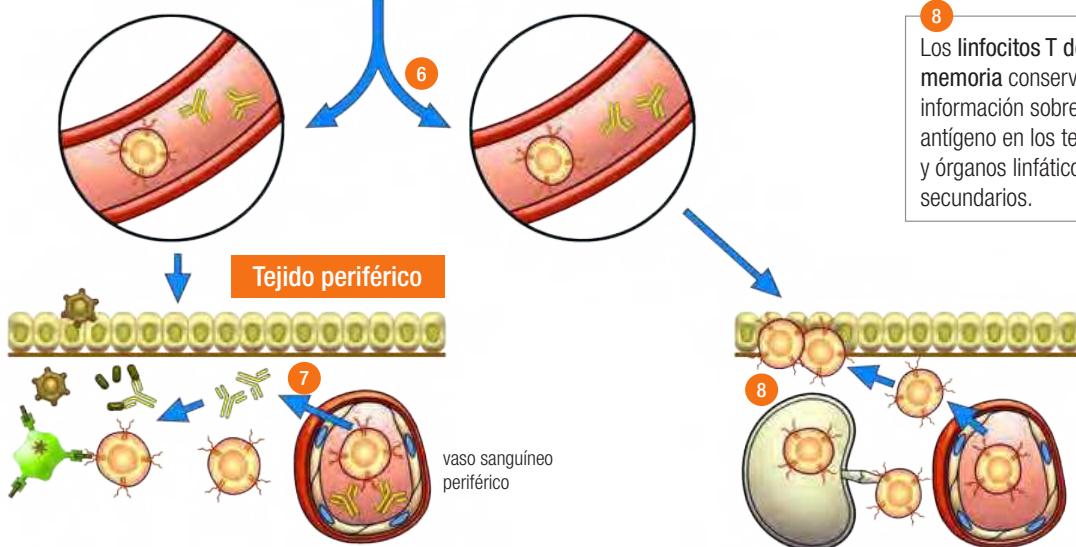
4
Al activarse un linfocito, este se reproduce por mitosis sucesivas y genera clones sensibles al antígeno original.

5
Los linfocitos B efectores que se generan son células plasmáticas secretoras de anticuerpos.

6
Los linfocitos T de memoria y efectores que se generan vuelven a la circulación linfática y luego a la sangre.

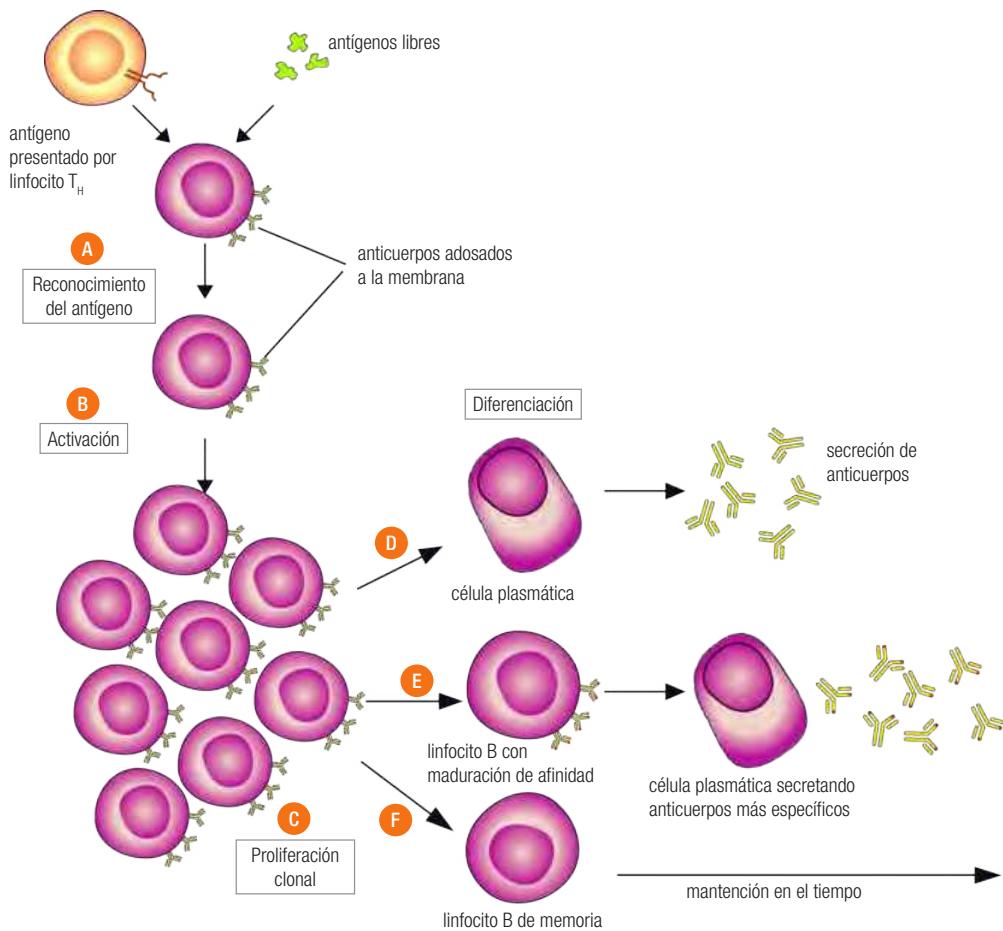
7
Los linfocitos T efectores llegan a los tejidos y eliminan a los antígenos.

8
Los linfocitos T de memoria conservan información sobre el antígeno en los tejidos y órganos linfáticos secundarios.



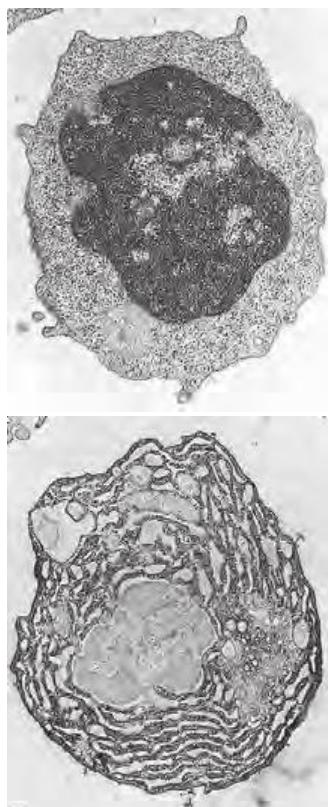
Células plasmáticas, anticuerpos y memoria

Los linfocitos B, originados en la médula ósea, se ponen en contacto con antígenos en los tejidos linfáticos periféricos e inician una secuencia de pasos bien definida, tal como veremos a continuación.



Ampliando MEMORIA

Un linfocito B con afinidad madurada puede generar 4000 células plasmáticas, capaces de elaborar 10^{12} anticuerpos diarios.



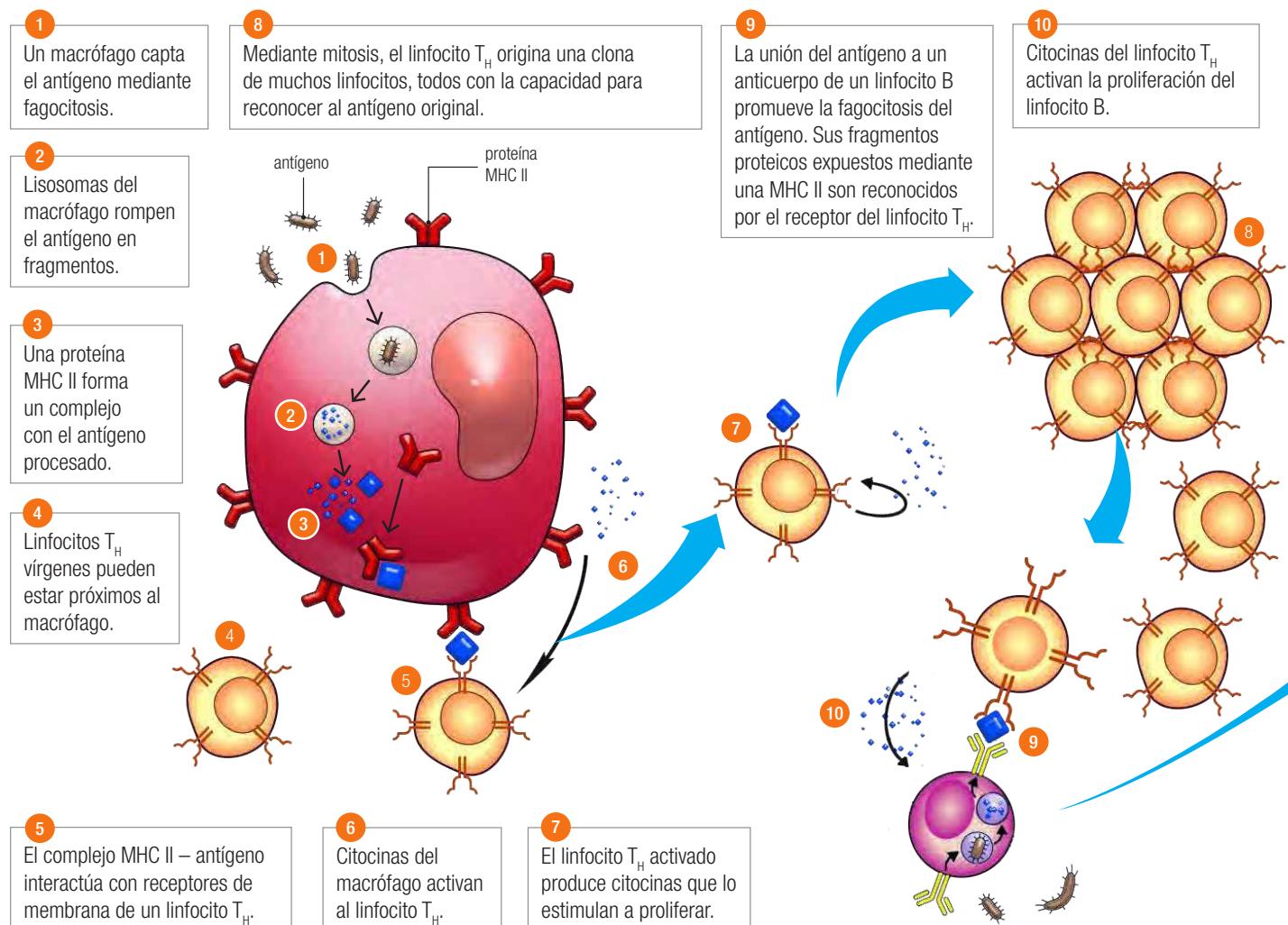
▲ Un linfocito B (arriba) y una célula plasmática (abajo).

- A** La activación se inicia cuando el linfocito B virgen toma contacto con el antígeno, ya sea en forma directa o por medio de un linfocito T.
- B** El linfocito B virgen **activa** los anticuerpos adosados a su membrana plasmática, que son específicos para el antígeno detectado.
- C** El linfocito se reproduce por **mitosis** y genera muchas copias de sí mismo, con anticuerpos del mismo tipo que la célula original. A esto se le llama **proliferación clonal**. Estos linfocitos, clones del original, pueden tener varios destinos a través de la diferenciación.
- D** Uno de ellos es transformarse en **células plasmáticas** y comenzar a **secretar anticuerpos**. Cuando estas células migran de vuelta a la médula ósea, pueden producir anticuerpos por muchos años.
- E** Otro destino es que **cambien el tipo de anticuerpo** que producen, con lo que resultan ser más específicos en la detección del antígeno. A este proceso se le llama **maduración de la afinidad**.
- F** El último destino posible es transformarse en **linfocitos de memoria**, capaces de guardar un registro que permita reaccionar mucho más rápido frente a futuros encuentros con el mismo antígeno.

Etapas de la respuesta inmune: presentación del antígeno

En el siguiente esquema a doble página se explican los principales eventos que ocurren durante la respuesta inmune.

Los glóbulos blancos con actividad fagocítica cumplen el papel de **células presentadoras de antígeno**. Al destruir una bacteria, algunos de sus componentes proteicos, convertidos en antígenos, son llevados a la superficie por proteínas de histocompatibilidad, llamadas MHC II, que forman un complejo con el antígeno. Receptores de membrana de un linfocito T_H interactúan con este complejo, lo que desencadena una serie de procesos a partir de los cuales se producen millones de anticuerpos específicos.



Para GRABAR

Células presentadoras de antígeno pueden ser:

- fagocitos, como los macrófagos.
- células dendríticas.
- linfocitos B.

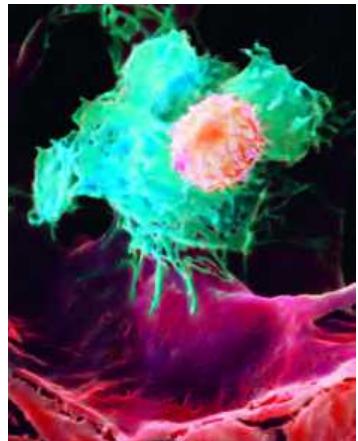
Actividad

1. Los linfocitos T y B no se pueden reconocer fácilmente usando un microscopio; sin embargo, como ya hemos visto, tienen actividades diferentes. Si fuera posible realizar un seguimiento microscópico *in vitro* de la respuesta inmune, ¿cómo podrías saber si un determinado linfocito es T o B? **Explica.**

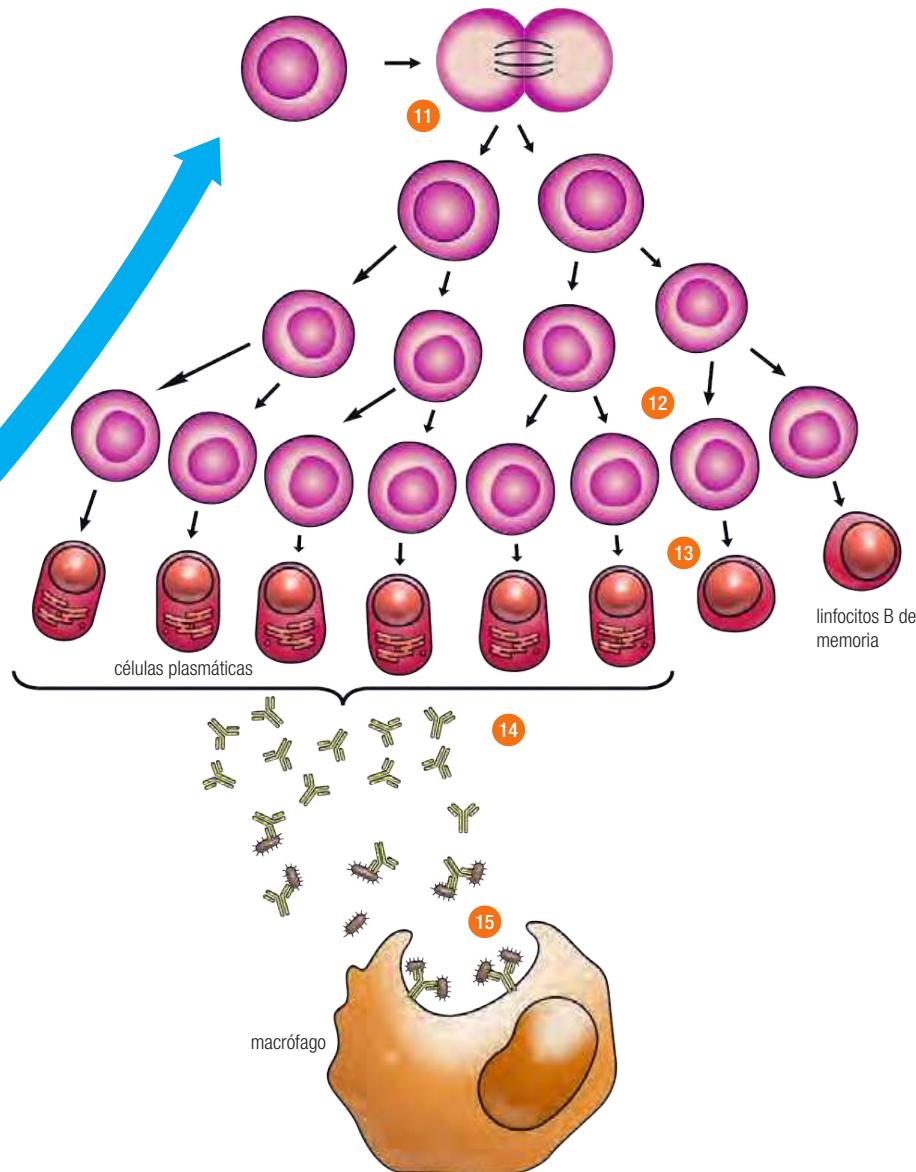
Pista: tanto los macrófagos como las células que realizan división celular son fácilmente distinguibles a través del microscopio.

Etapas de la respuesta inmune: selección clonal

La selección clonal es el proceso realizado por un linfocito B tras haber sido activado por un linfocito T_H. Su nombre se debe a que habiendo muchos linfocitos en un ganglio linfático, el que se comienza a dividir es aquel que dispone de un anticuerpo que coincide con el del fragmento presentado por el receptor del linfocito T_H. Es clonal, porque todas las células resultantes desde la primera son idénticas en su capacidad para generar el mismo tipo de anticuerpo específico. Los linfocitos T_C realizan un proceso análogo de selección clonal en la inmunidad innata.



▲ Macrófago interactuando con un linfocito T.



11
Tras la interacción con el linfocito T_H el linfocito B se activa y realiza mitosis.

12
Los dos linfocitos resultantes poseen la capacidad de fabricar anticuerpos específicos para el antígeno. Cada uno de estos también hace mitosis.

13
Tras varios ciclos de mitosis se produce la diferenciación, en que linfocitos B se transforman en células plasmáticas secretoras de anticuerpos y otros tantos se mantienen como células de memoria.

14
Los anticuerpos secretados son específicos para el antígeno originalmente detectado por el macrófago.

15
Se forman complejos antígeno-anticuerpo, fácilmente identificables por nuevos macrófagos. Como antes vimos, esta fagocitosis facilitada por anticuerpos se denomina opsonización.

Actividad

1. Considerando los mecanismos de inmunidad innata e inmunidad adaptativa, enumera todas las formas en que los macrófagos participan y te protegen de la infección de bacterias y otros microorganismos.

ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Procedimiento experimental.
4. Obtención de resultados.
5. Interpretación de resultados.
6. Elaboración de conclusiones.

¿CÓMO SE RELACIONAN LOS RESULTADOS CON EL PROCEDIMIENTO?

Los resultados de una investigación se obtienen al poner en práctica un procedimiento experimental que fue previamente definido. Usualmente, los resultados son registrados en tablas o gráficos, recursos que facilitan su posterior interpretación.

PASOS PARA DESARROLLAR UN PROCEDIMIENTO Y OBTENER RESULTADOS

- Paso 1: plantear y/o conocer el problema de investigación.
- Paso 2: formular una hipótesis relacionando las variables del problema.
- Paso 3: tener claros los objetivos del experimento y, según eso, determinar los materiales y procedimientos necesarios para su cumplimiento.
- Paso 4: llevar a cabo el procedimiento y registrar los datos obtenidos.
- Paso 5: representar estos datos, estableciendo patrones y tendencias.

A comienzos del siglo XX, una vez que Jenner estableció un procedimiento para elaborar vacunas contra enfermedades específicas y Koch definió un método para identificar los microbios que las producían, se produjo un gran avance en la lucha contra las enfermedades infecciosas.

Sin embargo, un discípulo de Koch, el médico alemán Paul Ehrlich, quería ir a la raíz del problema. Se preguntaba por qué las vacunas funcionaban y qué ocurría al interior de un organismo para que se hiciera resistente a una determinada enfermedad. Estaba seguro de que conociendo estos mecanismos, podría desarrollar terapias que atacaran a los microbios de manera específica con “balas mágicas”.

A Ehrlich le interesaba particularmente el funcionamiento de los anticuerpos, moléculas descubiertas en 1890 durante un estudio de la difteria. Pero Ehrlich creía que un organismo era capaz de producir anticuerpos específicos que pudieran reconocer y neutralizar a cualquier agente patógeno, lo que incrementaba las posibilidades de sanarse de una enfermedad infecciosa.

Planteamiento del problema y formulación de hipótesis

A partir de los cuestionamientos y de la creatividad de Ehrlich, en esta actividad resolveremos el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida los anticuerpos son sustancias que poseen especificidad frente a agentes patógenos diferentes?

Como material de estudio, Ehrlich utilizó tripanosomas, protozoos parásitos que infectan a los vertebrados. Comenzó infectando ratones, los que, tras enfermarse, eran curados con arsanil, una sustancia que mata a los tripanosomas. Ehrlich suponía en esta etapa que cada ratón que sanaba, fabricaba además anticuerpos contra la enfermedad (anti-A). Al estudiar muestras de sangre de los ratones sanos observó que a pesar de que la mayoría de los parásitos desaparecían, quedaban algunos resistentes a los anticuerpos anti-A, que se reproducían, volvían a enfermar a los ratones y estos finalmente morían.

Ehrlich supuso que los tripanosomas resistentes presentaban receptores en su superficie que, de alguna manera, no eran reconocidos por los anticuerpos anti-A. Imaginó que eran de tipo B, que solo serían sensibles a anticuerpos anti-B. De esta manera surgieron en su investigación dos hipótesis alternativas:

Hipótesis 1

Si cada receptor requiere un anticuerpo específico, entonces, al infectar ratones con parásitos modificados, tras sanarse y volver a infectar a un grupo con tripanosomas normales y otro con tripanosomas modificados, los ratones infectados con tripanosomas normales deberían enfermarse.

Hipótesis 2

Si cada receptor es sensible a un mismo tipo de anticuerpo, entonces, al infectar ratones con parásitos modificados, tras sanarse y volver a infectar a un grupo con tripanosomas normales y otro con tripanosomas modificados, ningún ratón debería enfermar.

Procedimiento experimental

Ehrlich utilizó tripanosomas modificados (resistentes a los anticuerpos anti-A), los que inoculó a dos ratones sanos. Estos se enfermaron y fueron tratados con arsanil. Una vez que se recuperaron por completo, uno de los ratones fue inoculado con tripanosomas normales y el otro, con tripanosomas modificados. Se esperó a ver si alguno de los dos ratones se enfermaba.

Obtención e interpretación de resultados

Como lo muestra la figura, el ratón que fue infectado con el tripanosoma normal se enfermó, mientras el otro ratón se mantuvo sano.

Ehrlich repitió este experimento innumerables veces, hasta estar seguro de que el resultado se mantenía. Solo entonces interpretó que los receptores de superficie de los dos tipos de tripanosomas debían ser diferentes, por lo que la inmunización conseguida al enfermar con el tipo de tripanosoma modificado no servía para combatir la infección por el otro tipo de tripanosoma. Más aún, al hacer un seguimiento de la reproducción de los tripanosomas modificados, constató que los descendientes mantenían el mismo tipo de receptor, el que no correspondía al del tripanosoma normal.

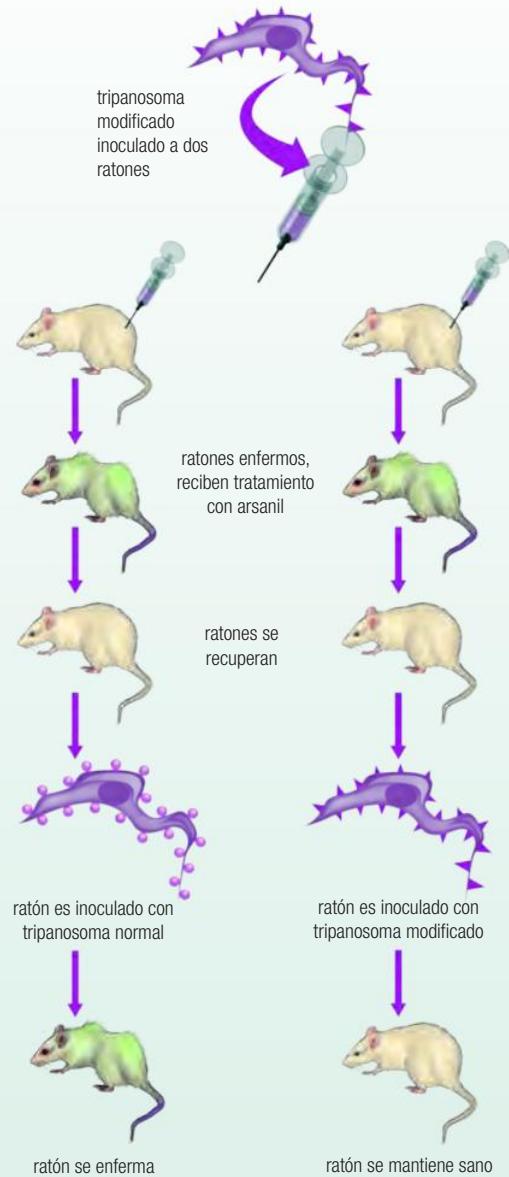
Elaboración de conclusiones

Los resultados obtenidos por Ehrlich permitieron concluir lo siguiente:

- Los anticuerpos se producen como consecuencia del contacto de las células infectadas con el microorganismo extraño.
- Los microorganismos poseen receptores de superficie que el huésped puede aprender a reconocer.
- Un tipo de anticuerpo puede unirse a un tipo de receptor de superficie de manera específica.

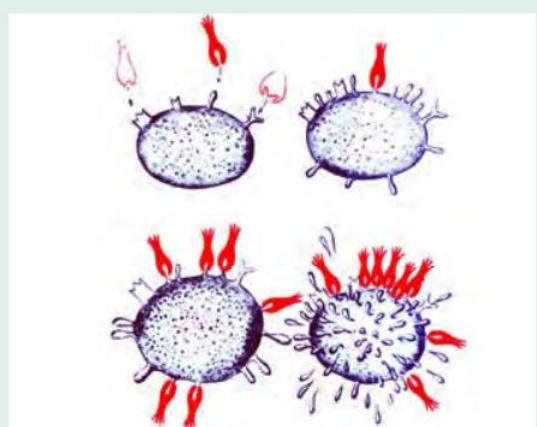
A partir de lo anterior, responde:

- a. ¿Por qué era necesario esperar a que los ratones se recuperaran por completo antes de volverlos a inocular?
- b. Imagina que el ratón que se enferma al final del procedimiento fuese tratado con anticuerpos anti-A y mejorara. ¿Las conclusiones antes mencionadas se mantendrían o debiesen modificarse?
- c. Ehrlich llamaba “cadenas laterales” a los componentes que tenían algunas células del organismo y que se podían unir en forma específica a sustancias extrañas. Los imaginaba como aparecen en la figura: algunos fijos a la superficie y otros libres. Según lo que hemos estudiado, ¿a qué corresponden estas cadenas laterales?



► Figura que resume uno de los muchos experimentos desarrollados por Ehrlich para comprender la naturaleza de los anticuerpos.

► Dibujo realizado por Ehrlich en 1900 que muestra la afinidad que debían tener receptores y antígenos para unirse.



Estructura y funcionamiento de los anticuerpos

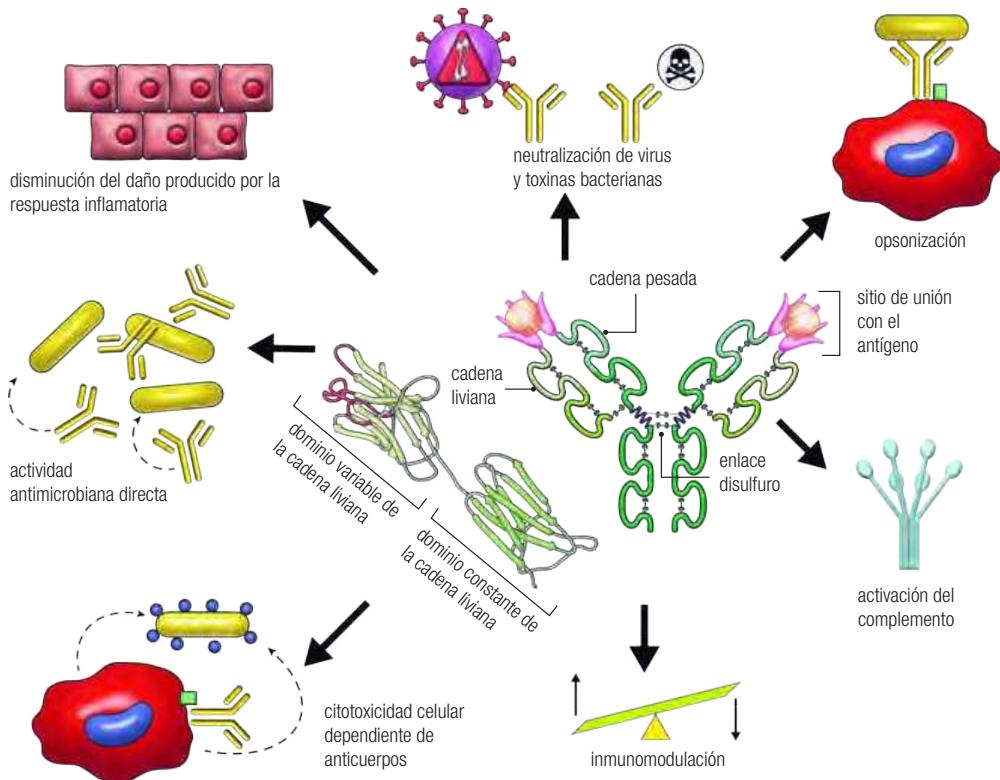
Ampliando MEMORIA

La inmunomodulación es la capacidad que tienen algunas sustancias, incluidos los anticuerpos, para regular la función inmunológica mediante mecanismos retroalimentadores.

Los anticuerpos son proteínas producidas exclusivamente por los animales vertebrados y se originan como respuesta a la exposición a un antígeno. Están formados por cuatro cadenas polipeptídicas: dos livianas y dos pesadas, unidas entre sí mediante enlaces disulfuro. Cada anticuerpo posee secuencias constantes y secuencias variables. Los antígenos específicos se unen a los segmentos variables formados por los extremos de las cadenas pesadas y livianas.

Los anticuerpos pueden encontrarse de dos formas:

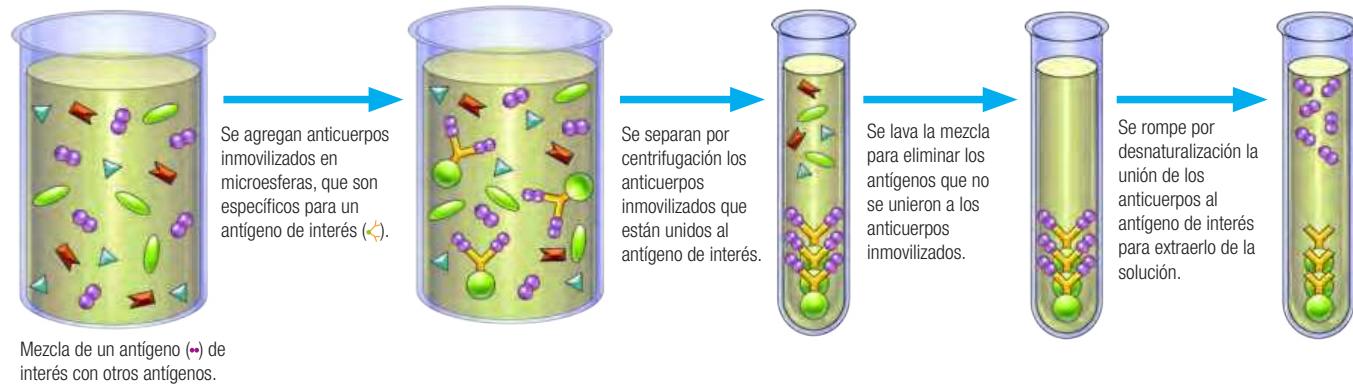
- unidos a la membrana de los linfocitos B, donde actúan como receptores de antígenos.
- secretados, los que pueden hallarse en el plasma sanguíneo, en los tejidos y las mucosas.



- Estructura y diferentes funciones de los anticuerpos. Están formados por cuatro cadenas proteicas: dos cadenas pesadas, que le permiten unirse a la membrana del linfocito, y dos cadenas ligeras. Las regiones variables de las cadenas pesadas y de las ligeras forman el sitio de unión para el antígeno.

Actividad

1. En la técnica llamada inmunoprecipitación se utilizan anticuerpos unidos a microesferas de un material insoluble. Observa la figura e infiere a partir de ella para qué se utiliza esta técnica.

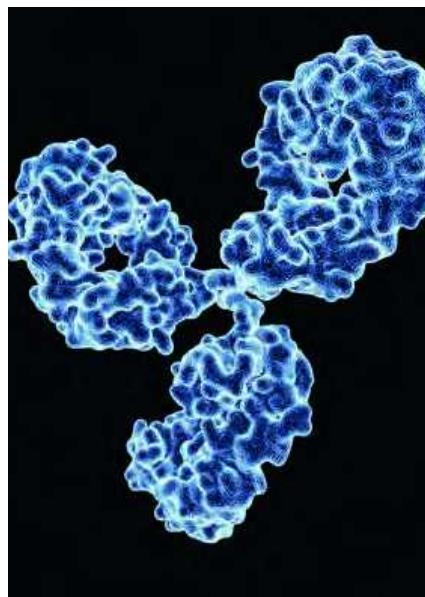


Base génica de la elaboración de anticuerpos

Si los anticuerpos son proteínas, entonces deben existir genes responsables de su síntesis. Sin embargo, acabamos de aprender que cada anticuerpo posee secuencias variables específicas para determinados antígenos. ¿Cómo es posible entonces que un linfocito B pueda elaborar proteínas variables utilizando los mismos genes?

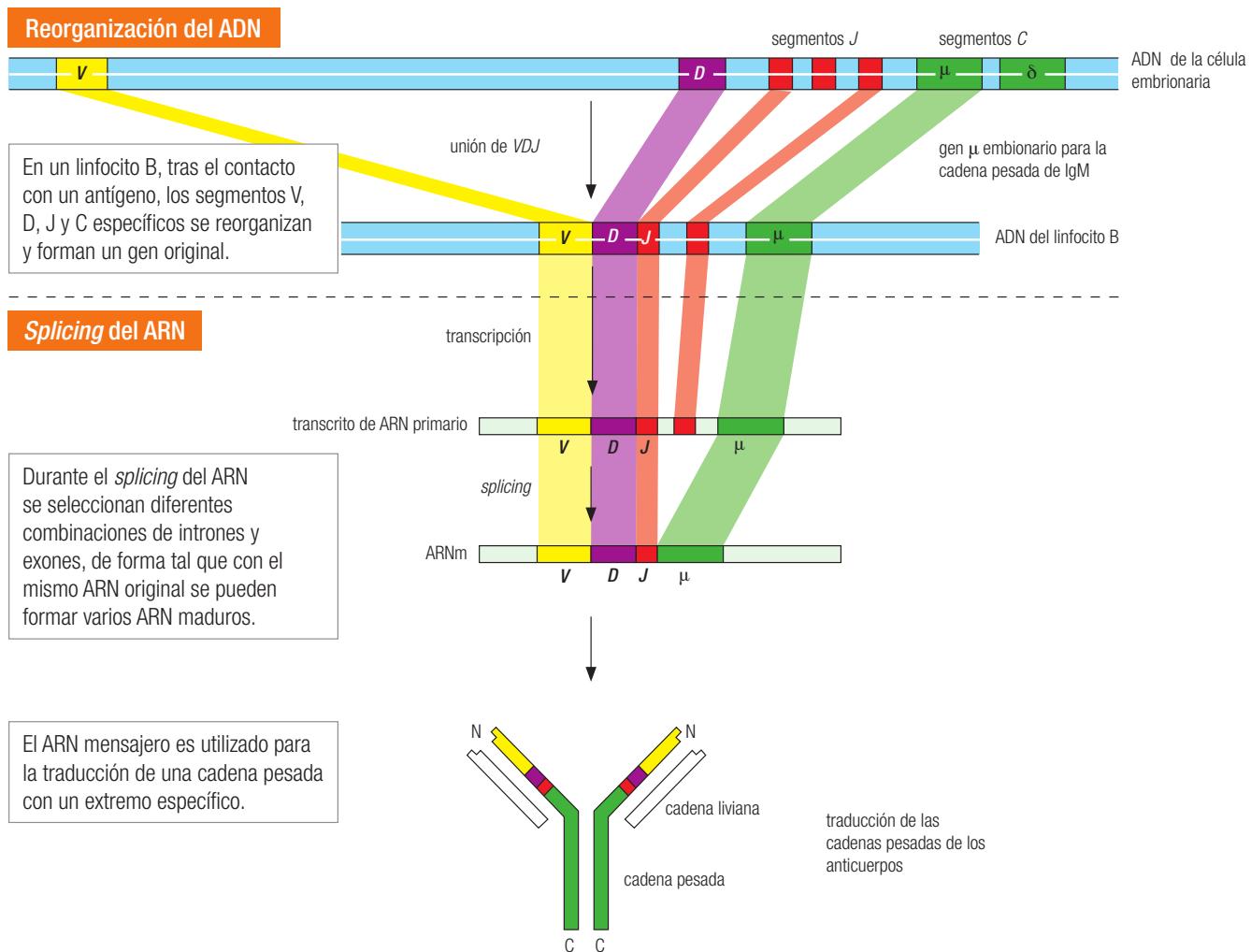
La clave es la **reorganización del ADN**. Los genes de anticuerpos se ensamblan a partir de segmentos de ADN que inicialmente se hallan en regiones separadas de su secuencia. Durante el desarrollo de los linfocitos B, tales segmentos son reorganizados de manera aleatoria y se unen, con lo que se forma un gen único. Así, se pueden generar miles de anticuerpos diferentes basados en el mismo genoma.

Veamos en el siguiente ejemplo cómo estos mecanismos les permiten a los linfocitos elaborar cientos de miles de combinaciones para las cadenas variables de los anticuerpos.



▲ Modelo computacional de un anticuerpo.

Los segmentos V, D, J y C son genes múltiples que determinarán secuencias aminoacídicas variables en los anticuerpos. Están ubicados en sectores separados del ADN. En una célula embrionaria aún no se ha producido contacto con antígenos y, por tanto, los genes no se han expresado.

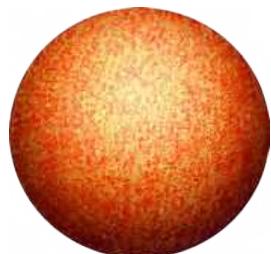


Mecanismos derivados de la función inmune

Tolerancia inmunológica

Ampliando MEMORIA

Una enfermedad autoinmune es aquella en que falla la tolerancia inmunológica, de forma tal que los antígenos propios activan respuestas inmunitarias parciales o completas, con destrucción de grupos de células específicas y funcionales.



▲ Sangre normal.



▲ Sangre aglutinada.

La **tolerancia inmunológica** corresponde a la falta de reactividad o respuesta del sistema inmune frente a un determinado antígeno expuesto a linfocitos específicos.

Nuestras células están rodeadas de cientos de tipos de proteínas que pueden actuar como potenciales antígenos. La tolerancia a ellos es una propiedad fundamental para el adecuado funcionamiento del organismo. En la mayoría de los casos, cuando se tiene contacto por primera vez con un antígeno propio, los linfocitos T activados son obligados a morir, lo que interrumpe la respuesta inmune y protege así a nuestras propias células. Cuando la tolerancia falla, se pueden producir enfermedades autoinmunes, como diabetes tipo I, miastenia grave o vasculitis.

Grupos de sangre y compatibilidad

Un tipo de proteínas presentes en la membrana de todas las células humanas son las del sistema AB0. Las personas con sangre del tipo A tienen glóbulos rojos que expresan antígenos de tipo A en su superficie y anticuerpos contra los antígenos B en el plasma de su sangre. Las personas con sangre del tipo B tienen la combinación contraria, glóbulos rojos con antígenos de tipo B en su superficie y anticuerpos contra los antígenos A en el plasma de su sangre. Los individuos con sangre del tipo 0 no expresan ninguno de los dos antígenos (A o B) en la superficie de sus glóbulos rojos, pero tienen anticuerpos contra ambos tipos, mientras que las personas con tipo AB expresan ambos antígenos en su superficie y no fabrican ninguno de los dos anticuerpos.

Las células de una persona normalmente no se combinan con las de otra. Sin embargo, si alguien recibe una transfusión, en ese caso sus células sanguíneas sí se combinan con las del donante. Como los glóbulos rojos también poseen proteínas AB0, la compatibilidad de los tipos de sangre depende de la presencia de anticuerpos anti-A o anti-B en el plasma sanguíneo de la persona que va a recibir la sangre. Cuando coincide que los glóbulos rojos del donante tienen antígenos A y el receptor tiene anticuerpos anti-A, estos últimos se unen a los glóbulos rojos, lo que promueve su aglutinación y posterior reconocimiento y digestión por parte de los macrófagos. La aglutinación sanguínea por una transfusión equivocada puede ser mortal. En el recuadro de la actividad se indican las combinaciones que generan aglutinación.

Actividad

1. Responde a partir del análisis de la información del recuadro.

- ¿Por qué las personas del grupo 0 pueden donar sangre sin riesgos de compatibilidad?
- ¿Es riesgoso donar sangre entre personas del mismo grupo? ¿Por qué?

| Suero de individuos de tipo | Eritrocitos de individuos de tipo | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| O | A | B | AB | |
| Anticuerpos anti-A y anti-B | sin aglutinación | aglutinación | aglutinación | aglutinación |
| Anticuerpos anti-B | sin aglutinación | sin aglutinación | aglutinación | aglutinación |
| Anticuerpos anti-A | sin aglutinación | aglutinación | sin aglutinación | aglutinación |
| Sin anticuerpos contra A o B | sin aglutinación | sin aglutinación | sin aglutinación | sin aglutinación |

Los mecanismos que le permiten sobrevivir a un feto dentro de su madre

Un feto en gestación ha heredado los antígenos de la madre y también los del padre. El feto en desarrollo expresa nuevos antígenos con los que la madre tiene contacto, los reconoce, pero paradójicamente no los ataca. La placenta es una frontera eficiente entre la sangre fetal y la materna. Ambos grupos de glóbulos rojos nunca entran en contacto. Pese a ello, se sabe que los antígenos fetales traspasan esta barrera, pues es habitual hallar anticuerpos para antígenos del padre en la sangre de la madre embarazada.

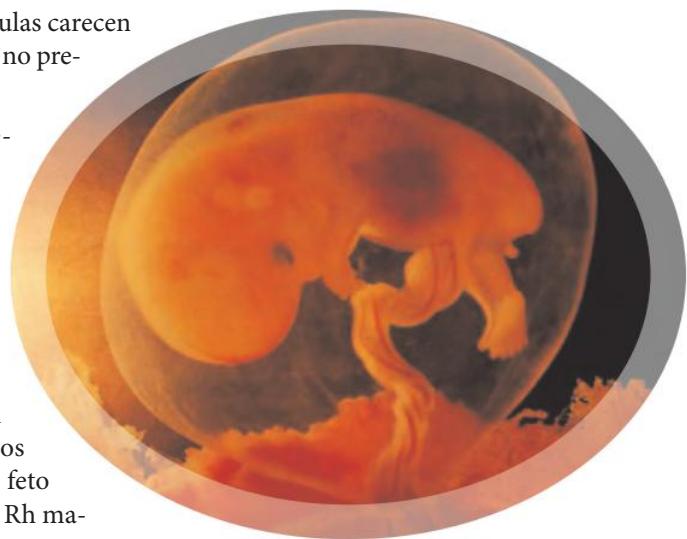
Se cree que la inhibición de la respuesta inmunológica, que bajo otras condiciones debería rechazar órganos y tejidos ajenos, se debe básicamente a dos mecanismos:

- El feto ocupa un lugar protegido por una barrera cuyas células carecen de antígenos que desencadenen el rechazo, específicamente no presentan proteínas de histocompatibilidad.
- La presencia del feto favorece una respuesta inmuno-supresora local en la madre. Un ejemplo de ello es que se activan mecanismos que impiden el adecuado funcionamiento de los linfocitos T.

La eritroblastosis fetal es una enfermedad que se escapa de este “acuerdo de no agresión”. Se origina cuando la madre carece del factor Rh en sus glóbulos rojos, antígeno habitual en el 85% de los casos. Si en su primer embarazo el feto es Rh positivo, cuando tales antígenos entran en contacto con la sangre materna durante el parto, esta desarrolla anticuerpos anti Rh. En un segundo embarazo, si se desarrolla un nuevo feto Rh positivo, este correrá el riesgo de que los anticuerpos anti Rh maternos terminen por destruir sus glóbulos rojos.

AYUDA

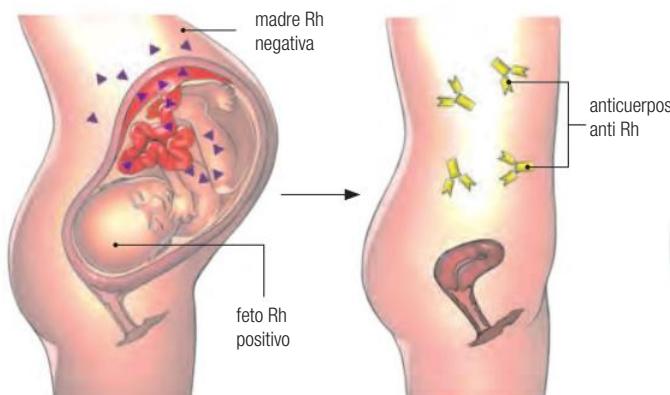
Cuando se ponen en contacto células con proteínas de histocompatibilidad diferente, se activa un rechazo inmunitario. Es lo que ocurre con los injertos. Excepcionalmente, esto no sucede durante la gestación de un niño.



▲ El feto se encuentra protegido de los mecanismos inmunológicos de la madre.

Eritroblastosis fetal

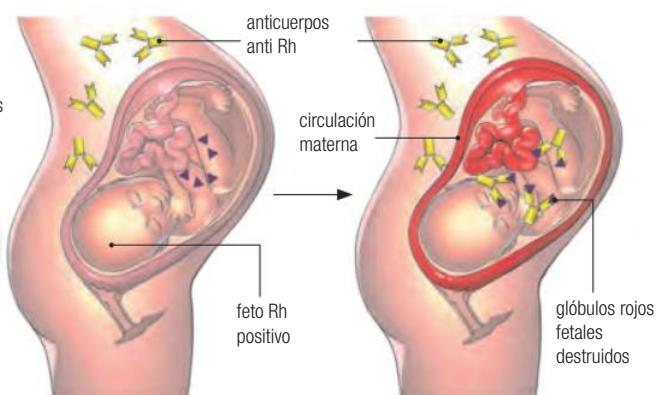
Primer embarazo



Durante el parto, los antígenos Rh ingresan a la circulación materna a través de rupturas de la placenta.

La madre elabora anticuerpos anti Rh.

Embarazos posteriores



La madre posee anticuerpos anti Rh.

Los anticuerpos anti Rh atraviesan la placenta y destruyen los glóbulos rojos fetales.

Autoinmunidad: cuando la defensa se equivoca

Ampliando MEMORIA

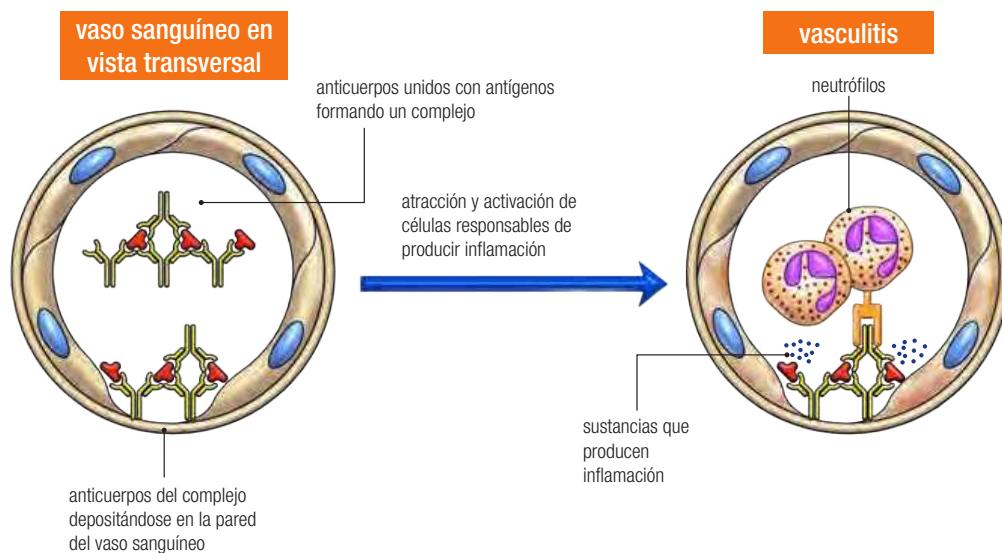
Las enfermedades autoinmunes son más comunes en mujeres que en hombres. Tienen un componente genético importante y afectan hasta un 5% de la población general. Las más comunes son la artritis reumatoide (inflamación crónica de las articulaciones), la tiroiditis (inflamación de la glándula tiroides) y la diabetes mellitus tipo I (falta de producción de insulina).

En determinados casos, los mecanismos de autotolerancia fallan y se producen reacciones frente a las propias células y tejidos del organismo, con lo que se generan **enfermedades autoinmunes**. Puede ser por una respuesta a antígenos propios o una respuesta excesiva a antígenos extraños.

Hay dos grandes tipos de enfermedades autoinmunes:

- las producidas por anticuerpos en tejidos específicos o cuando se forman complejos entre antígenos, células sanguíneas y anticuerpos en las paredes de los vasos sanguíneos.
- las generadas por linfocitos T, ya sea al activar a otros componentes de la inmunidad o al destruir directamente ciertas células específicas.

Ejemplo de una enfermedad autoinmune generada por anticuerpos es la **vasculitis**, inflamación de los vasos sanguíneos. Esta se produce por la formación de complejos entre anticuerpos y antígenos que se adhieren a las paredes de vasos sanguíneos de cualquier parte del cuerpo, lo que genera una respuesta inflamatoria que daña progresivamente estos vasos y, por tanto, los tejidos que irrigan. Esto se puede entender mejor al observar la siguiente figura.



La **diabetes mellitus tipo I** es un ejemplo clásico de enfermedad autoinmune producida por linfocitos T. En este caso, los linfocitos T activan mecanismos que destruyen a las células β del páncreas, responsables de la secreción de insulina.

Otro ejemplo es la **esclerosis múltiple**, en que los linfocitos T promueven la destrucción de la mielina de neuronas del sistema nervioso central mediante macrófagos.

Aktividad

1. Lee la siguiente información y luego responde.

Actualmente, las enfermedades autoinmunes se pueden tratar con sustancias antiinflamatorias y, en algunos casos, con sustancias que anulan a los anticuerpos dañinos.

- a. En el caso de la vasculitis, ¿cuál de las dos estrategias sería más específica? **Explica**.
- b. En el caso de la esclerosis múltiple, ¿cuál de las dos estrategias sería más específica? **Explica**.

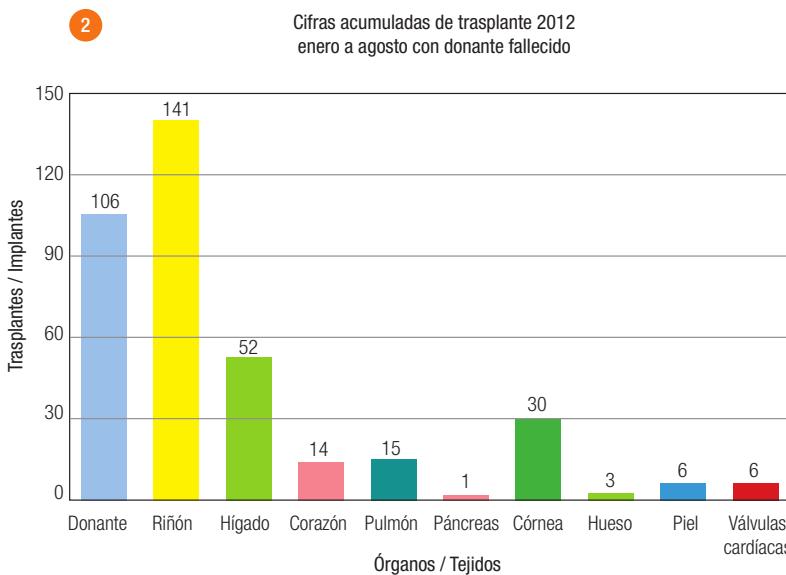
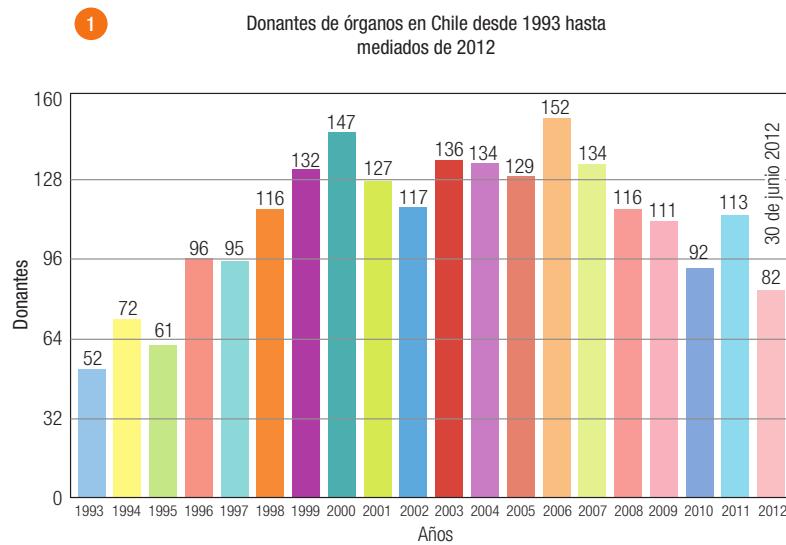
Trasplantes y donación de órganos

Algunas enfermedades humanas producen tal daño en un órgano que la única forma de salvar la vida del paciente es el reemplazo de aquel por medio del trasplante desde un donante vivo o uno fallecido recientemente.

La tolerancia inmunológica dificulta extraordinariamente que órganos de personas diferentes, incluso familiares, sean compatibles. Más allá de la complejidad que reviste reemplazar un órgano dañado, como un riñón o el hígado, tras la intervención quirúrgica se requiere de un tratamiento sistemático y de por vida con medicamentos que supriman la actividad de la respuesta inmune del receptor del órgano. A veces, aun con tales tratamientos, los órganos son rechazados y el trasplante falla. De ahí la necesidad de promover la donación de órganos.

Durante las primeras horas después del deceso de una persona, varios de sus órganos pueden ser donados para salvar la vida de otras. Por ejemplo, se pueden donar ambos riñones, el corazón y los pulmones, lo que permite salvar la vida de cuatro personas de manera simultánea.

Desde 2010, y gracias a la nueva ley de donación de órganos, en Chile todos los mayores de 18 años fallecidos son donantes a menos que manifiesten en vida su deseo de no serlo. Tal iniciativa legal, sumada a la sensibilización pública generada por casos emblemáticos, parece estar dando resultados, tal como muestran los gráficos de esta página. El gráfico 1 corresponde al número de donantes en Chile entre 1993 y junio de 2012. El gráfico 2 muestra el número de trasplantes realizados entre enero y agosto de 2012 con donante fallecido.



Actividad

1. Analiza la información de los gráficos y luego responde.

- Antes de 2010, solo la familia del fallecido podía decidir si donar o no los órganos de un ser querido en caso de que este no lo hubiera declarado en vida. El cambio de la ley, ¿ha generado un efecto positivo en la cantidad de donantes o las cifras se mantienen?
- ¿Qué relación detectas entre el número de donantes y el total de trasplantes realizados en Chile durante el primer semestre de 2012?

¿Cómo se producen las alergias?

Ampliando MEMORIA

Las alergias más comunes son en respuesta a los pólenes, los ácaros del polvo, la caspa de animales domésticos y algunos alimentos, como leche, huevos, maní, trigo, pescados y mariscos.

En Chile y el mundo, las alergias habituales son provocadas por el polen de las especies de pasto.



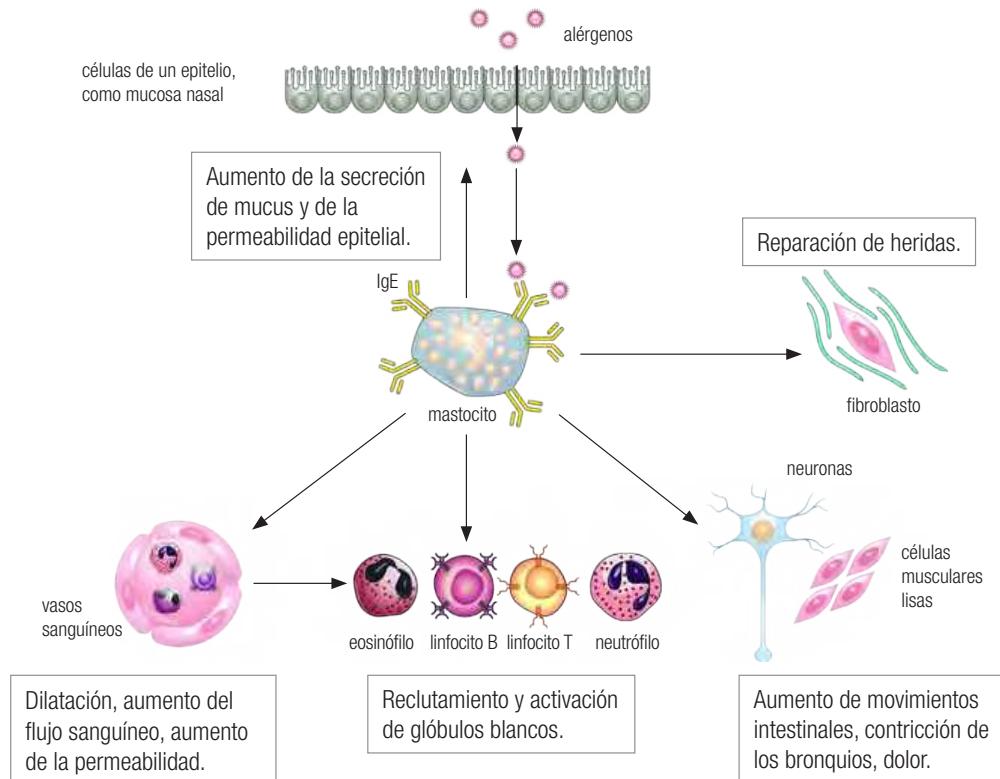
▲ Micrografía electrónica de ácaros del polvo, una de las principales fuentes de alergias.

La alergia es una hipersensibilidad a una partícula o sustancia que si se inhala, ingiere o toca, produce síntomas característicos. El sistema inmune de la persona afectada responde ante este **alérgeno**, que se comporta como un antígeno, y genera anticuerpos tipo IgE. Estos se han unido previamente a **mastocitos**, células comunes en la piel y tejidos expuestos al medio ambiente, que poseen grandes gránulos de histamina y otras sustancias capaces de activar la inflamación de un tejido.

Las personas alérgicas por lo general poseen mayor cantidad de anticuerpos IgE en la sangre, así como receptores de tales anticuerpos en sus mastocitos. Al entrar en contacto por primera vez con un determinado tipo de polen, sustancia alimenticia específica, caspa de animales, polvo de habitación, entre otros alérgenos más comunes, ciertas personas hipersensibles producen muchos anticuerpos IgE, por lo que generan una excesiva respuesta inflamatoria al siguiente contacto con el alérgeno.

Cuando esta inflamación ocurre en los tejidos de la cavidad nasal, se produce congestión, irritación y exceso de mucosidad. Cuando sucede en los pulmones, se pueden contraer los bronquios, lo que dificulta la respiración. A veces puede darse en la piel y generar picazón y enrojecimiento, o en el aparato digestivo y provocar indigestión.

En el esquema se explica la forma en que son activados los mastocitos y las células y tejidos sobre los que tienen efecto las sustancias que estos secretan.



A ctividad

1. Considerando la información del esquema, ¿cómo se podrían explicar algunos de los siguientes malestares que se producen durante la alergia?
 - a. Enrojecimiento e hinchazón de la piel.
 - b. Mucosidad.
 - c. Dificultad respiratoria.

Inmunización artificial: origen y uso de las vacunas

Fue Edward Jenner quien en el año 1796 descubrió que se podía combatir la viruela al inocular una solución que contenía virus similares a los que producían la enfermedad. Años más tarde, Louis Pasteur elaboró **vacunas**, ya de manera intencionada, al darse cuenta de que era posible atenuar la peligrosidad de las bacterias y luego inocularlas para prevenir enfermedades.

Bajo el mismo principio implementado por Pasteur a fines del siglo XIX, hoy se desarrollan vacunas para tratar enfermedades virales y bacterianas. Mientras algunas se diseñan a partir de microorganismos vivos a los que se les suprime su capacidad para producir la enfermedad, otras se elaboran con bacterias muertas, pero con sus antígenos intactos, o bien con fragmentos de bacterias y virus. Otras vacunas se preparan mediante ingeniería genética a partir de proteínas recombinantes. En todos estos casos, la vacuna funciona, porque se activa la producción de anticuerpos específicos para tales antígenos a través de linfocitos de memoria. De esta forma, si la persona llega a tener contacto con el antígeno en el futuro, su sistema inmune va a responder con rapidez, especificidad y eficiencia.

Algunas vacunas son preparadas con antígenos purificados provenientes de los microorganismos. Mientras, avanza la investigación para producir vacunas con antígenos sintéticos que sean elaborados en el laboratorio.

En Chile, el uso de vacunas se remonta a 1949, año en que fue introducida la vacuna BCG contra la tuberculosis. Fuimos un país líder en la erradicación de la viruela, pues gracias a la vacunación sistemática, esta enfermedad desapareció en 1959, ocho años antes que en el resto del mundo. El plan ampliado de vacunación que partió en 1978 con vacunas para cinco enfermedades, hoy en día incluye trece patologías, tanto virales como bacterianas, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Para GRABAR

Una vacuna es una preparación que es capaz de inducir una respuesta de protección inmunológica ante un agente patógeno específico en el organismo que es inoculado. Esta respuesta adaptativa genera memoria inmunitaria ante ese patógeno en particular.

| | Enfermedad | Microorganismo infeccioso | Tipo de vacuna |
|-----------|---|---|---|
| Virus | Hepatitis B | Virus de la familia <i>Hepadnaviridae</i> | Antígenos purificados |
| | Poliomielitis | Poliovirus | Virus atenuados |
| | Sarampión | Paramixovirus | |
| | Rubeola | Rubivirus | |
| | Paperas | <i>Paramyxoviridae</i> | |
| | Influenza | Virus de la familia <i>Orthomyxoviridae</i> | |
| | Rabia | Lyssavirus | |
| Bacterias | Difteria | <i>Corynebacterium diphtheriae</i> | Antígenos purificados |
| | Tos convulsiva | <i>Bordetella pertussis</i> | Bacterias atenuadas o antígenos purificados |
| | Tétanos | <i>Clostridium tetani</i> | Antígenos purificados |
| | <i>Haemophilus influenzae b</i> (neumonía, meningitis, otras) | <i>Haemophilus influenzae</i> | |
| | Neumonía, sinusitis, apendicitis, otras | <i>Streptococcus pneumoniae</i> | |
| | Tuberculosis | <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | Bacterias vivas, atenuadas |

Actividad

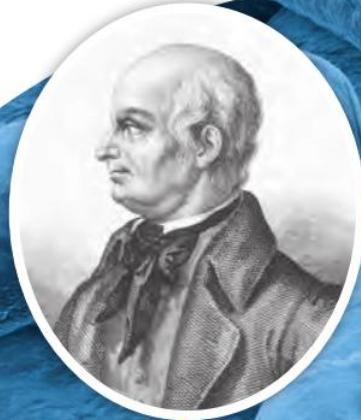
- Realiza un trabajo de **investigación** sobre el Programa Nacional de Inmunizaciones: en qué consiste, cuál es su objetivo y a qué edad deben administrarse cada una de las vacunas antes señaladas.
- Averigua qué otras vacunas se aplican en el país y de qué enfermedades previenen a la población que las recibe.

El estudio de las enfermedades infecciosas

Hasta mediados del siglo XX, la principal causa de muerte entre los seres humanos eran las enfermedades infecciosas, especialmente las de origen bacteriano. Antes del descubrimiento de las vacunas fue necesario descubrir a los microorganismos, relacionarlos con las enfermedades y comprender la forma en que estos las producían. Veamos algunos de los hitos más relevantes de esta historia.

Ampliando MEMORIA

Una de las primeras enfermedades estudiadas por Louis Pasteur fue la rabia, pero él nunca logró identificar al microbio que la producía. Supuso que se trataba de un agente infeccioso más pequeño que las bacterias. Solo a finales del siglo XIX se descubrieron los virus, entre ellos el de la rabia.



1684

El holandés Anton van Leeuwenhoek publicó unos dibujos en 1684 tras observar las bacterias que tenía en su propia boca. Con lentes que él fabricó, fue el primero en observar microorganismos en todo tipo de lugares.

1768

Lazzaro Spallanzani fue un sacerdote y científico italiano que diseñó una serie de experimentos. Estos le permitieron concluir en 1768 que los microorganismos provienen de otros microorganismos y que no aparecen en forma espontánea, tal como se creía en ese entonces.



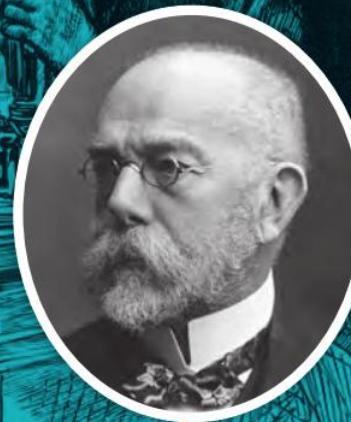
1862

Louis Pasteur, químico francés que en 1862, tras estudiar una enfermedad que afectaba a los gusanos de seda, propuso la teoría del origen microbiológico de las enfermedades infecciosas.



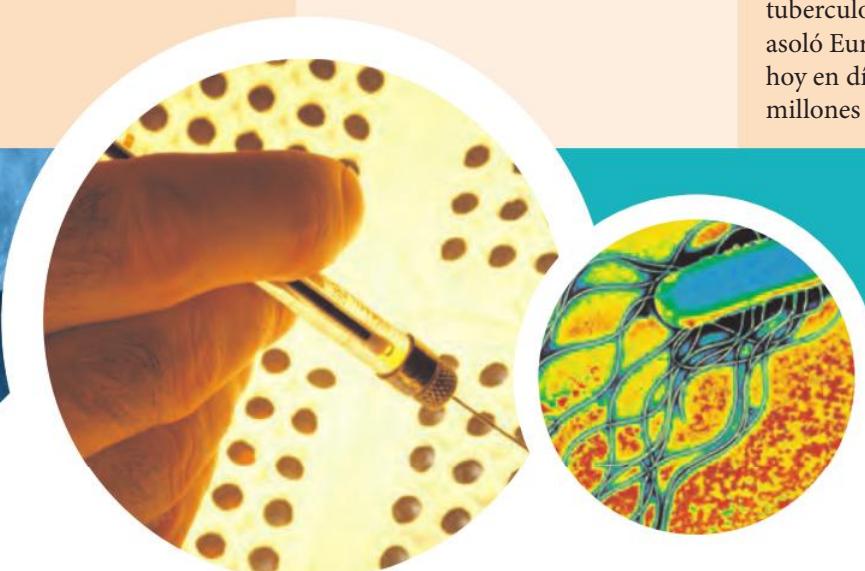
1867

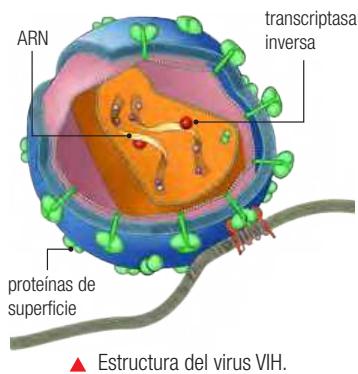
En 1867, el médico inglés Joseph Lister aplicó los hallazgos de Pasteur para desarrollar métodos antisépticos que pudieran aplicarse en las prácticas de cirugía y así eliminar los microorganismos.



1884

Fue Robert Koch, médico alemán, el primero en aislar bacterias causantes de enfermedades. En 1884, tras años de investigación, publicó un dibujo que describía el bacilo responsable de la tuberculosis. Esta enfermedad asoló Europa en el siglo XVII y hoy en día sigue matando a dos millones de personas cada año.





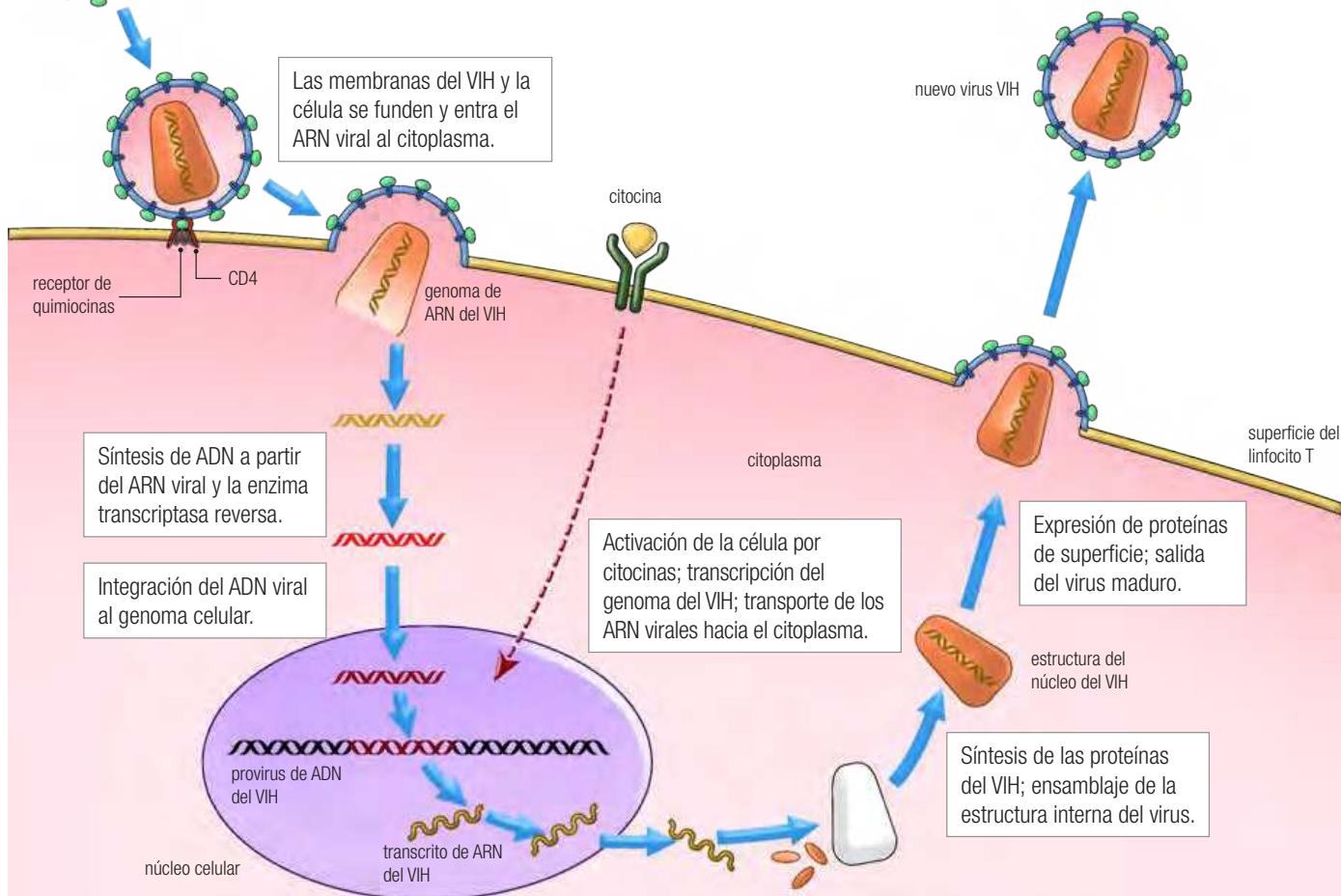
El VIH: biología y ciclo de replicación

Durante la primera mitad del siglo XX se desarrollaron enormes avances en la identificación de microbios patógenos que causaban enfermedades mortales para el ser humano. Cada nuevo hallazgo permitía la elaboración de una vacuna, cuya aplicación permitió salvar millones de vidas y, en algunos casos, erradicar completamente las enfermedades.

El virus VIH no se conoció hasta la década de 1980 y se caracteriza por producir inmunodeficiencia, vale decir, una disminución sistemática de la capacidad del ser humano para defenderse de las enfermedades.

El síndrome de inmuno deficiencia adquirida, sida, es considerado una pandemia, por tratarse de una enfermedad infecciosa que se ha extendido a personas del mundo entero, constituyendo una de las principales causas de muerte, especialmente en personas jóvenes y en países con un bajo índice de desarrollo humano.

En el siguiente esquema se muestra una célula del sistema inmune y el mecanismo de infección del VIH.



Actividad

1. A partir del esquema del ciclo de replicación del VIH, **explica**.
 - a. ¿Para qué sirve la enzima transcriptasa inversa?
 - b. ¿De dónde obtiene el virus maduro las proteínas que lo forman?
 - c. ¿Es posible fabricar más de una copia del virus por cada uno de los que ingresan a la célula infectada? **Justifica**.

Sida: características de la enfermedad

El sida combina alteraciones que resultan de la destrucción progresiva de células del sistema inmune por el VIH, especialmente de linfocitos T auxiliares (T_H) del tipo CD4. Producto de esto, los pacientes se vuelven cada vez más susceptibles a infecciones oportunistas, que, junto con el desarrollo de algunas formas de cáncer, terminan por provocar la muerte de la persona afectada. Tal como se muestra en la siguiente tabla, la infección por VIH presenta tres fases que se extienden durante muchos años:

| Infección primaria: 3 a 6 semanas | Fase crónica asintomática: muchos años | Fase de síntomas y sida: 3 a 4 años |
|--|---|---|
| Se presenta fiebre, dolor de cabeza y de garganta e inflamación de los ganglios linfáticos. El paciente no sabe que está infectado y pueden no manifestarse síntomas específicos. Ya es posible trasmisir el virus a otras personas. | El paciente presenta síntomas de infecciones leves, atribuidas a la infección por VIH; por ejemplo, candidiasis y herpes. Se produce una disminución progresiva de los linfocitos T CD4, mientras el virus se distribuye por todo el organismo. | El paciente puede sufrir enfermedades oportunistas de distintos niveles de gravedad, originadas por protozoos, bacterias, hongos y otros virus, y desarrollar tumores en la piel y los ganglios. Sin recibir el tratamiento adecuado, sobreviene la muerte. |

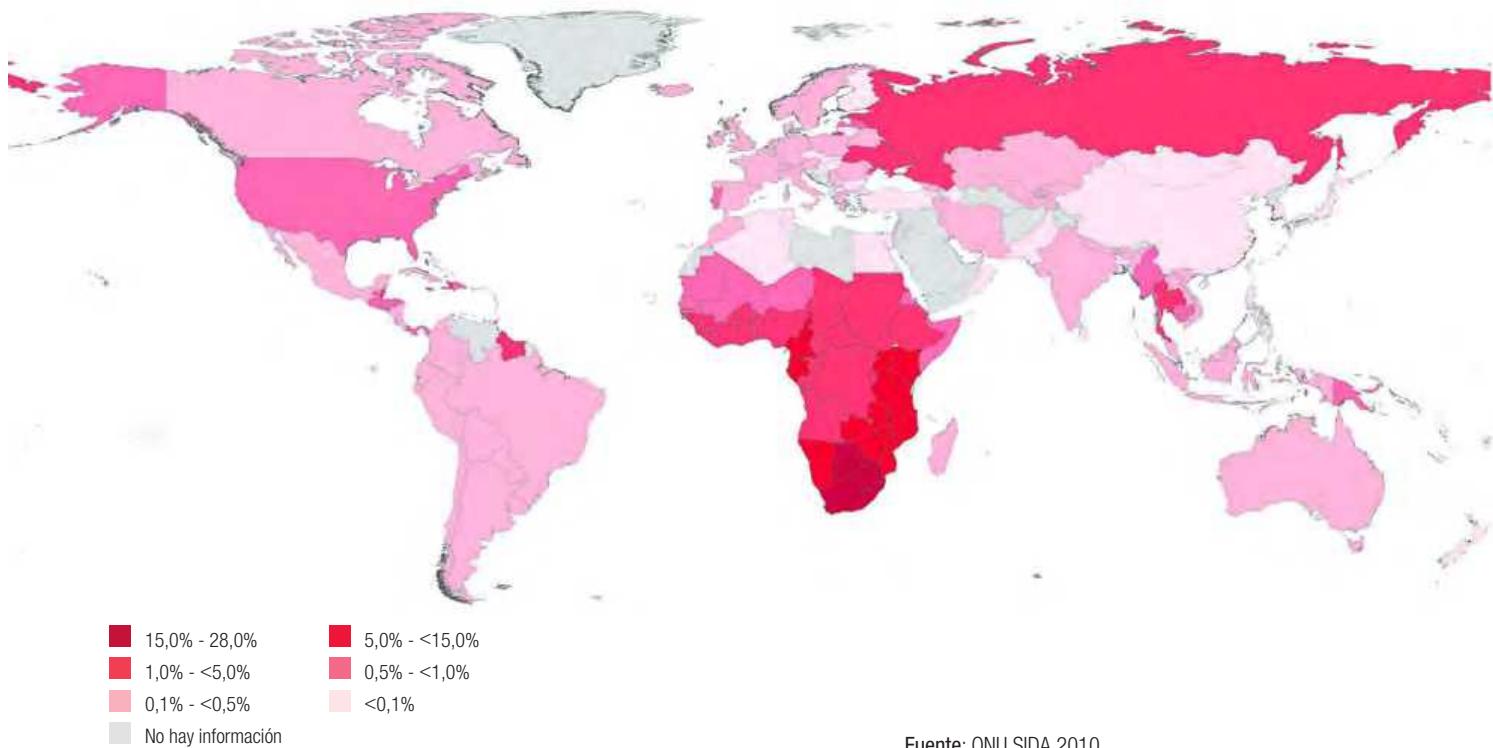
AYUDA

Una enfermedad oportunita es una afección de origen infeccioso a la que habitualmente el ser humano está expuesto, pero que solo se desarrolla cuando se producen daños en el sistema inmune y este se encuentra debilitado.

En Chile, en 2001 la mortalidad llegó a ser de 3,6 muertes por cada 100 mil habitantes. Desde 2004 se ha mantenido en torno a 2,6 muertes por cada 100 mil habitantes.

Una pandemia difícil de resolver

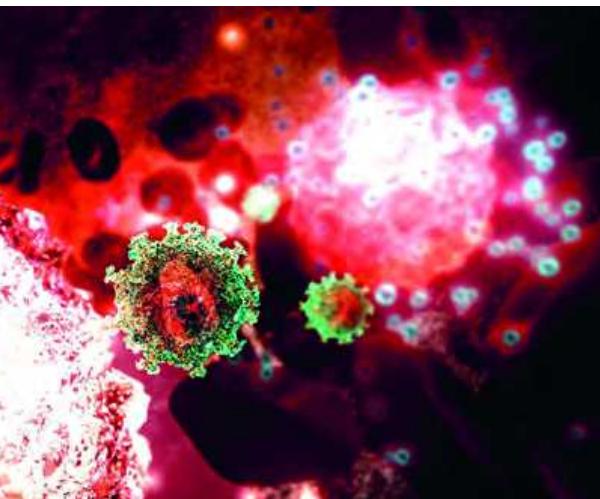
En el mapa se indican las estimaciones del porcentaje de personas que viven con el VIH en cada país del mundo al año 2009. Algunos países sudafricanos pueden llegar a tener más del 25% de su población infectada. Pese a los esfuerzos internacionales por disminuir las tasas de infección, estas siguen en alza, lo que nos exige a todos extremar esfuerzos por prevenir nuevos contagios y disminuir las tasas de mortalidad.



Fuente: ONU SIDA 2010.

Ampliando MEMORIA

Para diagnosticar la presencia del VIH se utiliza un examen que permite detectar los anticuerpos producidos contra el virus. En casos positivos, se examina la cantidad de linfocitos T CD4 para seguir el progreso de la infección.



▲ Partícula de VIH saliendo de un linfocito T.

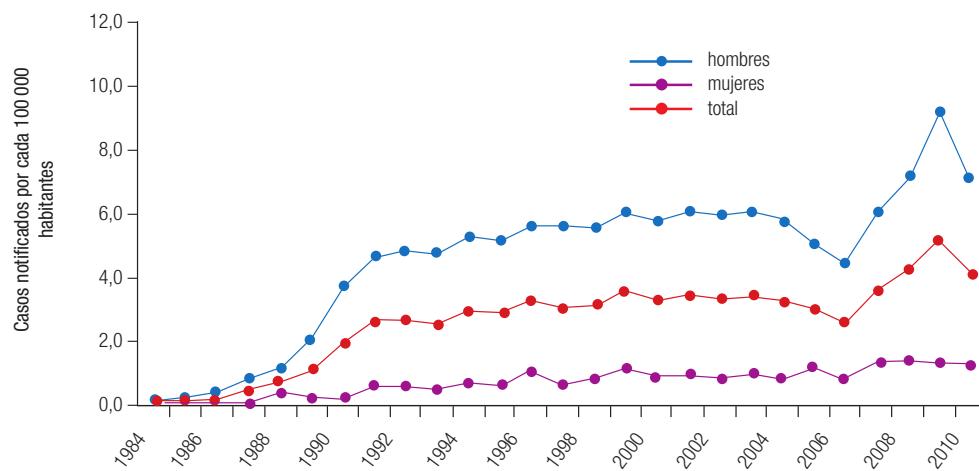
Transmisión y prevención

El VIH se transmite, principalmente, por medio de relaciones sexuales sin protección, en que a lo menos una de las personas sea portadora o esté infectada; al utilizar jeringas contaminadas, especialmente entre consumidores de drogas inyectables, y en una menor proporción por transmisión de la madre infectada al hijo durante la gestación, parto o lactancia.

La prevención del sida se basa en evitar el traspaso y la propagación del VIH, especialmente por la vía sexual, que corresponde al 95% de los contagios, aproximadamente. Los métodos más eficientes para evitar la transmisión sexual son la abstinencia, el uso de condón o preservativo y la mantención de una pareja única. Como tales medidas implican cambios en conductas íntimas y personales, la prevención del contagio del VIH sigue siendo un tema complejo que depende de la educación de la población, tanto en Chile como en el resto del mundo. Afortunadamente, ha habido avances en el tratamiento con nuevos medicamentos antirretrovirales, los que dificultan la replicación del virus y permiten mantener más controlada la enfermedad. Sin embargo, estos tratamientos no están al alcance de toda la población mundial.

En Chile, el sida partió con seis casos en el año 1984. Como lo indica el siguiente gráfico, para 2010 ya teníamos cuatro contagiados por cada 100.000 habitantes, es decir, más de 600 nuevos casos al año. Actualmente, el Ministerio de Salud mantiene un programa de atención que provee medicamentos gratuitos para los enfermos de sida.

Tasa de notificación de sida por sexo y total
país Chile 1984 - 2010



Actividad

1. Analiza la información del gráfico y luego responde.

- Realiza una **comparación** entre sexos respecto al aumento de casos de sida en Chile.
- En el año 2007 se habilitó un servicio *online* para notificar nuevos casos de sida. De acuerdo al gráfico, ¿tuvo algún efecto? ¿Por qué será tan relevante tener un registro fidedigno de casos notificados? **Explica**.
- A pesar de producirse un aumento de casos notificados, la mortalidad del sida en Chile ha tendido a disminuir. **Argumenta** cómo se explica esta tendencia, teniendo en consideración la eficacia de la prevención y de los tratamientos.

Otras infecciones contemporáneas: influenza y hanta

Terminamos esta revisión con dos enfermedades producidas por virus y que resultan muy conocidas para la población, ya sea por su masificación, en el caso de la influenza, o por su agresividad y forma de contagio, en el caso del hanta.

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| Virus | | Hantavirus |
| Virus de la influenza A y B | | |
| Forma de contagio | Persona a persona a través de gotitas de saliva en suspensión u objetos que contengan gotitas con el virus. | A través del contacto con orina y heces contaminadas con hantavirus del ratón de cola larga, roedor silvestre que habita en Chile entre la III y la XII Región. |
| Síntomas | Fiebre entre 38 y 40 °C, tos, dolor de cabeza, de garganta y muscular. | Dolores musculares, fiebre alta, dolor de cabeza, tos, náuseas y vómitos, diarrea, dolor abdominal. Dificultad respiratoria progresiva. |
| Prevención y tratamiento | Evitar el contacto con personas enfermas, quienes deben taparse la boca al estornudar o toser. Para la población más susceptible, se recomienda vacunación. | No existe tratamiento contra el hanta. La prevención se basa en evitar los ambientes en que habita el ratón de cola larga, ventilar los lugares y extremar las medidas de higiene. |
| Datos en Chile | El número de casos año a año es muy variable. En 2010 se registraron 693 por cada 100 mil habitantes, cifra que se concentró en los meses de invierno. La mortalidad es baja, 20 por cada 100 mil habitantes. | Cada año se registran entre 35 y 60 casos de hanta en Chile, especialmente en las regiones del Maule y Biobío. La mortalidad de 2011 fue del 37%. |

Actividad

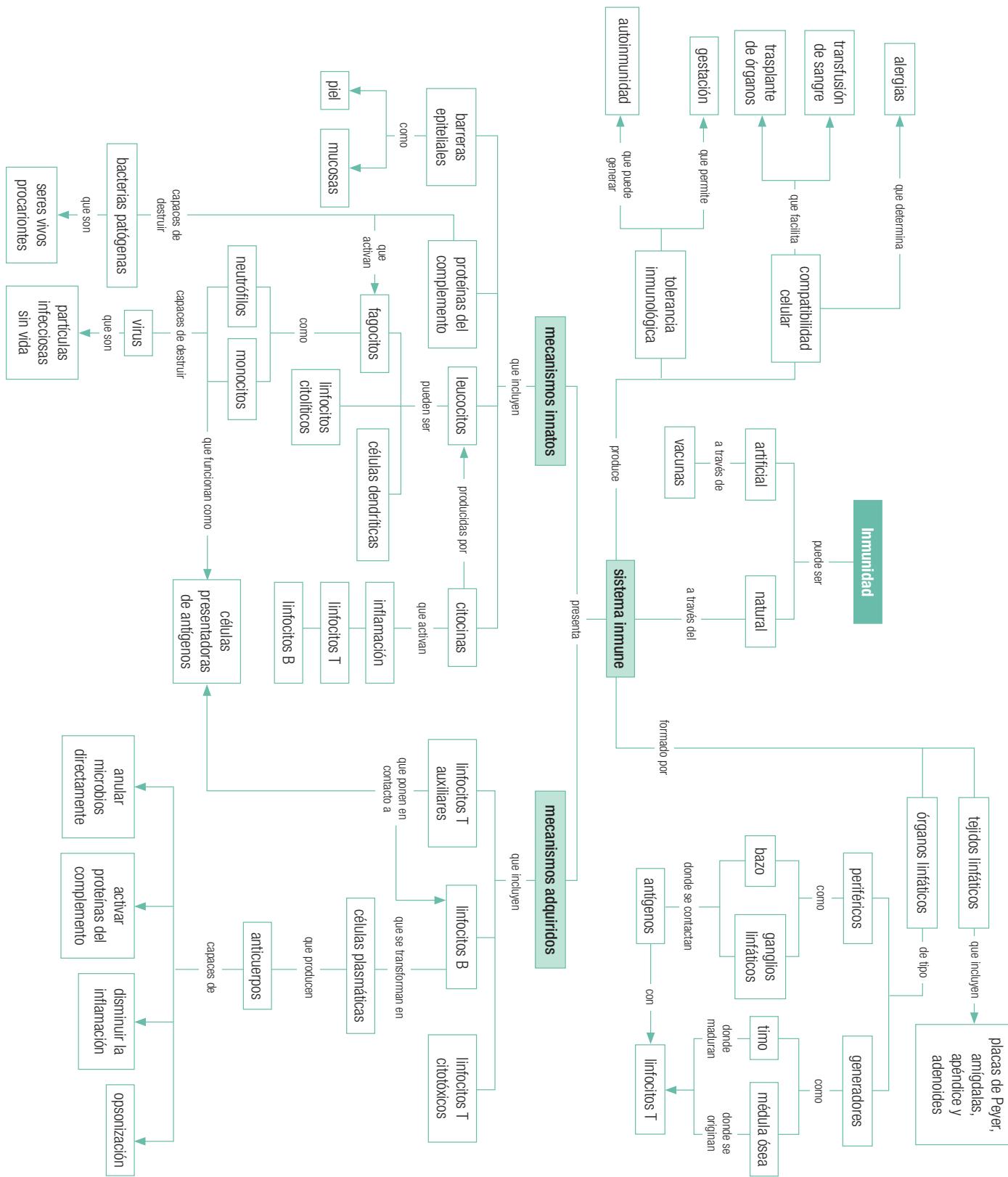
1. Aplica lo aprendido para responder las siguientes preguntas:

- ¿Es posible que una persona confunda los síntomas del hanta con los de la influenza? ¿Cómo podría descartar que tenga hanta?
- La vacuna contra la influenza que se distribuye cada año es distinta. ¿Cómo puede ser eso posible si el agente infeccioso es supuestamente el mismo?

O rganizando favoritos

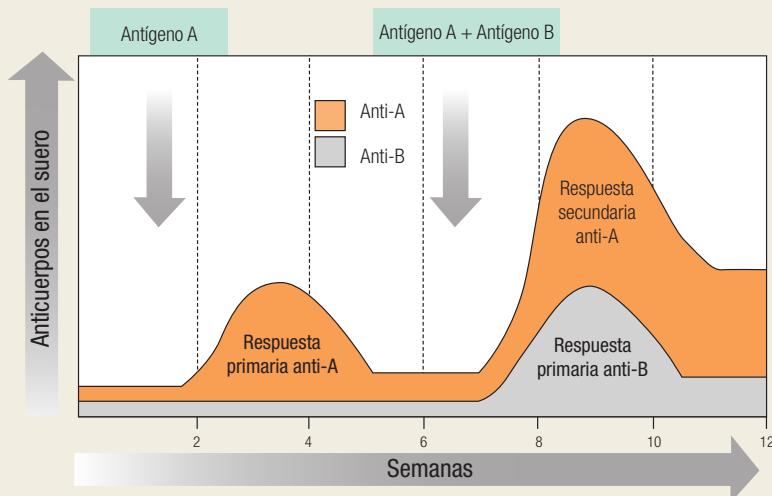
Síntesis

El siguiente organizador resume las relaciones entre los principales conceptos abordados en la unidad. Selecciona un concepto que consideres clave y construye a partir de este tu propio organizador.



Te invitamos a resolver el siguiente ejemplo de pregunta de análisis que tiene relación con la respuesta inmune.

1. Una persona es tratada con dos antígenos diferentes, A y B. Durante la primera semana del experimento se le inyecta el antígeno A y durante la sexta semana se le inyectan ambos antígenos, A y B. En el siguiente gráfico se representa la cantidad de anticuerpos que la persona produce contra los dos antígenos, anti-A y anti-B, a través del tiempo.



¿En qué medida el resultado expresado en este gráfico demuestra que en el cuerpo humano existen células de memoria que responden a los antígenos?

- A. En que cada respuesta es capaz de durar cerca de tres semanas.
- B. En que un antígeno permite activar la respuesta inmune frente a otro antígeno.
- C. En que el sistema inmune es capaz de almacenar información de múltiples antígenos.
- D. En que la segunda exposición a un antígeno produce más anticuerpos que la primera.
- E. En que la exposición a dos antígenos simultáneos genera respuestas de mejor calidad.

A continuación analicemos las respuestas.

- A. **Incorrecta.** Efectivamente, las respuestas primaria y secundaria representadas en el gráfico tienen una duración cercana a las tres semanas, pero la memoria inmunitaria no se explica a partir de la duración de una respuesta.
- B. **Incorrecta.** Las respuestas inmunes no suelen tener influencias entre sí. La respuesta ante un antígeno no puede disminuir o incrementar la calidad de la respuesta frente a otro antígeno, aun cuando la exposición sea simultánea.
- C. **Incorrecta.** Es cierto que el sistema inmune puede almacenar información de muchos antígenos, pero el gráfico no da cuenta de ello. Solo muestra evidencia de la memoria de un antígeno entre dos aplicaciones.
- D. **Correcta.** La opción alude a información que aparece en el gráfico y que se basa en el concepto de memoria: la primera exposición al antígeno garantiza una respuesta de mejor calidad en el futuro frente al mismo antígeno.
- E. **Incorrecta.** El gráfico parece mostrar una relación entre ambas respuestas, porque la respuesta secundaria anti-A coincide en el tiempo con la primaria anti-B; sin embargo, ambos procesos son independientes y dependen de los anticuerpos producidos para cada antígeno.

Entonces la alternativa correcta es D

| | A | B | C | D | E |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |

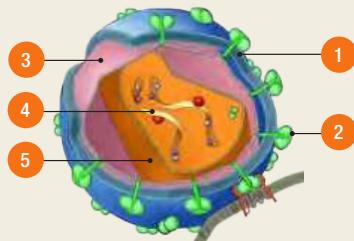
V

erificando disco

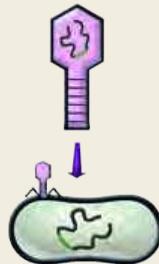
I. Marca la alternativa que consideres correcta.

1. ¿Cuál de las siguientes estructuras de un virus debiese anularse para evitar su fijación en la célula huésped?

- A. 1.
- B. 2.
- C. 3.
- D. 4.
- E. 5.



2. ¿Qué representa la siguiente figura?



- A. Una bacteria infectando un virus.
- B. Dos bacterias que intercambian ADN.
- C. Un virus absorbiendo el ADN de una bacteria.
- D. Un bacteriófago insertando ADN recombinado.
- E. Un fago estimulando la síntesis de ADN bacteriano.

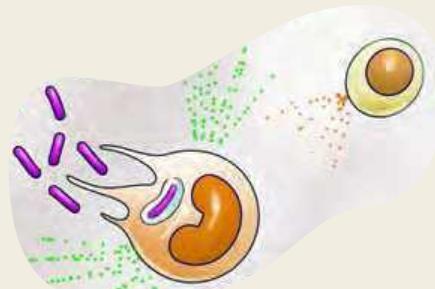
3. ¿Cuál de las siguientes actividades debiese ser propia de cualquier tipo de bacteria?

- A. Vivir en el aire.
- B. Sintetizar proteínas.
- C. Infectar a los alimentos.
- D. Producir materia orgánica.
- E. Transmitir alguna enfermedad.

4. ¿Cuál de las siguientes características es particular de una bacteria patógena?

- A. Presencia de plásmidos.
- B. Capacidad reproductiva.
- C. Habilidad para fagocitar.
- D. ADN organizado en un nucleoide.
- E. Capacidad de anular los sistemas de defensa.

5. La figura muestra un linfocito citolítico que está secretando una sustancia en la cercanía de un macrófago que ha atrapado una bacteria. ¿De qué sustancia se trata si su efecto es activar la fagocitosis?



- A. Citocinas.
- B. Antígenos.
- C. Defensinas.
- D. Anticuerpos.
- E. Enzimas digestivas.

6. ¿En qué parte del organismo es posible hallar células que se convierten en linfocitos?

- A. Timo.
- B. Linfa.
- C. Bazo.
- D. Médula ósea.
- E. Ganglio linfático.

7. En las cirugías para extraer tumores es habitual la remoción de ganglios linfáticos asociados. ¿Qué riesgo puede ocasionarse ante la pérdida de un ganglio linfático?

- A. Ninguno, porque son numerosos.
- B. Ninguno, porque no poseen una función específica.
- C. Riesgo bajo, pues los ganglios no siempre se utilizan.
- D. Riesgo intermedio, pues cada ganglio participa en la producción de linfocitos.
- E. Riesgo alto, pues cada ganglio posee una función particular.

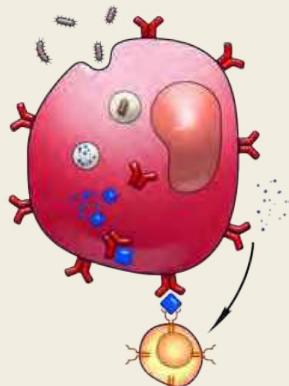
8. ¿Cuál de las siguientes alternativas da cuenta de un mecanismo adaptativo que es activado por citocinas?

- A. Fagocitosis por neutrófilos y macrófagos.
- B. Opsonización por anticuerpos específicos.
- C. Inflamación en una zona específica de la infección.
- D. Destrucción de células dañadas por linfocitos NK.
- E. Transformación de un linfocito B en célula plasmática.

9. ¿Qué diferencia a los mecanismos innatos de defensa de los adaptativos?

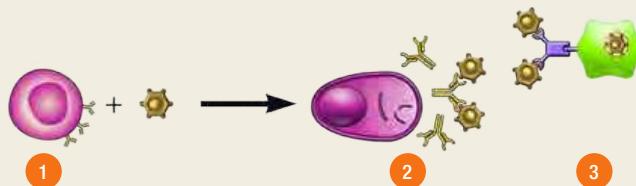
- A. Que se basan exclusivamente en células fagocíticas.
- B. Que se producen en zonas más bien superficiales del cuerpo.
- C. Que defienden de un rango más estrecho de amenazas.
- D. Que se originan en órganos formados durante la gestación.
- E. Que responden de manera similar a una gran variedad de patógenos.

10. ¿En qué lugar del cuerpo es habitual el proceso que se representa en la figura?



- A. Piel.
- B. Timo.
- C. Sangre.
- D. Médula ósea.
- E. Ganglio linfático.

Observa detenidamente la siguiente figura y luego responde las preguntas 11 y 12.



11. ¿Qué actividad del macrófago se representa en 3?

- A. La fagocitosis anómala de anticuerpos.
- B. Su capacidad para elaborar anticuerpos.
- C. El reconocimiento de antígenos a través de anticuerpos.
- D. La activación del dominio específico de anticuerpos.
- E. La competencia por microbios que mantiene con células plasmáticas.

12. ¿Cuál de las siguientes alternativas indica la diferencia que existe entre los anticuerpos representados en 1 y en 2?

| | 1 | 2 |
|----|---|---|
| A. | Poseen una cadena que los fija a la membrana. | Carecen de una cadena que los fija a la membrana. |
| B. | Poseen dominio variable. | Carecen de dominio variable. |
| C. | No se pueden unir a antígenos. | Se pueden unir a antígenos. |
| D. | Se pueden unir con una sola bacteria. | Se pueden unir con dos bacterias al mismo tiempo. |
| E. | Se sintetizan desde genes del linfocito. | No se sintetizan desde genes del linfocito B. |

13. ¿Por qué la sangre del grupo 0 puede donarse a personas de cualquier otro grupo sanguíneo?

- A. Porque el grupo 0 es el más común de todos.
- B. Porque sus glóbulos rojos poseen proteínas de membrana A y B.
- C. Porque sus glóbulos rojos carecen de proteínas de membrana A y B.
- D. Porque ese grupo posee anticuerpos anti-A y anti-B en el plasma.
- E. Porque ese grupo carece de anticuerpos anti-A y anti-B en el plasma.

14. ¿Qué efecto sería esperable de un medicamento anti-histamínico?

- A. Que active la dilatación de los vasos.
- B. Que aumente el flujo sanguíneo en la piel.
- C. Que promueva la acción de los mastocitos.
- D. Que aumente el diámetro de los bronquios.
- E. Que estimule el reclutamiento de glóbulos blancos.

II. Analiza la siguiente situación experimental y luego responde.

Planteamiento del problema

La enfermedad de Chagas se produce por el protozoo *Trypanosoma cruzi*, el que es transmitido por la picadura de la vinchuca, insecto habitual en viviendas con techo de coirón, comunes en el Norte Chico. Actualmente, la enfermedad afecta a unos 150.000 chilenos, provocándoles alteraciones linfáticas, cardíacas e intestinales crónicas. Un grupo de investigadores desea conocer si existen diferencias en el número de linfocitos que poseen personas sanas y con la enfermedad de Chagas.

Formulación de la hipótesis

Los investigadores plantean que no se conoce la situación inmunitaria de los enfermos de Chagas en Chile. Basados en la evidencia de otros países, suponen que en este grupo habrá diferencias respecto a los conteos normales de linfocitos T de tipo citotóxicos y auxiliares.

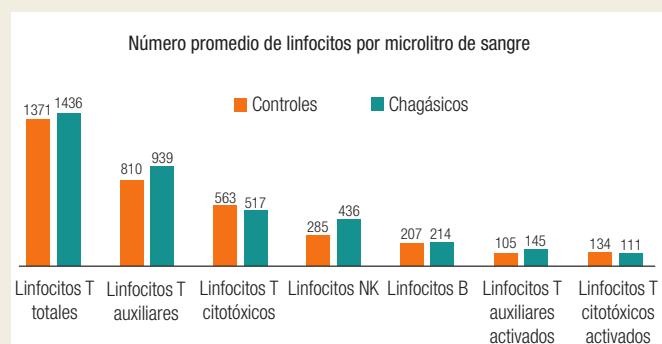
Procedimiento experimental

Se tomaron muestras de sangre de 21 pacientes con la enfermedad de Chagas y 21 personas sin esta enfermedad, ni otra que tuviera efectos en componentes del sistema inmune. Utilizando un citómetro de flujo, dispositivo capaz de identificar y contar cientos de células por segundo, se calculó el número promedio de diferentes tipos de linfocitos.

¿Por qué el grupo control debía excluir a personas con afecciones del sistema inmune?

Obtención de resultados

Los resultados obtenidos se resumen en el gráfico.



¿En qué casos la diferencia entre grupos parece ser significativa?

¿El resultado obtenido confirma la hipótesis?
Fundamenta.

Interpretación de resultados

Los investigadores plantearon que las diferencias se deberían a incrementos de linfocitos T auxiliares y disminuciones de linfocitos T citotóxicos durante diferentes etapas de la enfermedad. En el primer caso, con el fin de contener la infección. En el segundo, como consecuencia de la inhibición en los mecanismos inmunes que generaría el parásito.

Elaboración de conclusiones

En conclusión, las personas con enfermedad de Chagas presentarían algunas diferencias en sus conteos de linfocitos respecto de personas que no la padecen. Sin embargo, las diferencias halladas no coinciden en todos los casos con lo indicado en investigaciones previas. Esto podría deberse a las particularidades de los parásitos locales o a las características genéticas de la población infectada.

I. Revisa tus respuestas de alternativas.

| Pregunta | Contenido evaluado | Habilidad | Clave | Mi revisión | | | Logro alcanzado |
|----------|---|------------|-------|-------------|-------------|----------|-----------------|
| | | | | Correctas | Incorrectas | Omitidas | |
| 1 | Características de virus y bacterias. Páginas 66 a 77. | Recordar | | | | | 4 |
| 2 | | Recordar | | | | | |
| 3 | | Comprender | | | | | |
| 4 | | Comprender | | | | | |
| 5 | Organización del sistema inmune. Páginas 78 a 91. | Recordar | | | | | 3 |
| 6 | | Comprender | | | | | |
| 7 | | Aplicar | | | | | |
| 8 | Inmunidad innata y adaptativa. Páginas 78 a 91. | Recordar | | | | | 5 |
| 9 | | Comprender | | | | | |
| 10 | | Comprender | | | | | |
| 11 | | Comprender | | | | | |
| 12 | | Analizar | | | | | |
| 13 | Fenómenos de causa inmunológica. Páginas 92 a 103. | Comprender | | | | | 2 |
| 14 | | Aplicar | | | | | |

II. Revisa los criterios que se consideran para la respuesta correcta de la situación procedural.

| Etapa del método | Criterios |
|------------------------------|--|
| Procedimiento experimental. | La respuesta debe indicar que las 21 personas sanas representan al grupo control, y como una de las variables en estudio es la cantidad de células especializadas del sistema inmune, este grupo no puede incluir personas que pudieran presentar alteraciones en su conteo de glóbulos blancos. |
| Obtención de resultados (1). | La respuesta debe incluir el criterio de diferencia numérica entre grupos al comparar cada pareja de datos. Específicamente, debería señalar que las diferencias más significativas se producen en linfocitos NK, linfocitos T auxiliares y linfocitos T citotóxicos. |
| Obtención de resultados (2). | La respuesta debe indicar que la confirmación es relativa, pues si bien se suponían diferencias en los linfocitos T auxiliares y citotóxicos, no estaba contemplada la diferencia en los linfocitos NK, que es precisamente la variación más evidente. |

Mi ESTADO

Anota el nivel de logro de tus aprendizajes de la unidad según la categoría de desempeño dada: 1. Por lograr; 2. Medianamente logrado; 3. Bien logrado.

- Comprendí de qué forma el conocimiento científico se ha puesto al servicio del mejoramiento de las condiciones de vida.
- Reconocí formas permanentes de interacción que hemos establecido con los microbios.
- Describí los componentes químicos, celulares y de tejidos y órganos que constituyen el sistema defensivo del cuerpo humano.
- Diferencié los procesos involucrados en la respuesta inmune, considerando diferentes niveles de especificidad.
- Conocí las causas de la incompatibilidad sanguínea y de trasplantes, el origen de alergias y de enfermedades autoinmunes.
- Dimensioné ciertos alcances que tiene el estudio de las enfermedades infecciosas y los efectos de algunas de estas.

Biosfera: sus componentes y procesos principales

A
B
C
D

MENÚ de inicio

¿Qué aprenderás?**¿Para qué?****¿Dónde?**

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones. | Formular explicaciones a partir de los datos obtenidos en distintas actividades procedimentales y elaborar conclusiones a partir de estos. | Páginas 112, 113, 124, 125 y 160 |
| Tipos de interacciones biológicas. | Conocer las principales características de algunas interacciones biológicas que se dan en las poblaciones y en las comunidades biológicas, como la competencia y la depredación. | Páginas 114 a 131 |
| Crecimiento poblacional humano. | Analizar el problema del crecimiento poblacional humano a nivel mundial en relación con las tasas de consumo y los niveles de vida. | Páginas 132 a 141 |
| Efectos negativos de la actividad humana en los ecosistemas. | Identificar el efecto de la actividad humana en la modificación de la biodiversidad a través de ejemplos concretos en algunos ecosistemas. | Páginas 142 a 153 |
| Efectos positivos de la actividad humana en los ecosistemas. | Reconocer los principios básicos de la biología de la conservación y el manejo sustentable de recursos renovables. | Páginas 150, 151, 154 y 155 |
| Investigación sobre una problemática ambiental. | Investigar y analizar un tema de actual interés público y las controversias científicas relacionadas e identificar las fuentes de discrepancia. | Páginas 152 a 155 |

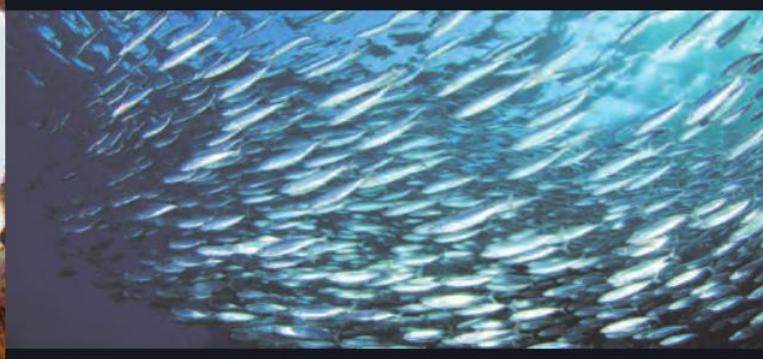
**ABRIR sesión**

Se suele pensar que ciertos problemas, como el cambio global, deben ser resueltos exclusivamente por los gobiernos o por los científicos. Sin embargo, debemos estar conscientes de que cada uno de nosotros forma parte tanto del problema como de la solución. Esa manera de pensar y de asumir el desafío determinará qué mundo queremos construir para todos. Lee la siguiente cita y luego responde:

“Todo lo que le ocurra a la Tierra les ocurrirá a los hijos de la Tierra. Si los seres humanos escupen en el suelo, se escupen a sí mismos”.

Noah Sealth, más conocido como el Jefe indio piel roja Seattle, envió una carta al gran Jefe blanco de Washington, Franklin Pierce, en respuesta a la oferta de este de comprarle una gran extensión de tierras indias. Con esto, y sin proponérselo, creó el primer manifiesto en defensa del medio ambiente y la naturaleza que ha perdurado en el tiempo.

1. ¿Qué carta escribirías tú y a quién para preservar el medio ambiente?
2. ¿Qué medidas propondrías?
3. ¿Cuántas de esas medidas podrías aplicar en tu vida cotidiana?



► Los peces tienen muchas crías durante un evento reproductivo. ¿Cómo es la relación entre los progenitores y las crías una vez que estas nacen?



► Los primates tienen pocas crías, las que cuidan y protegen. ¿Por qué ocurrirá un caso distinto con los peces?



Iniciando

ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Procedimiento experimental.
4. Obtención de resultados.
- 5. Interpretación de resultados.**
6. Elaboración de conclusiones.

¿QUÉ ES INTERPRETAR LOS RESULTADOS?

Significa expresar, con palabras propias, lo que se entiende de una información leída, recopilada u obtenida en un trabajo experimental. En este último caso, implica relacionar los resultados con lo esperado en la hipótesis.

PASOS PARA INTERPRETAR LOS RESULTADOS

- Paso 1: identificar lo que se entiende de la información obtenida.
- Paso 2: relacionar lo que se entiende con lo que se sabe.
- Paso 3: expresar o explicar la información con palabras propias y comprobar que lo que se exprese tenga sentido.

Planteamiento del problema

Los cirripedios son artrópodos marinos sésiles, pertenecientes al grupo de los crustáceos. Se caracterizan por presentar un estadio larval móvil y porque tienden a vivir en la zona intermareal, la que, al subir y bajar la marea, pasa alternativamente de estar cubierta por el agua a estar descubierta.

Existen muchas especies de cirripedios distribuidas a lo largo de las costas del mundo. En Escocia, las especies *Balanus balanoides* y *Chthamalus stellatus* coexisten en zonas predecibles a lo largo de la costa. El estado adulto de *Chthamalus* se ve restringido a la zona intermareal alta, mientras que *Balanus* se concentra en las zonas medias y bajas. Se cree que *Balanus* no logra poblar la banda alta de la zona intermareal dada su baja resistencia a la desecación. Pero ¿por qué las larvas de *Chthamalus* no logran sobrevivir en las zonas intermareales media y baja?

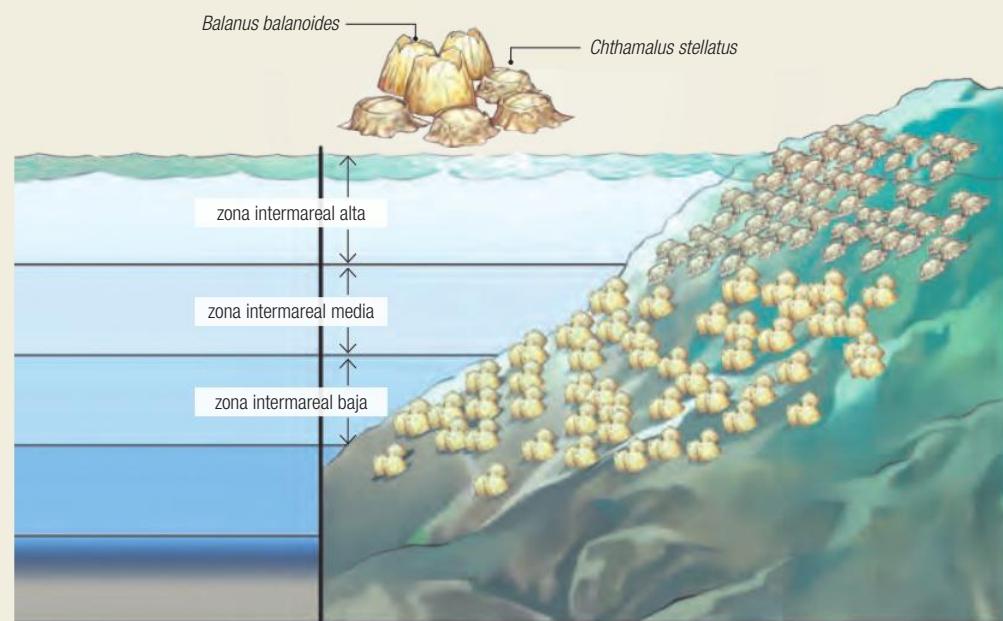


Balanus balanoides



Chthamalus stellatus

El ecólogo Joseph Connell creía que los factores físicos explican solo parcialmente la distribución de cirripedios en la zona intermareal, idea que se propuso demostrar en 1961 por medio del experimento que estudiaremos a continuación.



Formulación de hipótesis

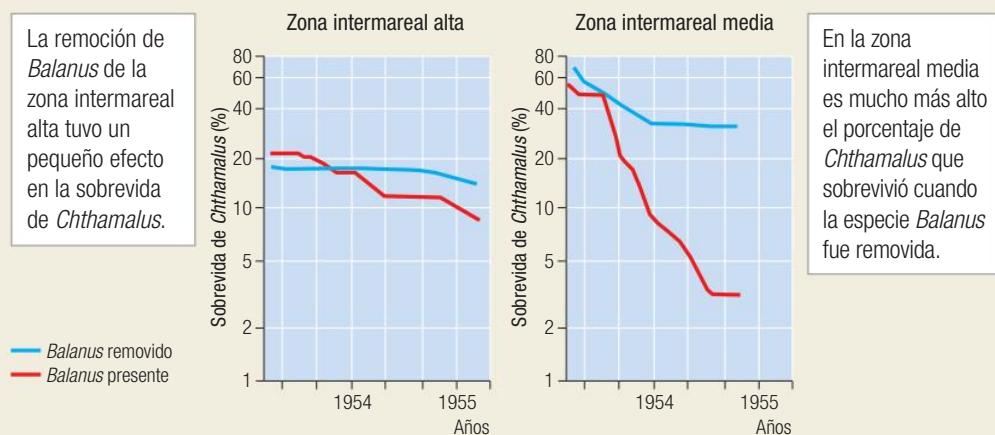
Las especies de cirripedios *Chthamalus* y *Balanus* compiten entre ellas, lo que afecta las zonas intermareales que son capaces de colonizar.

Procedimiento experimental

Connell estableció áreas de la zona intermareal para ser estudiadas, las que dividió en dos segmentos. En uno de ellos removió los especímenes de *Balanus* y en el otro, el segmento control, no los removió. Posteriormente, fue midiendo la sobrevida de *Chthamalus* en el tiempo, tanto en la zona intermareal alta como en la media, en los segmentos con *Balanus* presente y sin él.

Obtención de resultados

A continuación se grafican los resultados obtenidos:



Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones

- Al comparar las curvas en presencia y en ausencia de *Balanus* en la zona intermareal alta, ¿se distingue un aumento en la tasa de sobrevida de *Chthamalus*?

- Al comparar las curvas en presencia y en ausencia de *Balanus* en la zona intermareal media, ¿se distingue un aumento en la tasa de supervivencia de *Chthamalus*?

- ¿Cómo explicarías la diferencia obtenida en las respuestas anteriores?

- ¿Son solo factores físicos los que influyen en la distribución de los cirripedios en la zona intermareal? Explica.

- A partir de los resultados obtenidos, ¿podrías concluir que *Balanus* y *Chthamalus* son especies competidoras? Justifica tu respuesta.

Mi ESTADO

- En esta actividad, ¿qué te resultó más difícil y por qué?
- ¿Cómo se relacionan los resultados obtenidos con la hipótesis planteada?



zona intermareal alta
habitada por *Chthamalus*

zona intermareal media
habitada por *Balanus*

Biosfera y biodiversidad: ecosistemas



La **biosfera** es la zona del planeta en la que existe vida. Incluye partes de la atmósfera, litosfera e hidrosfera y está constituida por todos los seres vivos y su medio abiótico. A partir de esta definición, podemos considerar a la biosfera como un gran ecosistema a escala global, en el que muchos ecosistemas menores están relacionados e intercambian materia y energía a una gran escala espacio-temporal.

Nuestro planeta no es uniforme en términos de composición ni de estructura espacial. Esto posibilita la existencia de variadas condiciones ambientales y con ello la evolución no solo de distintas formas de vida, sino de una gran diversidad de especies capaces de explotar cada uno de los ambientes presentes en nuestro planeta.

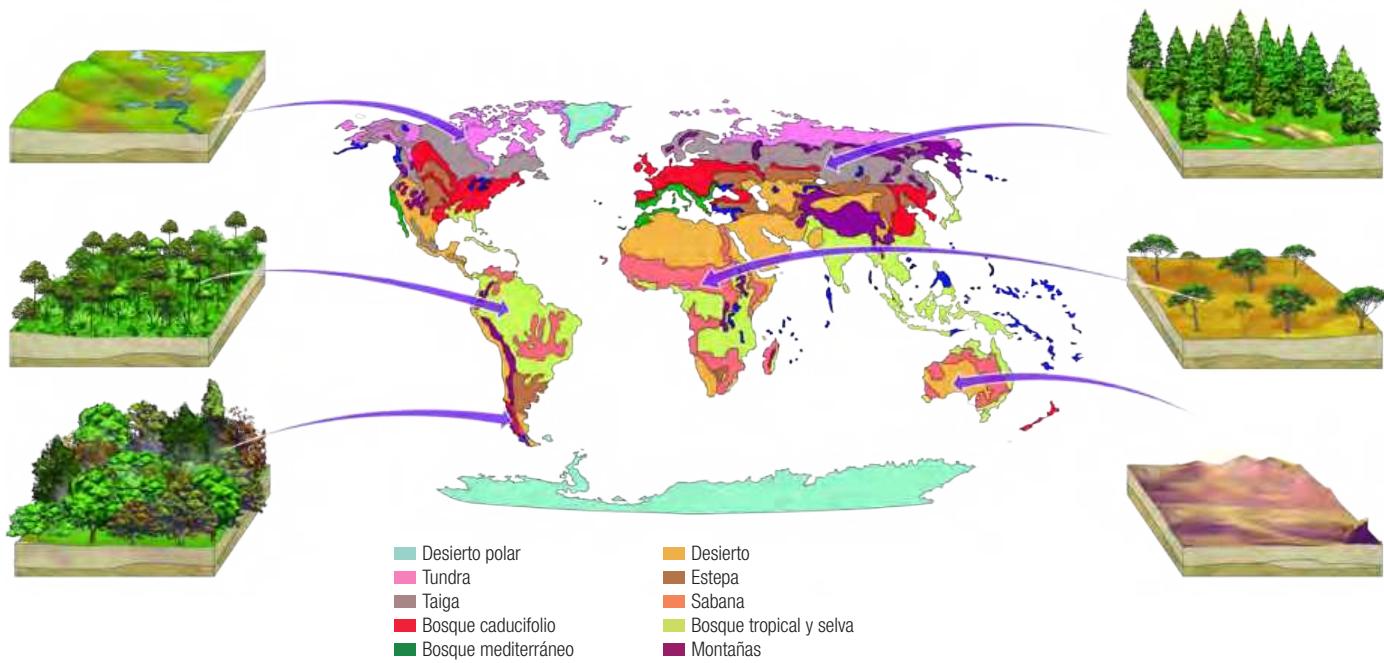
La gran diversidad de vida da cuenta no solo de la gran variedad de ambientes presentes, sino además de las interacciones entre las especies y de estas con su medio ambiente (biótico y abiótico), el que se ha modificado a lo largo de la historia de la Tierra debido, principalmente, a procesos tectónicos, de deriva continental, cambios climáticos, eventos catastróficos y últimamente también a la acción de los seres humanos. En esta unidad revisaremos algunos de los principales componentes y procesos que ocurren en la biosfera.

AYUDA

Se entiende como producción primaria la síntesis de materia orgánica que realizan los organismos autótrofos a través de los procesos de fotosíntesis o quimiosíntesis. La producción primaria es el punto de partida de la circulación de materia y energía en los ecosistemas.

Los **ecosistemas** están formados por componentes bióticos y abióticos del ambiente que interactúan entre sí mediante flujos de materia y energía. Su estructura, funcionamiento y tamaño son variables, pudiendo existir ecosistemas simples o complejos, en los que fluyen pequeñas o grandes cantidades de materia y energía, y ser tan pequeños como un estanque o abarcar todo nuestro planeta.

En un ecosistema la producción primaria depende de las condiciones bióticas (cantidad y tipo de plantas) y abióticas (disponibilidad de agua, luz y nutrientes) predominantes, así como de las interacciones entre estos componentes. En nuestro planeta, muchas de las condiciones abióticas cambian de acuerdo a patrones geográficos de gran escala, como latitud, altitud, relieve y distancia al mar, entre otras, por lo cual es posible encontrar zonas en las que las condiciones predominantes resultan similares. Una parte importante de las condiciones abióticas se relaciona con variables del tiempo atmosférico, como la temperatura y las precipitaciones, que determinan el **clima** de una zona. El clima, junto con la composición y naturaleza del suelo, determina en gran medida los tipos vegetales que pueden estar presentes y estos, a su vez, condicionan la cantidad y tipo de consumidores que puede mantener un sistema.



En nuestro planeta es posible distinguir ciertos ecosistemas de gran escala, denominados **biomas**, que pueden ser diferenciados principalmente a partir de las asociaciones de especies vegetales presentes.

Los principales biomas son: desierto, tundra, taiga, sabana, pradera, bosque templado lluvioso y bosque tropical lluvioso. Otras clasificaciones incluyen categorías como el chaparral (matorral), estepas, bosque caducifolio, bosque esclerófilo y subclasificaciones de los tipos principales de acuerdo a características locales.

Nuestro país es un buen ejemplo de la existencia de biomas e ilustra bien cómo estos dependen de la temperatura y de las precipitaciones, las que, a su vez, se relacionan con la latitud. En el norte, por ejemplo, donde la temperatura es alta y las precipitaciones bajas, aparecen los ecosistemas característicos del bioma de desierto. En la Zona Central, donde las temperaturas y precipitaciones son intermedias, se presentan ecosistemas característicos del matorral, sabana y bosque esclerófilo principalmente. Más hacia el sur, donde las temperaturas son aún más bajas, y las precipitaciones muy altas, dominan los ecosistemas de bosque templado lluvioso. Finalmente, al acercarnos a las latitudes más altas aparecen zonas de estepas y formaciones semejantes a la tundra.

Las comunidades que forman parte de los ecosistemas se organizan de acuerdo a las especies presentes, a las interacciones entre estas y el medio abiótico y a los flujos de materia y energía que ocurren al interior del ecosistema. Como veremos más adelante, una parte importante de la organización comunitaria tiene que ver con las relaciones que se establecen entre las especies que la conforman. Algunos de los cambios que en ellas ocurren son de naturaleza cíclica, como los cambios estacionales que se observan en las comunidades o los ciclos depredador-presa. Otros ocurren de forma azarosa, resultado, por ejemplo, de catástrofes ambientales como las erupciones volcánicas.

Finalmente, algunos cambios siguen un patrón direccional. Entre estos últimos se encuentra el fenómeno de **sucesión ecológica**, en el que se produce un cambio gradual en la diversidad y composición de las especies de la comunidad. Como veremos más adelante, las especies, mediante sus acciones vitales, son capaces de modificar su entorno y producir alteraciones en las condiciones ambientales. Algunas pueden tolerar condiciones desfavorables, lo que les permite colonizar ambientes inhóspitos. A estas se les denomina **especies pioneras** o **sucesionales tempranas** y generalmente son de pequeño tamaño y de alto potencial reproductivo. La presencia de estas altera las condiciones del ambiente, y muchas veces posibilita la entrada de nuevas especies, las que a su vez al modificar el ambiente hacen posible la entrada de otras y así sucesivamente. Las **especies sucesionales tardías** son aquellas que dominan el sistema en etapas posteriores y, usualmente, son más grandes y de bajo potencial reproductivo. En una sucesión estos cambios ocurren en una secuencia relativamente predecible y culminan en lo que se denomina **comunidad clímax**, la que está determinada por las condiciones predominantes del suelo y del clima.



Cuando la sucesión ocurre en un ambiente nuevo, donde no existe suelo formado, como una isla volcánica reciente, se denomina sucesión ecológica primaria.



Cuando la sucesión ocurre en un ambiente que ha sido perturbado, pero que tiene suelo, como un bosque quemado, se denomina sucesión ecológica secundaria. Ocurre más rápido que la primaria y las especies de las etapas iniciales pueden no estar presentes.

Para GRABAR

Los sistemas ecológicos son esencialmente dinámicos. Parte de los cambios que se observan dependen de las interacciones que se establecen entre las especies y su medio ambiente.

Interacciones biológicas al interior de las comunidades

Las especies que forman las comunidades pueden interactuar entre sí. Como resultado de estas interacciones, los individuos de estas especies pueden ver afectadas algunas de sus tasas vitales, como **supervivencia y/o reproducción**.

Si la interacción de los individuos de la especie A con los individuos de la especie B produce un beneficio a los individuos de A, diremos que la interacción es positiva (+) para A. Por el contrario, si esta interacción le produce un perjuicio, diremos que es negativa (-) para A. Si la interacción no produce ni beneficio ni perjuicio para A, diremos que para los individuos de esta especie la interacción es neutra (0). El mismo principio se cumple para la especie B, para la cual la interacción puede ser positiva (+), negativa (-) o neutra (0). Aun cuando en la naturaleza pueden interactuar dos o más especies, en términos prácticos las interacciones se definen entre pares de especies asociando los signos correspondientes a cada una de ellas.

Competencia (-/-)



▲ En la imagen se observa un ejemplo de competencia por interferencia entre leones y hienas.

AYUDA

El concepto de nicho ecológico incluye no solo a las funciones que desempeña una especie en su ambiente, sino también a todas sus necesidades y los rangos de tolerancia para cada una de las variables, abióticas y bióticas, que puedan resultar limitantes para su distribución.

En el contexto comunitario, este tipo de interacción ocurre cuando individuos de distintas especies comparten una necesidad por un recurso particular cuya disponibilidad es limitada. En estas condiciones, los individuos de las dos especies “competirán” por el acceso a este recurso y se verán perjudicados, incluso los “ganadores” de la interacción competitiva, porque debieron gastar energía extra para hacerlo.

La competencia puede manifestarse de dos formas generales. En la **competencia por interferencia**, los individuos se enfrentan directamente y se agreden o impiden físicamente que sus competidores accedan a un recurso. Por otro lado, en la **competencia por explotación**, las diferencias se establecen en la eficiencia de uso, siendo los más eficientes los que

obtienen la mayor cantidad del recurso y con ello el mayor beneficio, en desmedro de aquellos menos eficientes. En este último tipo de competencia los individuos interactuantes no necesitan encontrarse para competir, solo se requiere la **existencia de la necesidad común entre ellos y la disponibilidad limitada de recursos**.

El **principio de exclusión competitiva**, originalmente propuesto por Georgy F. Gause, plantea que si dos especies compiten por un **recurso limitado**, la más eficiente eliminará a la otra. Sin embargo, puesto que en general las especies no dependen de un solo recurso y la disponibilidad de estos es variada y variable en el tiempo y en el espacio, las especies tienden a lograr convivir. Sin embargo, esto no las libera de las presiones competitivas y, por ello, evolutivas impuestas por esta interacción.

Evolutivamente, la coexistencia entre las especies se posibilita mediante lo siguiente:

- La reducción del rango de utilización de los recursos: **restricción del nicho**. Por ejemplo, un depredador deja de consumir una especie de presa en presencia de su competidor.
- El desplazamiento en la utilización de un recurso: **desplazamiento del nicho**. Por ejemplo, dos especies de ave comen semillas de tamaño intermedio, pero cuando están juntas y compiten por este recurso, una come semillas grandes y la otra pequeñas.
- Separación en la forma de utilización de un recurso: **segregación del nicho**. Por ejemplo, animales que consumen un mismo recurso, pero unos tienen hábitos diurnos y otros nocturnos, o especies que están separadas geográficamente o viven en distintos hábitats.

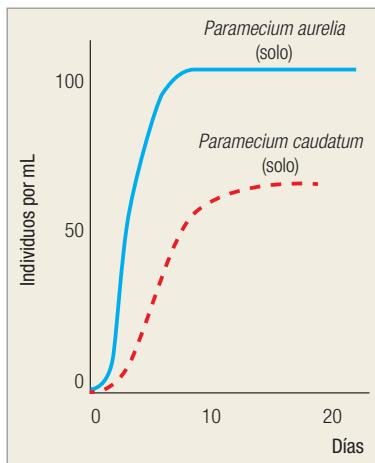
Por lo tanto, aun cuando en tiempo ecológico, a la escala temporal de vida de los organismos, la competencia puede ser vista como una interacción tendiente a disminuir la diversidad (principio de exclusión), en tiempo evolutivo, cientos a millones de años, la competencia tiende a producir diversidad.

Es probable que una gran parte de la diversidad específica de nuestro planeta se deba justamente al efecto de coevolución entre especies competitivas. La competencia es una fuerza selectiva muy importante, capaz de inducir cambios recíprocos en las especies involucradas.

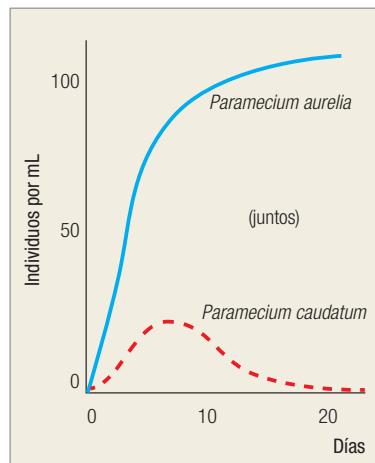
A ctividad

1. El siguiente experimento fue llevado a cabo por Georgy Gause en 1932. Analiza sus resultados y luego responde las preguntas planteadas a continuación.

Para estudiar la influencia entre diferentes especies de paramecios, Gause introdujo 20 ejemplares de cada especie en tubos de ensayo con 5 mL de una solución que contenía alimento en cantidad limitada y midió diariamente, en las condiciones que se indican, la cantidad de paramecios de cada especie por mililitro.



Experimento I.
Paramecium aurelia y *Paramecium caudatum*, en tubos separados.



Experimento II.
Paramecium aurelia y *Paramecium caudatum*, juntos en el mismo tubo.

- ¿Se trata de competencia intra o interespecífica? **Justifica**.
- ¿Los resultados dan cuenta de una evidencia de exclusión competitiva? Si es así, **explica**.
- ¿Se puede determinar si se trata de competencia por explotación o interferencia? **Argumenta**.

Depredación (+/-)

En las comunidades, la depredación ocurre cuando individuos de distintas especies interactúan mediante una relación de consumo en la que los individuos de una especie se alimentan de la otra. Esta interacción deriva en un beneficio (+) para la especie que se alimenta (depredadora) y en un perjuicio (-) para la especie consumida (presa).



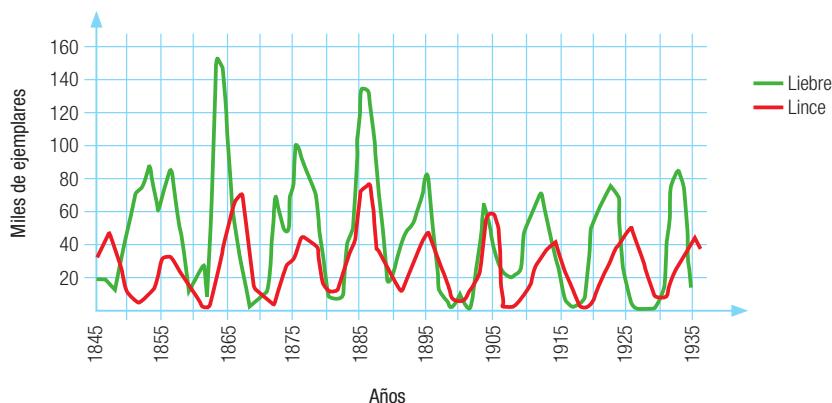
▲ Un guepardo en busca de su presa, un ñu.

- En el gráfico se observan oscilaciones en número de ejemplares de liebres y lince producto de las interacciones entre estas especies.

Las presiones selectivas producidas en este tipo de interacción pueden afectar evolutivamente a las especies involucradas. En general, las presas evolucionarán en direcciones que les permitan protegerse de los ataques de sus depredadores (huir, evitar, ahuyentar o resistir), y estos, a su vez, en direcciones que les posibiliten contrarrestar las defensas de sus presas. Si esta interacción es específica y recíproca, se habla de **coevolución**, proceso que estudiaremos más adelante.

Ciclos depredador-presa

Ecológicamente, las especies de depredadores y presas interactúan y se pueden generar ciclos en los que, inicialmente, al aumentar las presas se incrementan los depredadores. Esto a su vez hace que disminuyan las presas, y que como consecuencia los depredadores también lo hagan. El ciclo se cierra con el aumento de las presas producido por la reducción de los depredadores.



Ampliando MEMORIA

La depredación, por lo general, es descrita en las comunidades como el tipo de interacción en el que una especie se alimenta de otra. Sin embargo, en muchas especies de depredadores (carnívoros u omnívoros) algunos individuos son consumidos por otros de la misma especie. En la mayoría de los casos los adultos se alimentan de individuos más pequeños, débiles, enfermos o viejos. Cuando la depredación ocurre al interior de una especie se habla de canibalismo.

Aun cuando la depredación elimina individuos desde la población de presas, la mayor parte de las veces estos son individuos más débiles, enfermos o desfavorecidos, puesto que son más vulnerables. Por lo tanto, la depredación constituye una fuerza selectiva importante, y su efecto neto sobre la población de presas puede ser positivo al favorecer la supervivencia de los más aptos mediante la reducción de la competencia intraespecífica.



Lince



Liebre

Estrategias de escape utilizadas por las presas

Algunas especies de presas, a modo de estrategia, forman **grandes grupos de individuos**, los que se alimentan, protegen y viajan juntos. Ejemplo de esto son las migraciones de ñus en África o la formación de grandes cardúmenes de peces, como las sardinas. Al ser atacados, estos grupos de animales pueden desarrollar estrategias de movimiento coordinado, lo que confunde a los depredadores. En algunas especies, los individuos más jóvenes son protegidos por los adultos que se mueven en la zona exterior del grupo.

Otras estrategias de escape pueden incluir **estructuras de protección**, como cuernos (ciervos, gacelas, búfalos), espinas (puercoespines, erizos), armaduras (armadillos, pangolines), exoesqueletos (insectos, crustáceos) y conchas (moluscos), que les ayudan a protegerse de los ataques de sus depredadores. Algunas especies producen **compuestos tóxicos** (ranas, invertebrados, peces), de **mal sabor** (insectos, ranas) o de **mal olor e irritantes** (insectos, zorrillos). Finalmente, algunas especies usan el **imitismo** para engañar a sus depredadores.

Respuestas de los depredadores

Los depredadores pueden responder a los cambios numéricos de las presas y a estrategias utilizadas por estas para evitarlos. Veamos algunos ejemplos de ello.

Respuesta funcional y numérica

Cuando el número de presas se eleva, los depredadores pueden responder principalmente de dos maneras: aumentando la cantidad de presas capturadas y consumidas (funcional) y/o incrementando su número (numérica). Es probable que la primera sea la respuesta inicial y necesaria para que el aumento numérico ocurra. La mayor disponibilidad de energía que da el mayor número de presas capturadas la pueden utilizar las hembras para procrear y mantener un mayor número de crías por evento reproductivo, lo que se traducirá en un aumento de la abundancia poblacional.

Depredadores generalistas y especialistas

En las comunidades, cada nivel trófico posee un número variable de especies que se relacionan entre sí mediante interacciones de consumo, que pueden ser descritas como cadenas y tramas tróficas. A partir del segundo nivel trófico (consumidores primarios), cada uno de ellos se alimenta de los niveles precedentes. Los depredadores pueden responder a esta diversidad de presas mediante estrategias generalistas o especialistas. Los **generalistas** tienen la ventaja de acceder a un número mayor de presas, lo que les significa no depender exclusivamente de una especie para su subsistencia, pero la desventaja es que deben responder evolutivamente a las estrategias de escape de varias especies de presas simultáneamente, lo que puede reducir la eficiencia del depredador.



▲ Entre presas y depredadores ocurre una interacción biológica sumamente intensa, en la que el destino de ambas especies está mutuamente vinculado.



▲ Imagen de parasitoide. Sus larvas se alimentan dentro de la oruga.

Los **especialistas**, por su parte, tienen la ventaja de responder de manera más efectiva a las estrategias de escape de sus presas, pero, a su vez, la desventaja de depender de un número reducido de especies de presa para su subsistencia. Algunos depredadores pueden alternar entre estrategias generalistas o especialistas o incluso cambiar a estrategias omnívoras según la abundancia relativa de sus especies presa.

Parásitos, parasitoides e hiperparásitos

Estas especies se caracterizan por ser depredadores cuyo ciclo de vida está vinculado estrechamente al de otras especies.

En general, los parásitos no matan a su presa u hospedero, sino que se alimentan de ella por períodos extendidos de tiempo, llegando en algunos casos a establecer relaciones de por vida. Los parasitoides, por su parte, completan su fase larval al interior del hospedero y se alimentan de él. Esta relación culmina con la muerte de la presa y la eclosión del parasitode desarrollado.

Los hiperparásitos son parásitos de parásitos, por ejemplo, insectos que atacan a otros insectos.

Depredadores solitarios y gregarios

Al igual que las presas, los depredadores pueden actuar individualmente o en grupos. Algunas especies de depredadores se desenvuelven principalmente en forma solitaria, como los osos polares, leopardos, zorros y aves rapaces, entre otros. En estos casos, el depredador debe ser capaz de dominar a la presa por sus propios medios, lo que impone límites al tamaño de la presa que puede ser cazada. Algunas especies de depredadores, como lobos, leones, perros salvajes africanos y hormigas, entre otros, utilizan estrategias de cacería grupales, lo que en general les permite acceder a tamaños de presa mayores de lo que serían capaces de abordar en forma individual, con lo que no solo pueden obtener una mayor cantidad de alimento, sino que además amplían la variedad de presas posibles.



▲ Especies como los lobos utilizan estrategias grupales de caza que les permiten abatir presas de tamaño considerable.



▲ Las lechuzas son un ejemplo de depredador solitario.

Mutualismo y simbiosis (+/+)

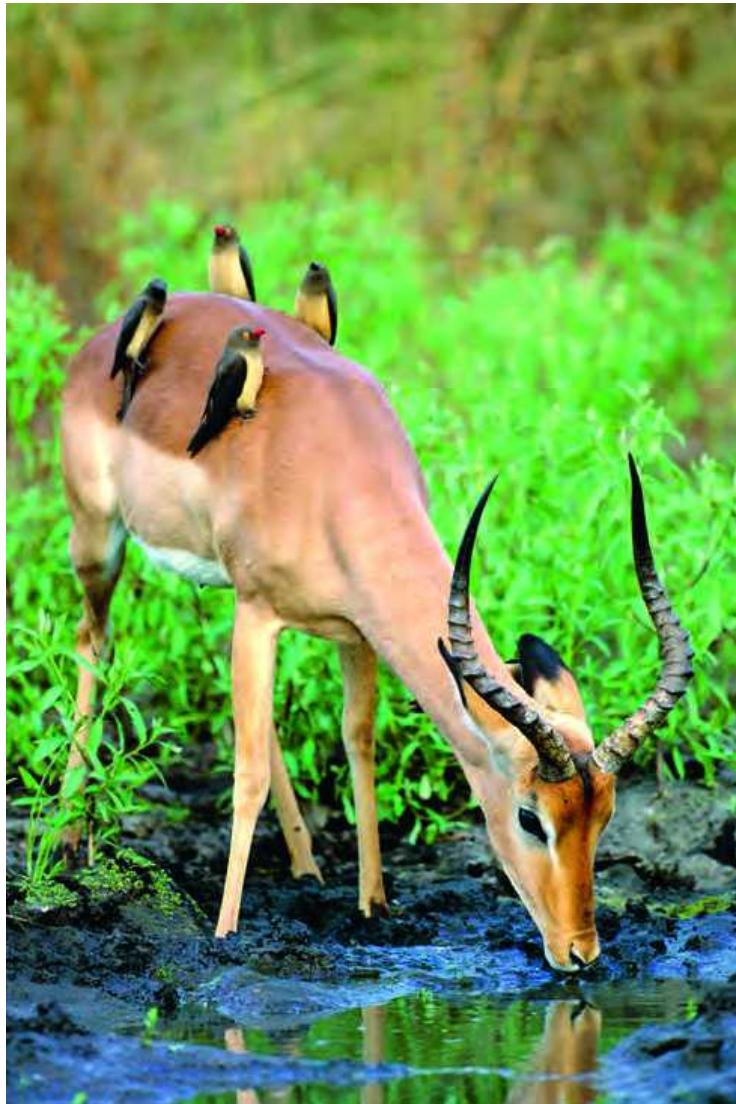
En las comunidades, algunas especies establecen relaciones de beneficio mutuo. En la mayoría de los casos estas son facultativas (pueden o no ocurrir), pero en otros son obligadas, en las que las especies, denominadas simbiontes, no pueden existir separadas. Históricamente, las relaciones más estudiadas han sido la competencia y la depredación, pero es probable que los mutualismos sean interacciones más comunes de lo que pensamos.

En términos generales, se pueden definir **mutualismos directos**, en que las especies que se benefician interactúan directamente entre ellas, y **mutualismos indirectos**, en los que el beneficio para ambas ocurre a través de la relación con otras especies intermediarias. Desde el punto de vista de la especificidad de la relación podrían ser también calificados como **mutualismos especializados** o **mutualismos difusos**. En el primer caso se constituyen relaciones entre dos especies, como ocurre con algunas plantas que dependen solo de una especie de polinizador. En el segundo, las relaciones se forman entre grupos de especies que comparten ciertas características. Por ejemplo, flores que pueden ser polinizadas por varias especies de insectos, los que a su vez pueden polinizar varias especies de flores.

Ampliando MEMORIA

Diversos autores utilizan el término **simbiosis** con sentidos relativamente distintos. Para algunos es sinónimo de mutualismo. Para otros (como lo definimos en este texto) corresponde a un mutualismo obligado en el que las especies no pueden vivir la una sin la otra. Y hay otros que, utilizando un contexto más amplio, consideran como simbiosis cualquier relación estrecha entre especies, sean estas positivas o negativas. Para los que adhieren a esta última visión, interacciones como el parasitismo, el comensalismo y el mutualismo son todas relaciones simbióticas.

Ejemplos de mutualismo



Si ampliamos aún más nuestra visión, es posible que podamos distinguir aspectos mutualistas en muchas de las relaciones entre especies que ya hemos analizado, como casos de competencia, depredación o parasitismo. Por ejemplo, la herbivoría puede ser considerada como un caso particular de depredación (relación +/-) y, por lo tanto, dar por sentado que la especie presa se ve perjudicada por la relación con su depredador. Sin embargo, se sabe que:

- las fecas de los herbívoros son una rica fuente de nutrientes para las plantas.
- muchos herbívoros actúan como agentes dispersores de las semillas y por ende reducen la competencia.
- la saliva de algunos herbívoros estimula el crecimiento de ciertas plantas.
- los depredadores, al consumir a las especies dominantes y, por lo tanto, superiores competitivamente, dejan espacio para otras especies inferiores en la jerarquía competitiva.

AYUDA

El amensalismo es un tipo de interacción biológica que se produce cuando un organismo se ve perjudicado en la relación (-) y el otro no experimenta ninguna alteración, es decir, la relación le resulta neutra (0). Por ejemplo, en los bosques hay árboles de mayor tamaño (0) que impiden la llegada de luz solar a las hierbas que se encuentran a ras de suelo (-), las que no afectan en nada la supervivencia de los árboles de mayor tamaño.

El comensalismo es un tipo de interacción biológica que se produce cuando un organismo obtiene un beneficio de la relación (+) mientras que el otro no se ve ni perjudicado ni beneficiado (0). Por ejemplo, los buitres (+) se alimentan de los restos de los animales que fueron cazados por grandes depredadores, como los felinos (0).

Todas estas interacciones generan efectos positivos, por lo que debieran ser analizadas desde el punto de vista de los mutualismos.

Actividad

1. Completa la siguiente tabla con los signos (+), (-) o (0) según corresponda.

| Tipo de interacción | Relación entre las especies | |
|---------------------|-----------------------------|-----------|
| | Especie A | Especie B |
| Competencia | | |
| Depredación | | |
| Parasitismo | | |
| Simbiosis | | |
| Mutualismo | | |

2. A partir de los siguientes ejemplos, identifica en cada caso a qué tipo de interacción biológica corresponde, cuáles son las especies involucradas y el efecto en ellas, tal como indica el ejemplo 1.

| Ejemplos | Especie B | Especie A | Interacción |
|--|-----------|-----------|-------------|
| 1. Los líquenes están formados por la asociación entre un hongo y un alga, en la que el hongo aporta la protección y el alga su capacidad fotosintética. | Hongo (+) | Alga (+) | Simbiosis |
| 2. Las tenias son gusanos que carecen de sistema digestivo y se alimentan absorbiendo nutrientes desde el intestino de otros animales, lo que causa una enfermedad en el huésped. | | | |
| 3. Las vacas se alimentan de organismos fotosintetizadores como el pasto. | | | |
| 4. Los leones y los guepardos se alimentan de las mismas presas y por lo general se distribuyen separadamente en la sabana. | | | |
| 5. El pez payaso vive en la anémona de mar, la cual lo protege de depredadores, y los peces payaso protegen a las anémonas de otros peces y parásitos, aunque no es una relación obligada. | | | |

Coevolución

A escala ecológica, las interacciones que ocurren al interior de las comunidades pueden producir cambios en las tasas de reproducción y/o mortalidad de los individuos de las especies interactantes y con ello diferencias en términos poblacionales y evolutivos.

Las diferencias existentes a nivel individual determinan que los organismos al interior de las poblaciones respondan de manera distinta a las presiones del medio ambiente. Las interacciones biológicas pueden ser pensadas como presiones ambientales, al igual que los factores abióticos, y, por tanto, funcionar como **factores de selección** en las comunidades, capaces de producir cambios a escala evolutiva en las poblaciones que las constituyen. Así, las especies con las que interactúa una especie cualquiera inducirán cambios al interior de ella, y esta a su vez lo hará en sus especies interactantes. Este proceso de evolución mutua, en el que una especie promueve cambios en otra y viceversa se conoce como **coevolución**.

Los cambios coevolutivos pueden involucrar especies de todos los reinos, y su origen puede estar en cualquiera de las interacciones ya estudiadas, tales como competencia, depredación (herbivoría, carnivoría y parasitismo) e interacciones positivas, como el mutualismo. Lo único que se requiere es que exista una interacción mutua entre las especies y que esta sea importante para las especies en términos adaptativos, es decir, que tenga un componente heredable que pueda ser objeto de selección natural.

Entre los ejemplos más conocidos de coevolución entre plantas y animales se encuentran la polinización y la dispersión de semillas. El origen de ambos tipos de coevolución está en las relaciones de tipo mutualista entre las especies. Cuando dos especies se benefician mutuamente de una relación, cualquier cambio en una de ellas tiene un efecto potencial positivo o negativo sobre la otra.

La **polinización** implica la evolución de flores en las plantas y de adaptaciones morfológicas y conductuales en los animales.

La **dispersión de semillas** conlleva la evolución de distintos tipos de frutos y sus mecanismos de defensa de las semillas y las adaptaciones anatómicas, fisiológicas y conductuales en los animales que favorecen la dispersión.

Entre animales también existen casos de coevolución. Algunos de los ejemplos más notables ocurren entre depredadores y presas. Como ya se discutiera, las estrategias de presas y depredadores involucran un ajuste fino y la mantención de cierto equilibrio de fuerzas a fin de conservar esta relación en el tiempo. Ninguna de las dos especies puede ganar en esta “batalla”, porque esto significaría la desaparición de la otra. Esto se conoce como “carrera armamentista”, en la que cada nueva estrategia del “enemigo” es parcialmente neutralizada por una nueva estrategia de su antagonista.



▲ Las flores del higo han coevolucionado con ciertas especies de avispas enanas (microhimenópteros), de forma tal que solo pueden ser polinizadas por ellas.

Ampliando MEMORIA

La simbiosis observada entre algunas especies de algas y hongos, capaces de formar organismos como los líquenes, es un ejemplo extremo de coevolución, en la que la existencia de este tipo de organismos depende de la presencia obligada de las especies que constituyen esta asociación. Las relaciones evolutivas entre las especies que conforman el par simbiótico no han sido totalmente dilucidadas hasta hoy y constituyen una línea de investigación muy interesante.



ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Procedimiento experimental.
4. Obtención de resultados.
5. Interpretación de resultados.
6. Elaboración de conclusiones.

¿QUÉ ES UNA CONCLUSIÓN?

Es una afirmación que se hace a partir de las evidencias e interpretaciones que entrega el desarrollo de un trabajo de investigación.

PASOS PARA ELABORAR UNA CONCLUSIÓN

Paso 1: revisar si la hipótesis es correcta o no según los resultados obtenidos y su interpretación.

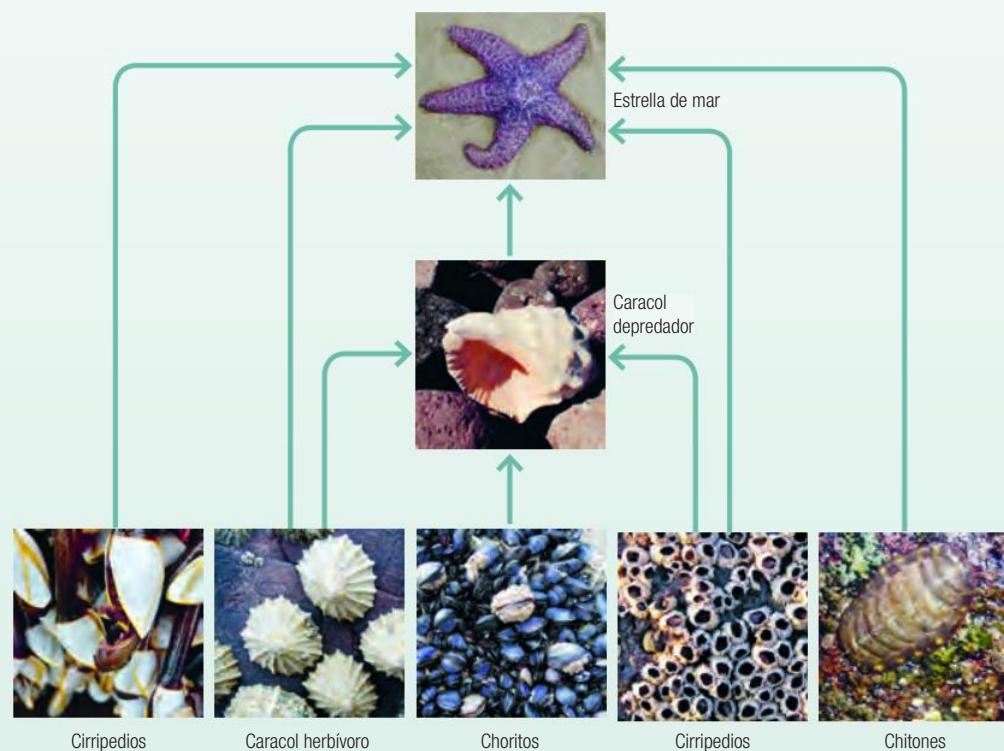
Paso 2: establecer la relación entre la hipótesis y la interpretación de los resultados de la investigación.

Paso 3: formular una afirmación que explique la relación entre la hipótesis y la interpretación de los resultados obtenidos.

Planteamiento del problema

Como ya hemos visto, la biodiversidad de un determinado lugar se ve afectada por factores abióticos, como la temperatura ambiental, pero también por factores bióticos, como la competencia entre organismos. Robert Paine, en 1966, se dedicó a estudiar el efecto de los depredadores sobre la diversidad de la zona intermareal en la costa de Washington. Inesperadamente, él observó que la diversidad en la zona intermareal disminuía a medida que decrecía el número de depredadores. Estudiemos su experimento y veamos cómo se explican sus resultados.

A continuación se observa una red trófica presente en la zona intermareal de la costa de Washington, donde coexisten principalmente choritos (*Mytilus*), cirripedios (*Balanus*), varias especies de gastrópodos, entre ellas un caracol depredador (*Thais*), y la estrella de mar *Pisaster ochraceus*, especie que depreda a todas las anteriores.



Paine se preguntó qué sucedería con el resto de los organismos de la trama trófica si sacaba a los individuos de la especie depredadora *Pisaster ochraceus* (la estrella de mar).

Formulación de hipótesis

Formula una hipótesis sobre lo que podría ocurrir con el número de las otras especies al sacar a este depredador.

Procedimiento experimental

Paine llevó a cabo su experimento en la zona intermareal de la costa de Washington. Delimitó un área de $8 \times 2 \text{ m}^2$ de la que extrajo las estrellas de mar, y en el transcurso de un año fue estudiando qué sucedía con la diversidad existente en comparación con un sector del mismo tamaño, pero que se mantuvo sin intervención.

Obtención de resultados

Este investigador observó que la zona intermareal que se mantuvo sin estrellas de mar presentó muchos cambios en comparación con aquella que no fue intervenida.

A los tres meses de haber removido las estrellas de mar, los cirripedios ocuparon entre el 60 y el 80% del espacio en estudio. A los nueve meses, los choritos eran la especie predominante. Así se mantuvo la distribución, hasta que cada vez menos especies ocuparon el área y desaparecieron algunas algas que eran claves para la supervivencia de otras especies. Sorprendentemente, al año de haber eliminado las estrellas de mar del área de estudio, el número de especies había disminuido de 15 a 8.

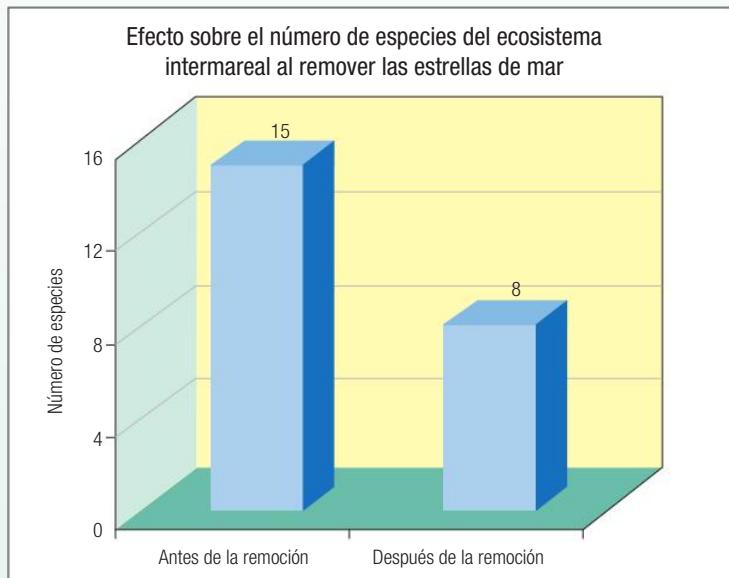
Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones

¿Cómo se pueden interpretar los resultados obtenidos? Al estar ausente una especie como la estrella de mar, que depreda a todas las demás, se observa una competencia por el espacio entre las otras especies. Tal como se menciona en los resultados, al comienzo los cirripedios predominaron, pero luego los choritos los desplazaron en número. Esto se explica porque los choritos requieren de un sustrato para asentarse, y en este caso se ubicaron entre los cirripedios, compitieron por el espacio disponible y terminaron excluyendo a estos últimos de la comunidad.

- Con la información obtenida, ¿cómo podrías explicar la disminución en el número de especies a causa de la remoción de las estrellas de mar?
-
-
-

- ¿Hubiese sucedido lo mismo al remover cualquier especie de la trama trófica? Para responder esta pregunta, primero lee la información de la sección *Ayuda*.
-
-
-

- Elabora una conclusión que relacione la hipótesis que habías propuesto inicialmente con los resultados que acabas de estudiar.
-
-
-



AYUDA

Gracias a los resultados obtenidos, Paine acuñó el concepto de **especie clave**. En este ejemplo, la estrella de mar actúa como un regulador del sistema, ya que tiene un efecto ecológico que supera a lo que sucede con el efecto que tiene la presencia o ausencia de cualquier especie en un ecosistema. En este caso, unos pocos ejemplares tienen un efecto que es desproporcionado con respecto a su número, de ahí que sea considerado como un depredador clave.

Interacción de las poblaciones biológicas con el ambiente

Los individuos de todas las especies interactúan con el medio ambiente al interior de las poblaciones. Algunas de estas interacciones se dan con los **componentes bióticos** y otras se establecen con los **componentes abióticos** del sistema. Cuando por efecto de estas interacciones se ven afectadas la supervivencia o la reproducción de los individuos involucrados, y comprende rasgos que son heredables, existe la posibilidad de que actúe la selección natural y ocurra evolución.

Selección natural

Desde que Darwin propusiera su teoría de la evolución, los conceptos de lucha por la existencia y selección natural han sido ampliamente discutidos y analizados. La lucha por la existencia se manifiesta a nivel individual, porque son los organismos individuales los que pueden tener un mayor o menor éxito reproductivo de acuerdo a sus características; se presenta de diversas formas, y considera muchas veces interacciones con distintos componentes del medio ambiente o agentes de selección, algunos de ellos abióticos y otros bióticos.

Por ejemplo, un organismo debe “luchar” por sobrevivir a las condiciones abióticas, generalmente cambiantes, de temperatura, salinidad, humedad, pH, contenido de gases del medio, entre otras. Sin embargo, en forma concomitante, el mismo organismo debe “luchar” con ciertos componentes bióticos del ambiente, como son los miembros de su propia especie, con los que compite, e individuos de otras especies, algunos de los cuales son competidores, otros son sus presas y otros sus depredadores. La selección natural resultará de esta lucha por la existencia en la que los mejor dotados o más aptos producirán una mayor descendencia.

Competencia intraespecífica

La competencia es una interacción en la que todos los individuos que participan se ven perjudicados. Tal como estudiamos en el caso de las comunidades, incluso los que “ganaron” la competencia “ pierden”, porque han necesitado usar energía o tiempo que podrían haber utilizado en su propio beneficio para superar a sus adversarios.



▲ Ejemplo de competencia entre individuos de una misma especie por el alimento.

En general, el grado de limitación de los recursos se relaciona con la abundancia de los mismos y con el número de individuos que hace uso de estos. Cuando la competencia es intensa al interior de las poblaciones, la tasa de crecimiento de las mismas, esto es, el número de organismos nuevos que se adicionan a la población por unidad de tiempo, tiende a disminuir. Esto ocurre porque si los recursos son escasos, también lo serán los recursos disponibles para la reproducción y la mantención de nuevos individuos.

Al interior de las especies la competencia ocurre muy intensamente. Recordemos que en las comunidades las especies compiten cuando comparten una necesidad por algún recurso escaso. En el caso de la competencia intraespecífica, el grado de similitud en términos de necesidades es máximo. En general, todos los organismos de una especie tienen las mismas necesidades básicas que deben ser satisfechas. Sin embargo, como los recursos son limitados, los individuos deben competir unos con otros por la obtención de estos. Así, dentro de las especies, los mejor dotados tienden a dejar más descendencia, porque el mayor acceso a los recursos

facilita una sobrevida y descendencia más abundante. Como ya dijéramos, esta es la base de la lucha por la existencia y de la selección natural, motores del cambio evolutivo. Por lo tanto, evolutivamente la competencia intraespecífica conlleva modificaciones al interior de las poblaciones y esto eventualmente puede derivar en especiación.

Interacciones con otras especies

Ya hemos discutido lo que ocurre a nivel de comunidades cuando las especies interactúan. Ahora veremos con un poco más de detalle lo que sucede al interior de las poblaciones de las especies cuando interactúan con otras.

Cuando una población de una especie cualquiera dentro de la comunidad o ecosistema interactúa con otras, se producen cambios al interior de ambas. La magnitud de estos cambios y sus consecuencias dependen de la intensidad con la que ocurre la interacción y del tipo de interacción del que se trate, y en muchas ocasiones de la densidad o número de individuos por unidad de área o volumen, por lo que son **densodependientes**.

A continuación revisaremos algunas consecuencias o efectos de las principales interacciones entre especies en las poblaciones interactuantes.

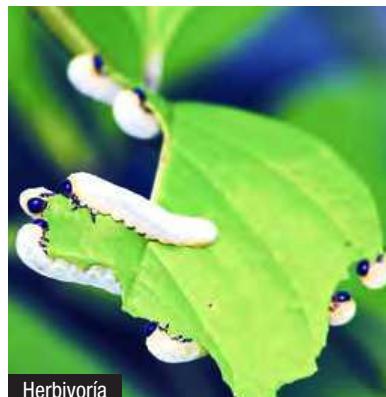
Interacciones negativas: competencia, depredación, herbivoría, parasitismo y amensalismo

Como ya vimos en las comunidades, estas interacciones producen efectos al interior de las poblaciones, los que son adversos en el caso de aquella que se ve perjudicada, ya sea por la pérdida de energía o de acceso a los recursos (competencia, amensalismo) o por la merma de individuos o biomasa desde la población (depredación, parasitismo y herbivoría). En general, estas pérdidas de presas y hospederos se manifiestan como una reducción del tamaño poblacional o de su tasa de crecimiento, lo cual, en el caso de los ciclos depredador-presa, puede presentar un comportamiento ondulatorio, en el que los tamaños poblacionales sufren aumentos y disminuciones a través del tiempo como producto de las interacciones entre las especies.

Ejemplos de interacciones negativas



Amensalismo



Herbivoría



Parasitismo

Interacciones positivas: mutualismo y comensalismo

Cuando las interacciones afectan de manera positiva a las especies, esto produce una mejora de las condiciones ambientales para los individuos al interior de una población. Este efecto muchas veces se manifiesta como una disminución de la mortalidad y/o un aumento de la tasa reproductiva.

Una disminución de la mortalidad puede beneficiar a un grupo etario específico. Generalmente, las edades más vulnerables son las más tempranas o tardías en el ciclo de vida de las especies, pero es en las edades tempranas en las que una disminución de la mortalidad tiene mayor efecto. Si aumenta el número de individuos que llega a la edad reproductiva, mayor será el potencial de crecimiento poblacional. Por otra parte, disminuciones de la mortalidad a edades tardías pueden no resultar en un beneficio poblacional.

Si los individuos sobreviven más allá de la edad reproductiva, solo contribuyen al envejecimiento de las poblaciones y a un aumento de la competencia intraespecífica. Sin embargo, si los individuos mantienen su capacidad reproductiva, contribuyen al potencial de crecimiento poblacional y se mantienen como sujetos de selección natural. También puede suceder que estos cambios no sean perceptibles debido a los efectos de interacciones negativas, como la competencia intraespecífica, interespecífica, depredación o parasitismo.

Pensemos que en una comunidad cada especie interactúa con muchas otras. Por lo tanto, lo que podemos observar es el resultado global de las interacciones a las que la especie está expuesta. En cada momento, el balance entre estas fuerzas (positivas y negativas) dará como resultado que las poblaciones aumenten o disminuyan su tamaño. Esto también puede ayudar a entender cómo en determinadas circunstancias una misma población cambia su tamaño o permanece estable.

Analicemos el siguiente ejemplo:

Una población de una especie herbívora (H_1) se alimenta de cierta planta (P); además, compite con otra especie de herbívoro (H_2) y es depredada por una especie (D) y parasitada por otra especie (Pa). Si la intensidad de cualquiera de estas interacciones se altera, se producirá un cambio en la población de (H_1). En este caso, supongamos que las plantas (P) disminuyen su tasa de crecimiento durante el invierno. Esto provocará un aumento en la competencia intraespecífica de (H_1) e interespecífica con (H_2), lo que llevará a un descenso en su tasa de crecimiento, aun si el resto de las interacciones se mantienen inalteradas (D y Pa).

Interacciones con el medio abiótico

Además de la interacción con otras especies, estas también interactúan con los componentes abióticos del ambiente. A diferencia de las interacciones entre especies, muchas veces los efectos no son reciprocos. Por ejemplo, la temperatura del medio es un factor de vital importancia para los seres vivos. Sin embargo, la mayor parte de las veces es poco el efecto que puede ejercer una especie sobre la temperatura ambiental. Además, por lo general, el efecto de estos factores no depende de la densidad de las poblaciones involucradas y, por lo tanto, sus efectos son **densoindependientes**.

No siempre las interacciones entre el medio ambiente y los individuos de una especie son unidireccionales. En ciertas ocasiones, influye no solo el medio abiótico en las especies, sino que estas son capaces de alterar algunos componentes de él en su propio provecho, con lo que causan beneficios o perjuicios sobre otras especies de la comunidad. Cuando esto sucede, la especie es capaz de alterar ciertas variables del medio abiótico producto de su metabolismo, de sus acciones o por su sola presencia. Pensemos, por ejemplo, en un árbol en cuyo entorno cambian las condiciones de temperatura, humedad e iluminación. Estos cambios resultarán beneficiosos para algunos organismos y perjudiciales para otros.

Los organismos denominados **bioingenieros** hacen justamente esto en una escala un poco mayor. Mediante sus acciones vitales son capaces de alterar de forma importante su entorno, cambiando no solo algunas condiciones del medio abiótico, sino que, además, en muchos casos, generando nuevo hábitat para otros individuos de su propia especie u otras especies de la comunidad.

Si reflexionamos de manera más amplia, en realidad esto no es tan raro, ya que los seres vivos intercambian materia y energía con el ambiente y como producto de su metabolismo producen sustancias de desecho que lo alteran. Esta alteración puede ser apropiada o no para otros organismos, incluidos los de su propia especie. Recordemos la gran transformación que ocurrió cuando los primeros seres fotosintetizadores comenzaron a liberar oxígeno a la atmósfera. Esto cambió radicalmente el entorno para los organismos existentes, lo que creó nuevas presiones de selección y alteró para siempre la historia evolutiva de nuestro planeta.



▲ Las catástrofes naturales, como los incendios, actúan como factores densoindependientes, pues su efecto no se relaciona con la densidad de las especies presentes.



▲ Las termitas son un ejemplo de organismos bioingenieros. En la imagen se observa un termitero gigante en Uganda.

Nicho ecológico

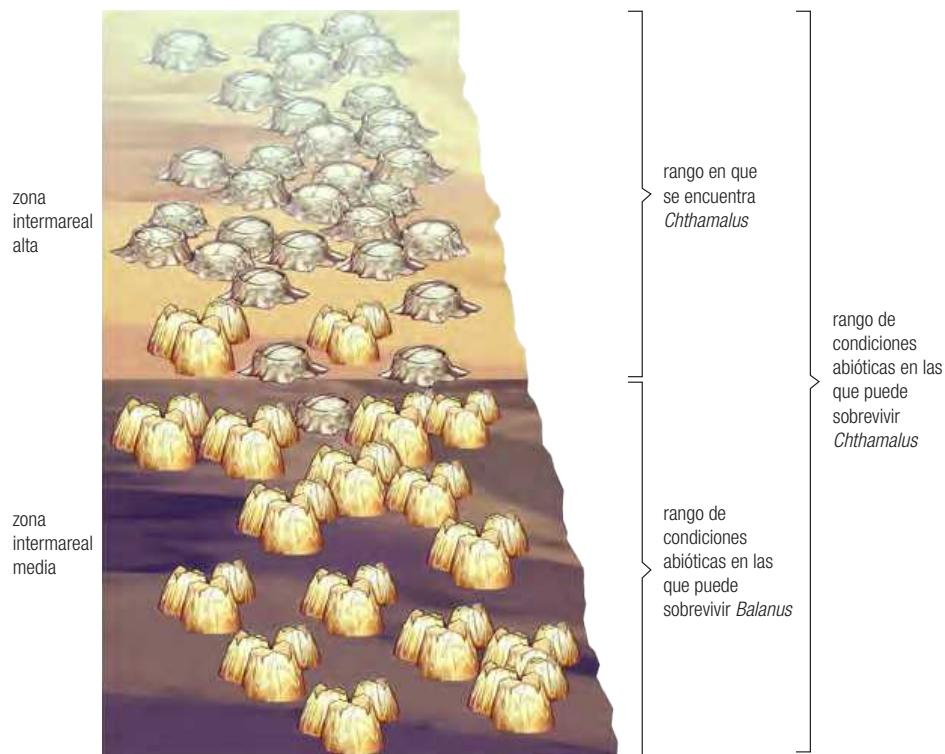
Analicemos este concepto considerando el ejemplo que ya estudiamos en la sección *Incializando*. Los cirripedios de la especie *Chthamalus* viven en un rango restringido de la zona intermareal alta. Sin embargo, los experimentos realizados por Connell demuestran que pueden vivir en un rango más amplio, y que su distribución observada se relaciona con factores abióticos, como la desecación, y con factores bióticos, como la competencia con otras especies de cirripedios (*Balanus*). Estos y otros factores son agentes de selección para las poblaciones.

Hay rangos en los que la población puede existir y la combinación de varios de estos factores determina condiciones óptimas para una especie en particular. Por ejemplo, si consideramos el efecto de la desecación sobre las poblaciones de *Chthamalus*, veremos que la especie tiene la capacidad de tolerar un rango amplio de esta variable. Por otra parte, cuando analizamos la interacción con su especie competitora (*Balanus*), veremos que su rango de distribución se ve restringido. Esto es porque *Chthamalus* tiene una menor capacidad competitiva que *Balanus* y es excluido en la zona intermareal baja.

Aun cuando nuestro ejemplo solo considera dos factores, si ampliamos esto a la totalidad de los agentes de selección, llegamos al concepto de nicho. El **nicho fundamental** de una especie estará constituido por el conjunto de factores ambientales que determinan la distribución de un organismo. El **nicho efectivo o realizado** será una parte restringida del nicho fundamental que se manifiesta debido a las interacciones con otras especies.

Actividad

1. Observa la imagen y luego responde las preguntas.



- a. ¿Cuál es el nicho fundamental de *Chthamalus*? **Identificalo** en la imagen.
- b. ¿Cuál es el nicho efectivo de *Chthamalus*? **Identificalo** en la imagen.
- c. Define a partir del ejemplo y con tus propias palabras los conceptos de competencia interespecífica y exclusión competitiva.

Reproducción y mortalidad

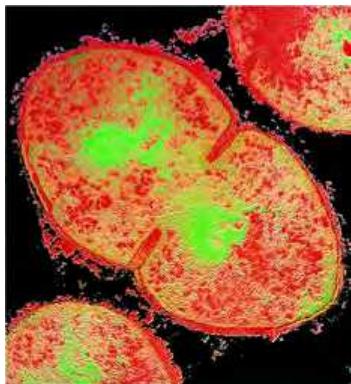
Dentro de las poblaciones, los procesos de **reproducción** y **mortalidad** tienen especial relevancia, puesto que estos son los principales motores de cambio del tamaño poblacional. Si excluimos los procesos migratorios hacia la población o desde ella (inmigración y emigración, respectivamente), entonces su crecimiento o su decrecimiento dependerán exclusivamente del balance entre los nacimientos y las muertes al interior de esta. Así, si las muertes superan a los nacimientos, la población decrecerá y, por el contrario, si los nacimientos superan a las muertes, la población aumentará su tamaño.

Reproducción

La reproducción o producción de nuevos individuos a partir de los organismos existentes es la base del aumento numérico en todas las especies. En términos generales, la reproducción puede ser de tipo asexual o sexual.

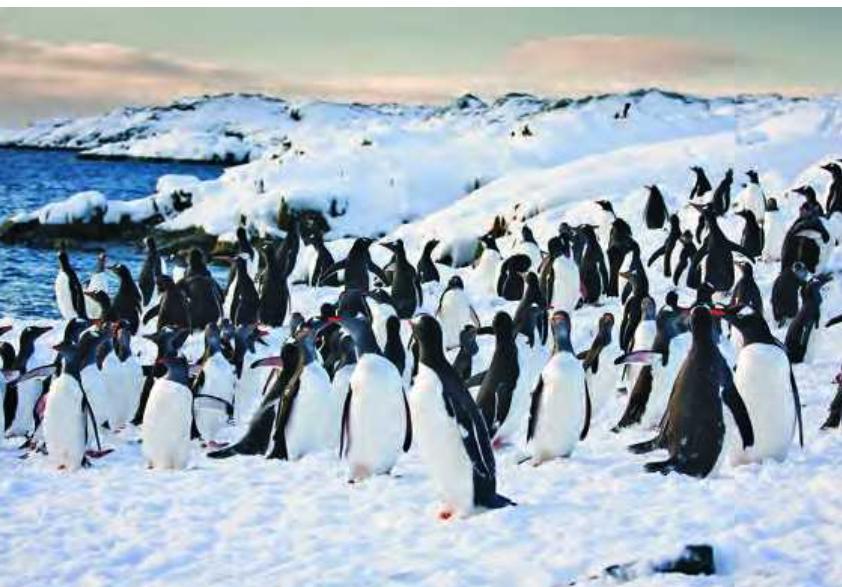
En la **reproducción asexual** los nuevos individuos se generan como réplicas (clones) de los individuos existentes. En este tipo de reproducción el número de crías está limitado principalmente por la biología de la especie y por las estrategias y formas de reproducción asexual que esta tenga. Dependiendo de lo anterior, un organismo asexual puede reproducirse por **bipartición** (el individuo se divide en dos), **esporulación** (se producen esporas asexuales por mitosis), **gemación** (aparecen yemas que se desarrollan y dan origen a un nuevo organismo), **fragmentación** (un fragmento del individuo es capaz de formar un nuevo individuo), **partenogénesis** (las hembras producen crías a partir de huevos no fecundados), entre otras. Independiente de cómo se realice, la reproducción asexual origina copias de los organismos involucrados en el proceso reproductivo (clones), razón por la que no se produce variabilidad al interior de las poblaciones, salvo que ocurran mutaciones.

En la **reproducción sexual**, por otra parte, los individuos se generan por la unión de células reproductivas especializadas (gametos) provenientes de dos progenitores distintos. Para que esto sea posible, los gametos han sufrido una reducción de su material genético durante la meiosis. Luego, al fusionarse durante el proceso conocido como fecundación, forman un cigoto, en el que se reconstituye la ploidía o número de cromosomas característico de la especie. Además, en la formación de los gametos, el material genético contenido en las células es reorganizado mediante los procesos de entrecruzamiento o *crossing-over* y la segregación de los cromosomas homólogos, lo que, junto con la mezcla de materiales genéticos provenientes de los progenitores, produce una gran cantidad de variabilidad al interior de las poblaciones.



▲ Un ejemplo de organismos con reproducción asexual son las bacterias.

En cada evento reproductivo, el número de adiciones a la población dependerá del número de hembras fértiles y del número de crías producidas por cada hembra. A nivel poblacional, el crecimiento durante un cierto período dependerá también del número de eventos reproductivos que hayan ocurrido en ese tiempo. Además, para cada especie, la capacidad reproductiva estará dada por el número de eventos reproductivos durante la vida de cada hembra, la frecuencia de los eventos reproductivos, la edad de madurez, la longitud del período fértil, entre las características más importantes.



◀ Un ejemplo de organismos con reproducción sexual son los pingüinos.

Mortalidad

La muerte de organismos dentro de una población es un fenómeno que afecta a todas las poblaciones de seres vivos.

La mortalidad puede ocurrir en cualquier momento de la vida de un organismo y por diversas razones. Sabemos que los individuos pueden morir debido al deterioro causado por la vejez, por enfermedades, por inanición, depredación y condiciones ambientales, entre otras. Independiente de la causa que la produzca, su efecto inmediato es una reducción en el número de individuos de la población. Sin embargo, por lo general, las diversas fuentes de mortalidad tienden a actuar de manera distinta, dependiendo, entre otras cosas, de la edad y estado nutricional de los individuos y de las condiciones ambientales en que se encuentre la especie, como la estación del año, entre otras.

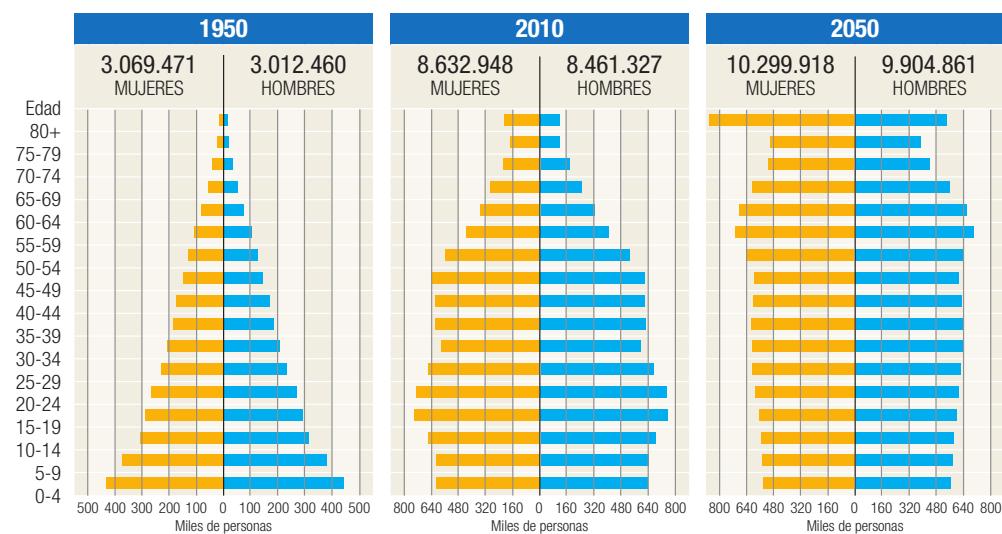
Las condiciones ambientales abióticas y enfermedades, por ejemplo, tienden a ser particularmente importantes como fuentes de mortalidad tanto a edades tempranas como tardías del ciclo de vida de los organismos, lo que además depende de qué tan benigno o inhóspito sea el ambiente en que se encuentren las poblaciones.

Las distintas especies presentan características que las hacen más propensas a algunas fuentes de mortalidad que a otras. Esto, además, es contrarrestado mediante estrategias tendientes a reducir el efecto de las fuentes de mortalidad sobre sus poblaciones. Sobre estas estrategias hablaremos más adelante.

Pirámides de edad

El balance entre los procesos de reproducción y mortalidad que ocurren al interior de las poblaciones en forma periódica o continua determina no solo las tasas de crecimiento poblacional, sino que la **estructura de edades** de las poblaciones, llamada también **estructura etaria**. Esta puede ser representada mediante gráficos conocidos como **pirámides de edad**, y la forma de estas permite predecir el potencial de crecimiento poblacional. Pirámides con bases anchas son características de poblaciones con alto potencial de crecimiento, en tanto que pirámides con bases estrechas están presentes en poblaciones con menor potencial de crecimiento o que están disminuyendo su tamaño poblacional. Por ejemplo, la población chilena pasó de una alta tasa de crecimiento a una tasa de crecimiento moderada, y se espera que hacia mediados de este siglo la población se estabilice, tal como se observa en los siguientes gráficos:

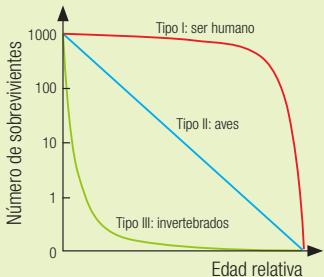
La evolución de la sociedad nacional en cien años

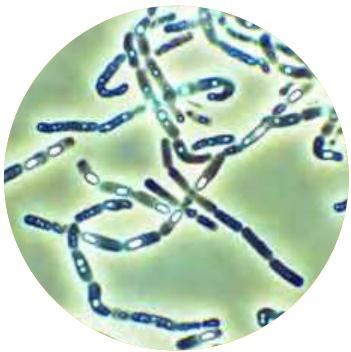


Curvas de supervivencia

Las curvas tipo I son características de especies en que la mortalidad temprana tiene poco efecto y la mayoría de los individuos muere a edad avanzada. Las curvas tipo II pueden ser observadas en especies en las que la tasa de mortalidad es relativamente constante a través de la vida de los organismos. Las curvas tipo III son propias de especies que presentan altas mortalidades iniciales y muy bajas mortalidades a partir de cierta edad o tamaño.

Especies representativas de los distintos patrones

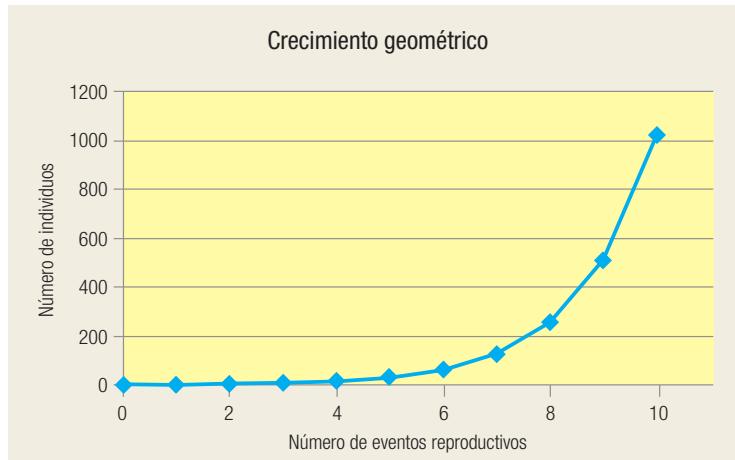




Crecimiento poblacional

Las poblaciones pueden aumentar o disminuir de tamaño dependiendo del balance de procesos que incrementan el tamaño poblacional, como la reproducción y la inmigración, y de procesos que disminuyen el tamaño poblacional, como la mortalidad y la emigración. A continuación estudiaremos dos de los principales modelos capaces de explicar el crecimiento poblacional.

Crecimiento geométrico y exponencial: cuando los recursos son ilimitados



| Evento reproductivo | n.º de individuos | n.º de nuevos individuos |
|---------------------|-------------------|--------------------------|
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 2 |
| 3 | 8 | 4 |
| 4 | 16 | 8 |
| 5 | 32 | 16 |
| 6 | 64 | 32 |
| 7 | 128 | 64 |
| 8 | 256 | 128 |
| 9 | 512 | 256 |
| 10 | 1024 | 512 |

Este tipo de crecimiento, uno de los modelos más sencillos, ocurre, por ejemplo, en las bacterias. En estos organismos, cada individuo se divide y da origen a dos. En estas condiciones, la población crece y duplica su tamaño poblacional en cada ciclo de reproducción. A modo de simplificación, supongamos que todos los organismos se reproducen simultáneamente y que no hay mortalidad. En esas condiciones, luego de unos cuantos ciclos reproductivos podríamos saber cómo crece la población.

Como se puede apreciar a partir del gráfico, el tamaño poblacional se incrementa considerablemente en unos pocos ciclos reproductivos. Si a esta característica le sumamos un ciclo reproductivo de corta duración, tenemos un crecimiento poblacional como el observado en bacterias, en el que en unas pocas horas se alcanzan millones de individuos. A partir de este modelo también es posible ver que la tasa de crecimiento poblacional, esto es, la cantidad de nuevos individuos que se adicionan por unidad de tiempo o evento reproductivo, **aumenta a través del tiempo**. El crecimiento poblacional se acelera aun cuando la tasa de crecimiento per cápita permanezca constante, esto es, el número de descendientes por individuo. Este rápido crecimiento observado en las bacterias hace, por ejemplo, que los signos de descomposición en los alimentos (olor, sabor) se manifiesten de forma bastante súbita, como cuando calentamos comida que no ha sido adecuadamente refrigerada.

Para una población cualquiera, el crecimiento poblacional dependerá de los procesos que hacen que aumente el número de organismos (natalidad e inmigración) y de aquellos que hacen que se reduzca (mortalidad y emigración).

Cuando estos procesos ocurren de manera continua en la población, el modelo se denomina **exponencial**. Si, por el contrario, ocurren de manera discontinua, el modelo se denomina **geométrico**. Ambos modelos presentan la misma forma general de crecimiento.

Si excluimos los procesos de migración de nuestro análisis, para cada intervalo de tiempo podemos definir la **tasa de crecimiento poblacional** o **tasa intrínseca de crecimiento (r)**, esto es, la cantidad de nuevos individuos que se adicionan a la población por unidad de tiempo, como la diferencia entre la natalidad (b) y la mortalidad (d):

$$r = (b - d)$$

Ampliando MEMORIA

En organismos que se reproducen por bipartición, como las bacterias, en cada generación se duplica el tamaño poblacional. Comenzando con una bacteria, en 20 ciclos reproductivos se alcanza más de un millón de ellas, lo que, dependiendo de las condiciones ambientales, puede ocurrir en unas pocas horas.

Entonces, para una población cualquiera, si los nacimientos son mayores que las muertes, la tasa de crecimiento r será positiva y la población crecerá; por el contrario, si los nacimientos son menores que las muertes, r será negativo y la población decrecerá.

Asimismo, si queremos incluir los procesos de inmigración (i) y emigración (e), bastaría con agregar un nuevo término que dé cuenta de ellos en nuestra ecuación:

$$r = (b - d) + (i - e)$$

De esta manera, podríamos ver el efecto de los procesos migratorios en la dinámica poblacional.

Es necesario mencionar que estos modelos teóricos de crecimiento en la práctica rara vez ocurren, porque no siempre nace o muere la misma cantidad de individuos, el ambiente no es estable y, puesto que los recursos no son ilimitados, las poblaciones no pueden crecer indefinidamente. Aun así, este modelo sirve de punto de partida para otros modelos más realistas.

Crecimiento logístico: cuando los recursos son limitados

Como ya dijéramos, en la naturaleza los recursos como alimento, refugio y sitios de anidación no son ilimitados. Esto establece una lucha por la existencia en que los organismos mejor dotados tienden a dejar una mayor descendencia.

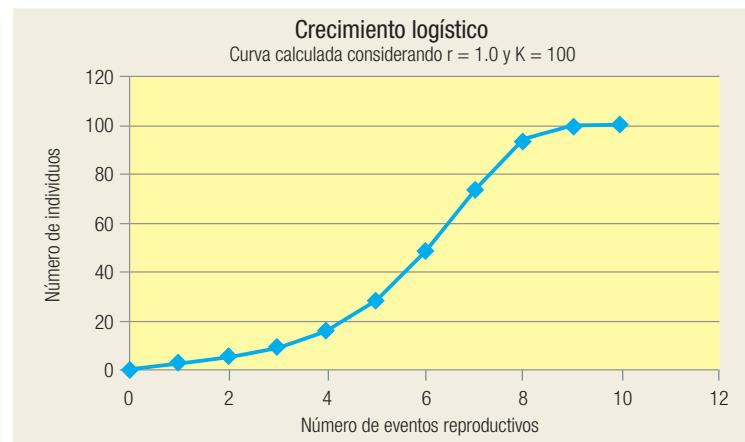
Si los recursos no fueran limitados, cada individuo de la población podría expresar su potencial reproductivo, y el resultado de esto sería un crecimiento geométrico o exponencial. Sin embargo, en la medida que los recursos escasean, la menor provisión de estos determina que en promedio cada individuo tenga una menor cantidad de recursos disponibles para realizar sus funciones vitales, entre ellas, la reproducción. Esto hace que, en promedio, en la población se vayan produciendo cada vez menos crías mientras la población crece y la limitación de recursos aumenta. Esta limitación se hace máxima cuando el tamaño de la población se acerca a la capacidad de carga del ambiente (K), es decir, al número máximo de individuos de una población que se pueden mantener en un ambiente con ciertas condiciones y en un determinado período.

Sería de esperar que cuando la especie se acerque a la capacidad de carga, su crecimiento se detenga, pero en la naturaleza esto no siempre ocurre de esta manera. Debido a los ciclos estacionales, la abundancia de recursos cambia en los ambientes, y muchas especies utilizan las épocas más favorables, en términos de las condiciones ambientales y abundancia de recursos, para reproducirse. Como resultado, el número de crías es alto y el tamaño poblacional también aumenta.

Si la abundancia de recursos disminuye con el cambio estacional, la capacidad de carga del ambiente también se aminora y con esto se reduce drásticamente la disponibilidad de recursos de la población. Si el tamaño poblacional se encuentra sobre K , entonces la mortalidad aumenta y la población se reduce. Esto también podría ocurrir en especies con tiempos gestacionales largos, puesto que en este caso la fecundación se puede producir en un momento en que los recursos sean abundantes y las crías nacer en un período de menor abundancia de recursos. Veamos un ejemplo en el gráfico, considerando lo que sucede con una población de guppies en un acuario.

AYUDA

Los términos utilizados en los modelos de crecimiento derivan de palabras en inglés. Es así como la tasa de natalidad se expresa como b , proveniente de *births*, que significa nacimientos, y la tasa de mortalidad, como d , ya que se asocia a la palabra *deaths*, que significa muertes.



| Evento reproductivo | n.º de individuos | n.º de nuevos individuos |
|---------------------|-------------------|--------------------------|
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 2 |
| 3 | 8 | 4 |
| 4 | 15 | 7 |
| 5 | 28 | 13 |
| 6 | 47 | 20 |
| 7 | 72 | 25 |
| 8 | 92 | 20 |
| 9 | 99 | 7 |
| 10 | 100 | 1 |



Estrategias reproductivas

La reproducción es un proceso que consume gran cantidad de energía a los organismos. El número de crías depende, entre otras cosas, del tamaño de la especie y de la cantidad de energía que se invierte en la reproducción. Por otra parte, la mortalidad también está en parte determinada por el tamaño de los organismos. El balance entre reproducción y mortalidad y su relación con el tamaño de la especie dan cuenta de distintas estrategias que emplean para reproducirse.

Estrategia r

En la mayoría de las especies, las etapas tempranas del ciclo de vida pueden ser más vulnerables debido a su reducido tamaño, fuerza, capacidad de movimiento o tolerancia a las condiciones abióticas.

Muchas especies contrarrestan esto mediante una producción abundante de descendencia per cápita. Esto significa que cada organismo que llega a edad reproductiva produce una gran cantidad de descendientes. Debido a las altas tasas de mortalidad, solo unos pocos lograrán sobrevivir y pasar a formar parte de la población reproductiva. Este tipo de estrategia se conoce como **estrategia tipo r**, porque depende de la tasa intrínseca de crecimiento (r).

Las especies con estrategia r tienden, además, a ser especies con ciclo de vida corto, de menor tamaño, con reducidas capacidades competitivas y, por lo mismo, fácilmente excluidas por especies de mayor tamaño y/o con mayores capacidades competitivas. Estas especies por lo general tienen amplios rangos de tolerancia a las condiciones ambientales o son generalistas en la utilización de los recursos, lo que les permite utilizar ambientes que para otras resultarían inhóspitos.

Gracias a sus extraordinarias capacidades reproductivas y de tolerancia, tienden a ser las primeras en llegar a los ambientes luego de una perturbación (especies sucesionales tempranas). Su estrategia, por lo tanto, no solo contrarresta los efectos de una alta mortalidad temprana, sino que a nivel comunitario les permite la coexistencia con otras especies superiores a nivel competitivo. Estas especies son comunes en ambientes donde las fuentes de mortalidad abiótica son las predominantes, en comunidades en estados tempranos de sucesión o en ambientes fluctuantes o inhóspitos.

Estrategia K

Muchas de las especies de mayor tamaño en las comunidades suelen ser las dominantes o más fuertes en términos competitivos. El mayor tamaño tiene costos asociados que se relacionan con la cantidad de energía y de tiempo que debe invertirse para alcanzar este estado. Los costos, sin embargo, son compensados con algunas ventajas comparativas de un individuo de mayor tamaño. Por ejemplo,

muchas fuentes de mortalidad se reducen progresivamente al aumentar el tamaño, como la susceptibilidad a los depredadores. Además, en general, los organismos más grandes tienen una mayor reserva energética que se traduce en una menor susceptibilidad a la inanición, una mayor resistencia a las condiciones climáticas adversas y a las enfermedades. Todo esto reduce considerablemente las fuentes de mortalidad, particularmente las de mortalidad temprana. Sin embargo, para aumentar el tamaño de las crías es necesario invertir una gran cantidad de energía y tiempo, lo que limita el número de estas en cada evento reproductivo y a lo largo de la vida de los progenitores.

Especies con estrategia tipo r



▲ Las especies con estrategia r suelen ser de pequeño tamaño, como las hormigas y las mariposas.

Puesto que las crías de mayor tamaño son más costosas de producir, los organismos con esta estrategia invierten una gran cantidad de tiempo en el cuidado y crianza de estas, el que aumenta con el tamaño y la longevidad de la especie.

Estas especies, como ya mencionamos, tienden a ser las dominantes en las comunidades y, por lo tanto, su estrategia se basa en maximizar sus capacidades competitivas y hacer un uso eficiente de los recursos, lo que les permite explotar los ambientes a niveles cercanos a su capacidad de carga (K), de ahí el nombre de este tipo de estrategia.

Estas especies pueden ser más abundantes en comunidades cercanas al clímax sucesional y en ambientes con condiciones ambientales relativamente estables o benignas.

■ Especies con estrategia tipo K



▲ Las especies con estrategia K suelen ser de mayor tamaño, como los elefantes y los osos polares.

■ Actividad

1. A partir de los contenidos estudiados, realiza las siguientes actividades.

Las estadísticas vitales del informe anual 2010 elaborado por el INE muestran que en la Región Metropolitana hubo 101.047 nacimientos y 36.934 defunciones. En esa fecha, en la región vivían 6.883.563 personas.

- Calcula la tasa de crecimiento poblacional para la Región Metropolitana el año 2010.
 - ¿Fue necesario utilizar todos los datos entregados para calcular r ? **Explica**.
 - Dada la tasa obtenida, ¿la población en la Región Metropolitana está creciendo o está disminuyendo? **Justifica**.
 - Si quisieramos obtener una tasa más cercana a la realidad, ¿qué otros datos debieran entregarse? **Explica**.
2. Sabiendo que la especie humana se comporta como estratega K, responde.
- ¿Cuáles son posibles causas del crecimiento exponencial de la población humana? **Reflexiona**.
 - ¿Qué esperas que ocurra con la curva de crecimiento poblacional en el tiempo? **Dibuja** la curva y explica por qué crees que será así.
3. Completa la siguiente tabla comparativa:

| Criterio | Estrategas r | Estrategas K |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Longevidad | | |
| Tamaño de los individuos | | |
| Gasto energético al gestar | | |
| Sobrevivencia de las crías | | |

I. Responde las preguntas de alternativas.

Interacciones biológicas

1. ¿Cuál de las siguientes alternativas sobre una interacción competitiva entre dos especies es verdadera?

- A. Ambas especies se ven perjudicadas (-/-).
- B. Ambas especies se ven beneficiadas (+/+).
- C. Ninguna de las dos se ve perjudicada (0/0).
- D. Una especie se ve perjudicada y la otra no (-/0).
- E. Una especie se ve beneficiada y la otra perjudicada (+/-).

2. Sobre la competencia, es (son) condición(es) que las especies:

- I. tengan el mismo nicho.
 - II. se agredan físicamente.
 - III. utilicen un mismo recurso y este sea limitante.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y III
 - E. Solo II y III

3. En la sabana, leones y hienas compiten agresivamente por sus presas. Con respecto a esta interacción es correcto decir que:

- I. es competencia por explotación.
 - II. es un tipo de competencia interespecífica.
 - III. corresponde a competencia por interferencia.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y III
 - E. Solo II y III

4. La especie *Chthamalus* es capaz de sobrevivir en un amplio rango de la zona intermareal. Sin embargo, en los ambientes naturales se encuentra ausente en la zona baja, donde vive la especie *Balanus*. A partir de los experimentos de Connell, se puede concluir que:

- I. Ambas especies compiten por espacio en la zona intermareal.
 - II. La especie *Balanus* es dominante en la zona intermareal baja.
 - III. El nicho realizado de la especie *Chthamalus* corresponde a toda la zona intermareal.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y II
 - E. Solo II y III

5. Con respecto a la depredación, ¿cuál de las siguientes alternativas es incorrecta?

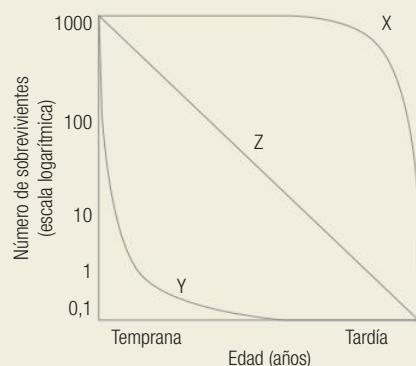
- A. Puede producir aumento de la diversidad de especies.
- B. Una especie se beneficia y la otra se ve perjudicada (+/-).
- C. Tiende a aumentar la competencia intraespecífica de las presas.
- D. El parasitismo puede ser considerado como un tipo de depredación.
- E. Las estrategias de depredadores y presas tienden a neutralizarse entre sí.

6. En los ciclos depredador-presa:

- I. el número de depredadores se reduce cuando disminuyen las presas.
 - II. el aumento de las presas siempre antecede al incremento de los depredadores.
 - III. el número de presas oscila, mientras que el número de depredadores se mantiene constante.
- A. Solo I
 - B. Solo I y II
 - C. Solo II y III
 - D. Solo I y III
 - E. I, II y III

Estrategias reproductivas

7. El siguiente gráfico muestra la curva de supervivencia de tres especies distintas (X, Y, Z):



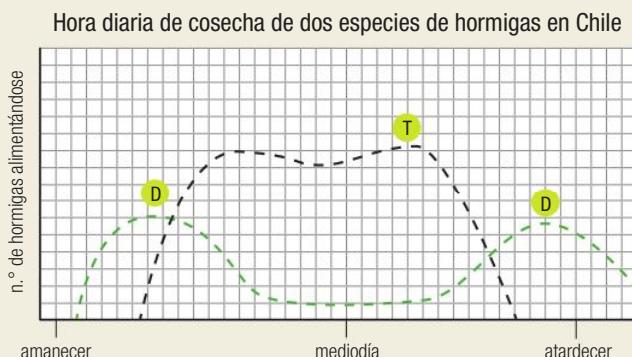
Según la información anterior, es correcto inferir que la especie:

- I. Y presenta un comportamiento de estrategias del tipo r.
 - II. X presenta una mayor mortalidad en edades tempranas.
 - III. Z presenta una tasa de mortalidad decreciente en el tiempo.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo I y II
D. Solo II y III
E. I, II y III

II. Responde las preguntas de desarrollo.

Nicho ecológico

8. En el siguiente gráfico se muestra la hora de cosecha de un mismo recurso alimenticio como un aspecto del nicho ecológico para dos especies de hormigas chilenas (D y T). Las hormigas que cosechan a mediodía tienen mayor resistencia al calor, mientras que las otras tienen mayor resistencia al frío.



A partir de la información anterior, responde.

- ¿Qué tipo de interacción es probable que ocurra entre estas especies? Justifica.
- ¿Qué efecto tendrá la interacción de estas especies en sus tamaños poblacionales? ¿Qué sucedería si elimináramos la especie D?
- ¿En el gráfico solo se representan interacciones bióticas? ¿Estas son densodependientes o densoindependientes?
- Si de la comunidad eliminamos la especie D, ¿qué podría ocurrir con la amplitud del nicho de la especie T?

Estrategias reproductivas

9. Completa la siguiente tabla con la información solicitada.

| Criterio | Estrategias r | Estrategias K |
|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Capacidad de competir | | |
| Capacidad de poblar nuevos ambientes | | |
| Ejemplo de especie | | |

Crecimiento poblacional

10. Lee la siguiente información y luego responde:

China es el país más poblado del mundo, por lo que para evitar su superpoblación existe la política de hijo único desde 1970. Esta incentiva a los padres a tener solamente un niño, y en la mayoría de las zonas rurales se permite a las familias tener dos niños si el primer hijo es mujer.

- ¿Qué esperas que haya sucedido con la tasa de reproducción en China desde la aplicación de esa política?
- ¿Qué estará sucediendo con la proporción entre hombres y mujeres en China?
- Si en la actualidad se realizará una pirámide de edad de China, ¿esperarías que tuviera una base ancha o angosta? Justifica.

Mi ESTADO

Anota el nivel de logro de tus aprendizajes hasta ahora según la categoría de desempeño dada: 1. Por lograr; 2. Medianamente logrado; 3. Bien logrado.

- Conocí características de algunas interacciones biológicas.
(Preguntas 1 a 6 y 8).
- Comprendí los tipos de estrategias reproductivas.
(Preguntas 7 y 9).
- Reconocí el problema del crecimiento poblacional humano.
(Pregunta 10).

Crecimiento poblacional humano

Se estima que entre los meses de octubre y noviembre de 2011 la población humana alcanzó los 7000 millones de habitantes. Lejos de alegrarnos, esta información produjo reacciones de preocupación y alerta en numerosas instituciones y en los medios de comunicación.

Mientras en numerosos países se celebraba simbólicamente el nacimiento del habitante 7000 millones, en las oficinas de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) y de otros organismos internacionales se discutía acaloradamente acerca de lo que sucederá con el planeta y nuestra especie a la luz del crecimiento actual y futuro de la población humana.



La mayor parte de los desafíos a los que nos enfrentamos y enfrentaremos en el futuro tienen relación con la mantención de la habitabilidad de nuestro planeta y la sustentabilidad del desarrollo a nivel global.

Dependiendo de los supuestos que se utilicen, los cálculos de proyección de la población mundial estiman que nuestra especie alcanzará los 9000 millones entre 2050 y 2150. Esta cantidad de habitantes probablemente se encuentra cercana a la **capacidad de carga del planeta**, o sea, al límite de personas que la Tierra puede mantener.

Sin embargo, el análisis no puede restringirse solo al número de personas. Las tasas de consumo per cápita también deben ser consideradas, porque no todos impactamos de igual manera a nuestro planeta. Cada uno de los habitantes de los países desarrollados utiliza muchos más recursos que aquellos que viven en países menos desarrollados. A pesar de lo anterior, es esperable e incluso deseable que estos aumenten sus índices de desarrollo, pero con esto también aumentarán sus tasas de consumo, como ha sido la tendencia mundial en las últimas décadas.

En la medida que los países mejoran sus indicadores económicos, las tasas per cápita de uso de los recursos naturales y sus derivados (alimento, suelo, agua, energía) tienden a incrementarse como resultado de un mayor acceso a recursos económicos. Esto, sumado al crecimiento poblacional, amplía las presiones sobre los sistemas naturales, fuente original de todos los recursos e interacciones a nivel planetario.

Las visiones catastrofistas con respecto al futuro de nuestro planeta hasta el momento no se han cumplido. Thomas Malthus, quien inspirara a Charles Darwin, vaticinó en 1798 que la población mundial debía dejar de crecer debido a la limitación en el suministro de alimentos. Luego de más de 200 años de publicado su *Ensayo sobre la población*, sabemos que esta no solo no dejó de crecer (lo hizo más de siete veces sobre lo predicho por Malthus), sino que sigue creciendo y probablemente, de mantenerse las actuales tendencias, seguirá haciéndolo durante varias décadas.

Sin embargo, el que las estimaciones de Malthus y de otros no se hayan cumplido no implica que nuestro futuro esté garantizado o que el planeta cuente con recursos ilimitados para mantener el crecimiento poblacional humano.

Muy por el contrario, nuestro planeta tiene dimensiones finitas y esto necesariamente impone límites teóricos a la cantidad de recursos que puede abastecer.

La mayor parte de los desafíos a los que nos enfrentamos actualmente y aquellos que enfrentaremos en el futuro cercano tienen relación con la mantención de la habitabilidad de nuestro planeta. En la medida en que el uso de los recursos continúe siendo indiscriminado, el deterioro de los sistemas naturales irá en aumento.



Uso de los recursos

El uso actual de recursos como la superficie terrestre, el agua y la energía y sus proyecciones hacen pensar que en el corto o mediano plazo su disponibilidad estará realmente limitada, y como sus usos están íntimamente ligados al tamaño de la población, es esperable un aumento en su explotación a la par con el crecimiento poblacional. Como además tanto los asentamientos humanos como la producción de alimentos requieren de espacio físico, existe una relación directa entre ambas actividades.

En Chile, por ejemplo, algunas de las mejores tierras agrícolas se encuentran actualmente cubiertas por ciudades como Santiago, que en su acelerado desarrollo se han expandido a las zonas antiguamente utilizadas para la agricultura. Esto ha hecho que terrenos no trabajados con anterioridad, como las laderas de muchos cerros, sean ahora transformados en campos de cultivo. El impacto local y global de estos cambios de mediana a gran escala es difícil de anticipar, pero ciertamente se han alterado los ecosistemas en gran medida mediante el remplazo y la eliminación de especies, cambios en los patrones de irrigación, evaporación, reciclaje de nutrientes, entre otros.

También existe un compromiso con el uso del agua. Este recurso es necesario para el desarrollo de las ciudades y de la agricultura, entre otros. Si consideramos, además, que solo el agua dulce es utilizable para estas actividades y que su disponibilidad es cada día más limitada, podemos anticipar muchas dificultades, algunas de las cuales ya comienzan a evidenciarse en zonas áridas y semiáridas de todo el mundo.

La provisión de agua dulce depende principalmente de los patrones de precipitación pluvial o nival que abastecen los ríos, lagos y acuíferos subterráneos, de los cuales se obtiene la casi totalidad de los recursos hídricos para la población y la agricultura. El ciclo del agua, por su parte, produce las precipitaciones, pero depende de los patrones de circulación atmosférica global y local. Si los patrones de evaporación se alteran, también lo harán las precipitaciones. Los cambios en el uso de las tierras varían de manera significativa la evaporación en la superficie terrestre, lo que afecta los patrones locales y globales de gran escala. Pensemos, por ejemplo, cuánto habrán cambiado los patrones de evaporación en la cuenca de Santiago al remplazar los ecosistemas naturales por una gran ciudad cubierta principalmente por asfalto y cemento o, a nivel general, con el remplazo de un sistema de bosques por uno de praderas, para alimentación del ganado, o por tierras de cultivo.

Muchos de estos cambios se han hecho y se hacen actualmente en zonas como la selva tropical sudamericana, a grandes escalas, para instalar sistemas agropecuarios en todo el mundo.

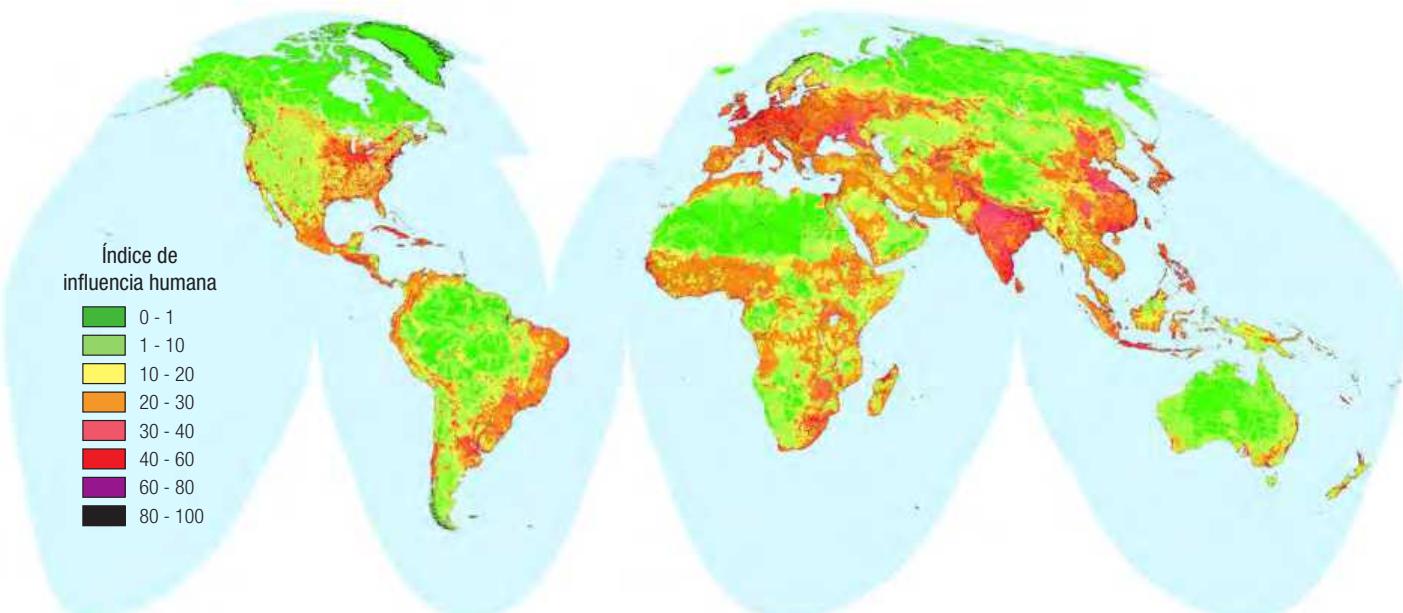
- ▲ No solo estamos haciendo un uso indiscriminado de los recursos, sino que además estamos contaminando la totalidad del planeta con nuestras actividades.



La mayor parte de los países desarrollados lograron su crecimiento mediante la transformación de sus sistemas naturales en sistemas productivos. Algunos de ellos lo hicieron, además, a expensas de los territorios conquistados en otros continentes, como América, África y Oceanía, con lo que alteraron sistemas naturales más allá de sus fronteras originales.

Los efectos de la influencia humana sobre los sistemas naturales es lo que se ha dado en llamar “la huella humana sobre los ecosistemas”, y es un tema que se estudia arduamente en la actualidad. La cuantificación de estos efectos y la extensión de la influencia muestran un panorama poco alentador si miramos nuestro planeta con intenciones de conservar sistemas naturales intactos.

Distribución mundial de la influencia humana: nuestra huella



▲ Al observar los efectos a nivel mundial, como muestra la siguiente figura, la imagen resulta alarmante.

Fuente: NASA

Al analizar la distribución de **nuestra huella**, podemos ver que los sectores menos intervenidos corresponden a aquellos considerados más inhóspitos para la mayoría de las formas de vida y, por lo tanto, suelen ser zonas poco diversas y con poca presencia de vida. A excepción de algunas que corresponden a bosques tropicales lluviosos, la mayoría de las regiones menos intervenidas son desiertos cálidos y fríos o sectores muy alejados de los centros urbanos. En todos los continentes el escenario es muy preocupante y el deterioro continúa creciendo. Al ver esta situación, ¿cuál será tu compromiso?

Actividad

1. Reunidos como grupo curso, busquen en el sitio de <http://www.youtube.com> el siguiente enlace: “Impacto ambiental del hombre, National Geographic”. Dura 11 minutos y el link directo es el siguiente:
<http://www.youtube.com/watch?v=9DMUT9LOtD0&feature=related>
 - a. Después de verlo, reflexionen a partir de la siguiente cita: “La superpoblación no es la densidad de personas, es el número de personas relativo a la explotación de los recursos” Paul R. Ehrlich.
2. Si es posible, vean el documental *Home* y luego reúnanse en grupos para compartir ideas y sensaciones.

Funcionamiento de la Tierra y patrones de circulación planetaria

Ampliando memoria

Los movimientos convectivos de los fluidos se producen por diferencias de densidad entre las distintas capas del mismo. Cuando un fluido se calienta, en general, su densidad disminuye y esto hace que ascienda y que las masas más frías y, por lo tanto, más densas, desciendan. Los movimientos convectivos explican la estratificación por temperatura que ocurre en todos los fluidos, como líquidos y gases.

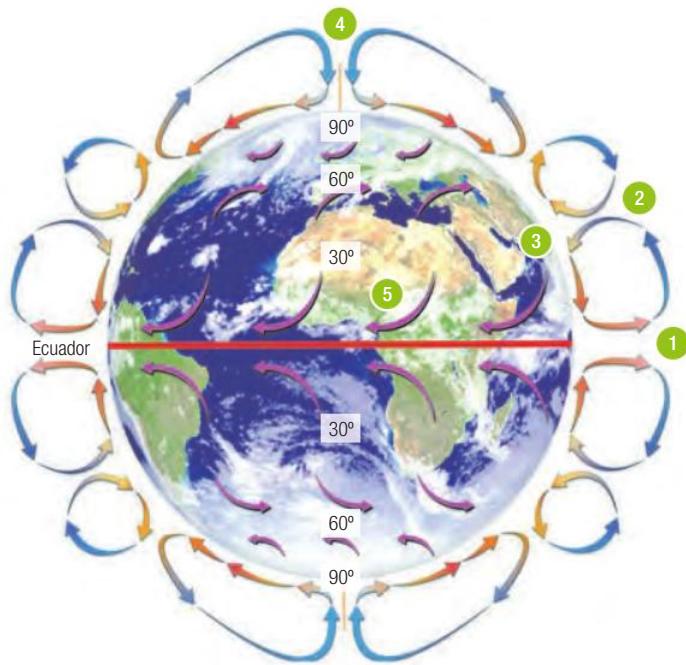
Gran parte de los procesos que ocurren en nuestro planeta dependen de la energía que este recibe del Sol. La energía solar produce cambios no solo sobre los organismos, sino también en ciertos componentes físicos de la Tierra, como la atmósfera y los cuerpos de agua. A su vez, a través de estos afecta a otros procesos, como el ciclo del agua y los patrones de circulación local y global del aire (vientos) y de las aguas (corrientes oceánicas).

Las circulaciones generales, tanto atmosféricas como oceánicas, son procesos de escala global por medio de los que se distribuye la energía calórica a través de nuestro planeta. Sin medios fluidos, como la atmósfera y la hidrosfera, toda la transferencia de calor en nuestro planeta se hubiese visto seriamente limitada, lo que probablemente hubiese imposibilitado la aparición de la vida.

Patrones de circulación global atmosférica

A nivel atmosférico, la influencia de la energía solar se manifiesta como una transferencia de calor entre la superficie de la Tierra (masas de agua y de tierra) y las capas de la atmósfera más cercanas a esta.

Patrón general de circulación atmosférica



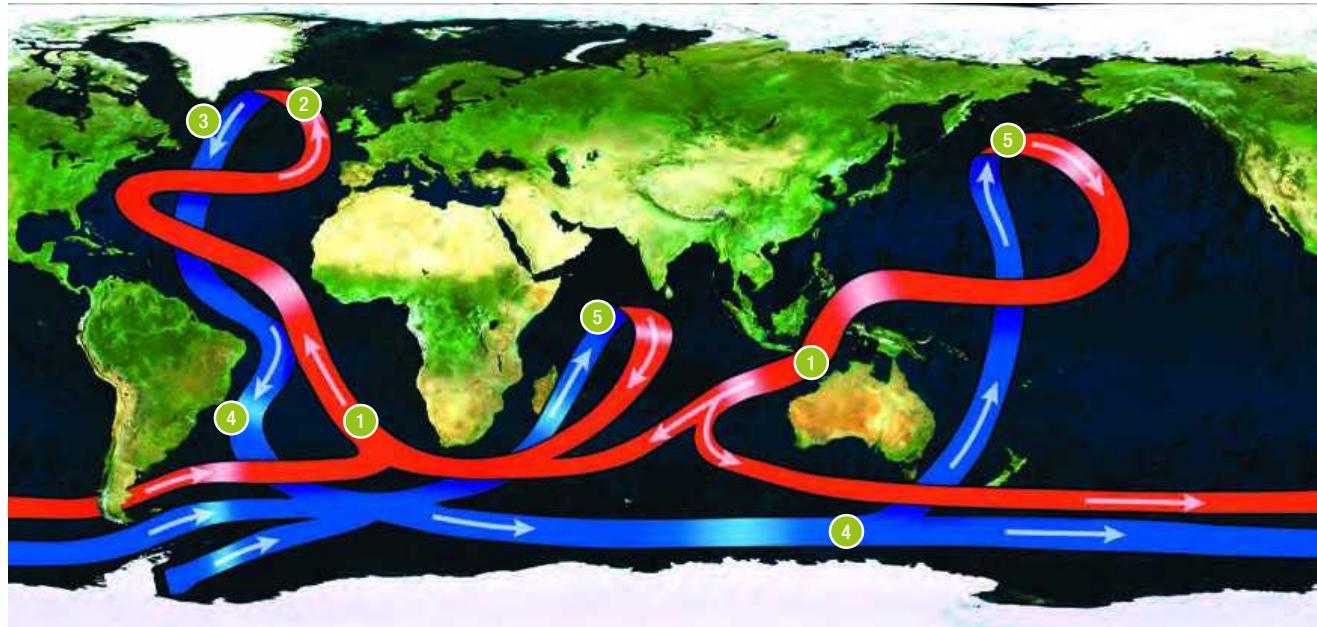
- 1) En la zona ecuatorial, el aire caliente y húmedo asciende y se enfriá, lo que hace que se descargue el agua que contiene en forma de abundantes precipitaciones. El continuo empuje de las masas de aire caliente provoca que las masas de aire superiores se desplacen hacia latitudes mayores.
- 2) Las masas de aire frío, seco y más denso tienden a descender alrededor de los 30° de latitud en ambos hemisferios. Este aire al calentarse cerca de la superficie aumenta su capacidad de retención de agua y, por lo tanto, produce zonas de clima árido, lo que origina los grandes desiertos del mundo.
- 3) Debido al empuje de las masas de aire descendente, una parte de las masas de aire inferiores se desplaza hacia el ecuador y la otra en dirección a los polos. En ambos casos el aire se calienta (por su cercanía a la superficie) y gana humedad. Las masas de aire que se desplazan en dirección polar tienden a ascender a alrededor de los 60° de latitud, donde producen abundantes precipitaciones.
- 4) En los polos nuevamente el aire frío, seco y denso tiende a descender y crea una zona con muy pocas precipitaciones.
- 5) La circulación del aire y el movimiento de rotación terrestre explican la existencia de las calmas ecuatoriales, los vientos alisios y los vientos ponientes en ambos continentes.

Patrones de circulación global oceánica

Parte de la energía proveniente del Sol es absorbida por las **masas de agua**, circula y es intercambiada a lo largo de nuestro planeta. Parte de este intercambio ocurre como resultado de procesos de convección y transporte de masas de agua de manera semejante a lo que sucede en el caso de la atmósfera. Además de las corrientes oceánicas, causadas principalmente por la rotación de la Tierra y por la acción de los vientos predominantes, existe un sistema de corrientes a mayor escala conocido como **circulación termohalina** o **cinta transportadora oceánica**, que participa del transporte de calor a través de nuestro planeta. En este sistema de transporte las aguas se mueven principalmente debido a sus diferencias de temperatura y salinidad.

El patrón general de circulación termohalina es un sistema global de intercambio calórico, tal como se explica en el siguiente esquema.

Patrón general de circulación termohalina



- 1) Las aguas superficiales son calentadas por la energía del sol y transportadas por medio de los sistemas de corrientes predominantes.
- 2) Al moverse hacia latitudes mayores, las aguas intercambian calor con la atmósfera y se enfrian, lo que aumenta su densidad. El intercambio de calor de la corriente cálida del golfo hace más benigno el clima del norte de Europa.
- 3) En los polos, aparte del aumento de la densidad por disminución de la temperatura, la formación de hielo deja las sales en el agua, lo que incrementa aún más su densidad.
- 4) Las aguas frías y densas tienden a descender a las zonas más profundas, donde son trasportadas por corrientes de fondo.
- 5) Las aguas frías y densas, al ser empujadas hacia zonas más templadas y de menor profundidad, se mezclan con aguas menos densas, aumentan su temperatura y suben a la superficie.

Para GRABAR

Toda la energía que recibe nuestro planeta desde el Sol es distribuida a través de la atmósfera y de la hidrosfera mediante sistemas de circulación que dependen de procesos convectivos.

Antropoceno y cambio global: efectos sobre los sistemas naturales

AYUDA

El término Antropoceno fue utilizado por primera vez el año 2000 por el ganador del Premio Nobel de Química, Paul Crutzen, para referirse a la época actual de la historia de nuestro planeta, probablemente comprendida entre el inicio de la agricultura y nuestros días. Esta época está caracterizada por los grandes cambios de naturaleza antrópica sobre la estructura y el funcionamiento de nuestro planeta.

Los efectos de gran escala que hemos causado como especie sobre nuestro planeta probablemente se remontan a los inicios de la agricultura. El desarrollo de las primeras ciudades y su posterior crecimiento incrementaron las presiones sobre los sistemas naturales donde estas se asentaron. Muchos cambios se fueron gestando gradualmente a lo largo del desarrollo de las civilizaciones. Sin embargo, es probablemente la Revolución Industrial la que produjo un gran quiebre en la forma en que utilizamos los recursos naturales. El **acelerado crecimiento poblacional** y el **desarrollo de tecnologías** que han permitido un aumento en el **consumo per cápita de los recursos** han incrementado las presiones de explotación sobre los sistemas naturales. Nunca en la historia de nuestro planeta una única especie había producido cambios a escala global de estas magnitudes ni lo ha hecho en un período tan corto de tiempo. Pensemos, además, que debido principalmente al desarrollo tecnológico los cambios están ocurriendo cada vez más rápido y, por lo tanto, en las últimas décadas los efectos se han visto exacerbados.

Deforestación

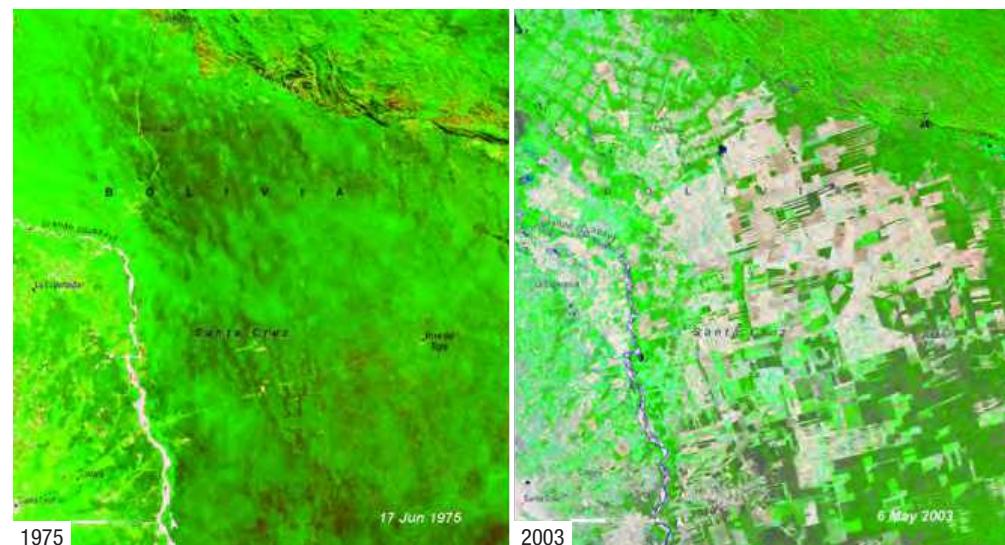


Fuente: <http://www.wwf.org>

Una parte de la deforestación observada en nuestro planeta se debe a la utilización de los bosques como fuente de energía en forma de leña o para la **obtención de materias primas**, como la celulosa. Otra parte se debe al empleo de las tierras con fines **productivos** o **urbanísticos**. La pérdida de la cubierta arbórea genera muchas veces serios problemas de erosión, extinción de especies y destrucción de hábitats, altera el reciclaje de nutrientes y disminuye la captura de CO₂, todas modificaciones que acarrean como consecuencia problemas ambientales. Los siguientes son ejemplos de lo que está actualmente ocurriendo en nuestro planeta.

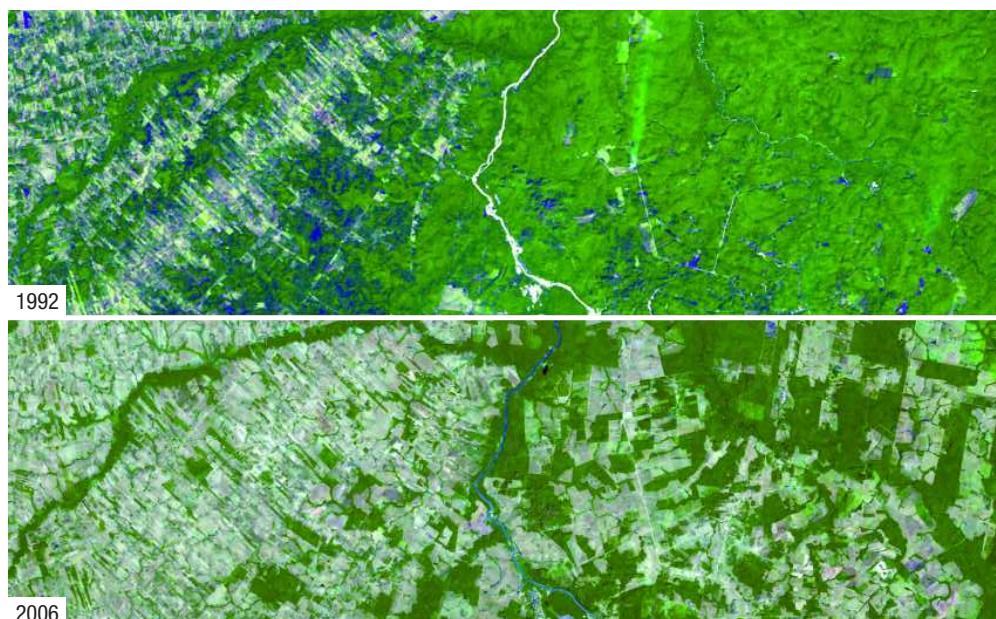
Santa Cruz, Bolivia

En Santa Cruz, Bolivia, en 1975 los bosques se extendían desde el río San Pedro al río Grande. Desde la década de los ochenta, estos fueron talados para destinar los terrenos a la agricultura.



Mato Grosso, Brasil

20.000 km² de los bosques del Amazonas son deforestados anualmente, y el estado de Mato Grosso no es la excepción. Sus terrenos se han destinado a la plantación de cultivos y a la creación de granjas para la crianza de animales. Las imágenes hablan por sí solas.



Uso del agua

Como ya hemos mencionado, el agua es un recurso fundamental para la mantención y el desarrollo de los sistemas humanos. El agua dulce es un bien escaso y, por lo tanto, su suministro muchas veces se encuentra limitado. Si no se restringe o al menos se controla su utilización, existen altas probabilidades de que su abastecimiento se vea comprometido. El gran crecimiento de las ciudades y el desarrollo de la agricultura han hecho que las **presiones de explotación** sobre este recurso se incrementen, así como también los impactos ambientales asociados a su sobreexplotación. Otro grave problema relacionado con este recurso está ligado a la **contaminación** producida por las actividades humanas.

Mar de Aral, Asia

El mar de Aral, ubicado en el continente asiático entre Kazajistán y Uzbequistán, era el cuarto lago más grande del mundo. Hoy en día su estado es trágico. Su volumen se ha reducido dramáticamente debido a que el agua de los ríos que lo irrigan ha sido extraída para regar los cultivos aledaños. Desde su reducción se han observado cambios notorios en el clima local y se han visto afectadas las poblaciones humanas, vegetales y animales que vivían en su entorno, así como el abastecimiento de agua y la industria pesquera.

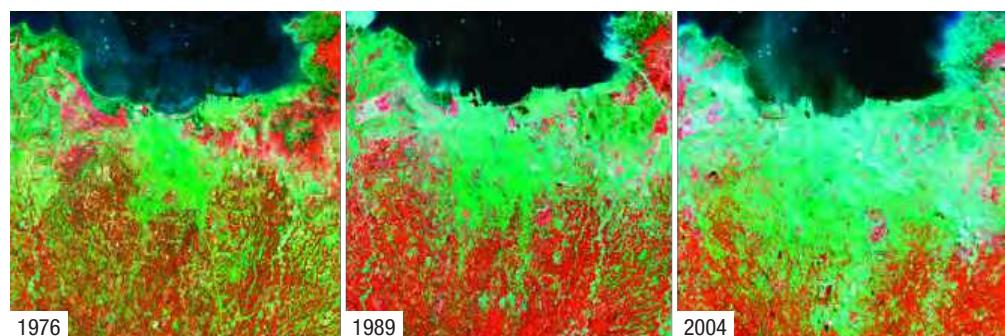


Crecimiento de las ciudades

Parte de las transformaciones que han ocurrido durante el **Antropoceno** guardan relación con el uso de la tierra. Dos de los principales usos se relacionan con el **desarrollo de las ciudades** y de los **sistemas agrícolas**. Ya hemos visto algunas de las principales consecuencias del desarrollo agrícola (la deforestación y el uso del agua). Veamos ahora algunos ejemplos del desarrollo explosivo de las ciudades durante las últimas décadas a través de todo el mundo.

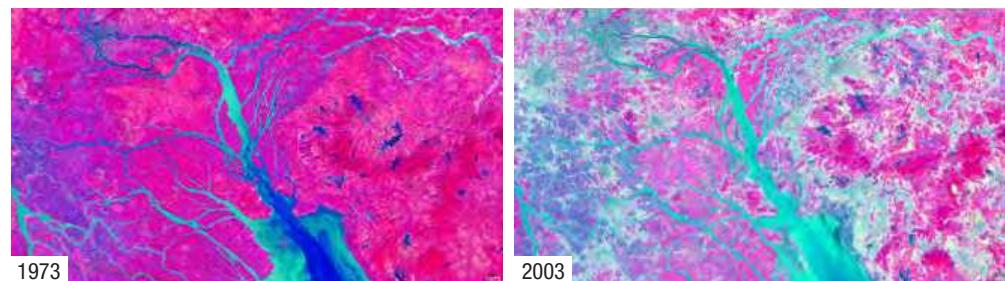
Yakarta, Indonesia

En las imágenes infrarrojas se puede reconocer el crecimiento de esta ciudad en las últimas décadas. En 1976 su población era de seis millones de habitantes. En 1989 aumentó a nueve millones y el 2004 ya superaban los trece millones. En rojo se observan las zonas de vegetación y en verde las áreas urbanas.



Delta del río Perla, China

El río Perla es parte de un extenso sistema de cuencas en el sur de China, y su delta se ubica cerca de Hong Kong y Macao, dos importantes polos de crecimiento. En estas imágenes se puede observar la alta densidad humana que se encuentra bordeando el delta del río Perla en China. Actualmente, su población supera los cincuenta millones de habitantes.



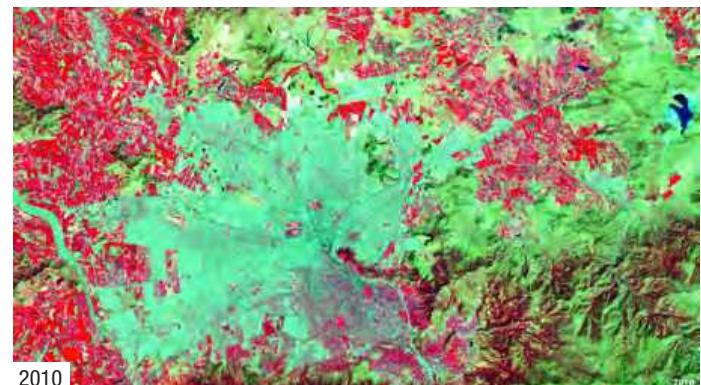
Dubái, Emiratos Árabes Unidos

En las imágenes se puede observar el crecimiento abrupto que ha tenido esta ciudad en diez años; incluso se pueden ver las islas artificiales que bordean la costa. El explosivo crecimiento de esta ciudad se debe principalmente a las divisas que genera el petróleo.



Santiago, Chile

Santiago es una ciudad que ha sido catalogada como una de las que han crecido más rápido a nivel mundial. Hay que considerar que entre ambas imágenes solo han transcurrido quince años y el cambio es evidente. Nuestro nivel de centralización es tan grande que 1/3 de la población del país vive en Santiago, su capital.



Consecuencias de nuestra intervención

Como hemos visto, una gran proporción de nuestro planeta ya se encuentra intervenida y las zonas realmente inalteradas son en la práctica inexistentes debido a los efectos directos e indirectos de la acción de los seres humanos.

Las consecuencias y los efectos de nuestro crecimiento poblacional y el desmedido uso de los recursos naturales son alarmantes. Identificar esta condición no se limita solo a aspectos románticos relacionados con el paisaje y su preservación, sino que se trata de advertir sobre la alteración evidente en el funcionamiento global de nuestro planeta. Por ejemplo, la pérdida de especies no solo nos afecta porque los hijos de nuestros hijos no podrán conocerlas, sino porque cada una de ellas, mediante su interacción con los componentes bióticos y abióticos, coopera en la mantención del funcionamiento de los ecosistemas.

Algunas de estas funciones resultan básicas para la vida, como la producción de oxígeno o biomasa por parte de los productores primarios. Otras se relacionan con la mantención de los ciclos biogeoquímicos en nuestro planeta. Por ejemplo, una parte importante del balance del carbono atmosférico (en la forma de CO₂) depende de los ciclos biológicos de producción, en los que las plantas captan el CO₂ del aire, lo convierten en biomasa y los consumidores y descomponedores lo liberan a la atmósfera mediante la utilización de la biomasa para la obtención de energía (respiración).

En este contexto, las plantas leñosas, principalmente los árboles, capturan el CO₂ desde la atmósfera y lo convierten en materia orgánica que puede retener carbono en su estructura por cientos y hasta miles de años. Si a nivel global estos componentes se alteran, por supuesto que lo hará el balance del carbono. La deforestación y la pérdida de especies harán que cambie la forma en la que circula el carbono en nuestro planeta, porque su captura por parte de los productores es fundamental para la mantención del balance de este elemento en nuestro planeta.

Para GRABAR

La pérdida de especies está asociada a problemas mayores que tienen que ver con la pérdida de la funcionalidad de los sistemas naturales. Los cambios asociados a la desaparición de especies involucran modificaciones a nivel de la estructura comunitaria, lo que a su vez altera los flujos de materia y energía en los ecosistemas.

Calentamiento global

AYUDA

El permafrost es la capa de hielo superficial del suelo en regiones extremadamente frías, como la tundra.

Que la temperatura media de nuestro planeta ha ido aumentando ya no es motivo de discusión. Podremos argumentar sobre la importancia de nuestra influencia en este proceso, pero no acerca de si está ocurriendo o no. Actualmente, en el mundo la temperatura es 0,6 °C más alta que hace un siglo. Además, al igual que en los casos ya estudiados, los cambios están sucediendo a una velocidad nunca antes vista en la historia de la Tierra.

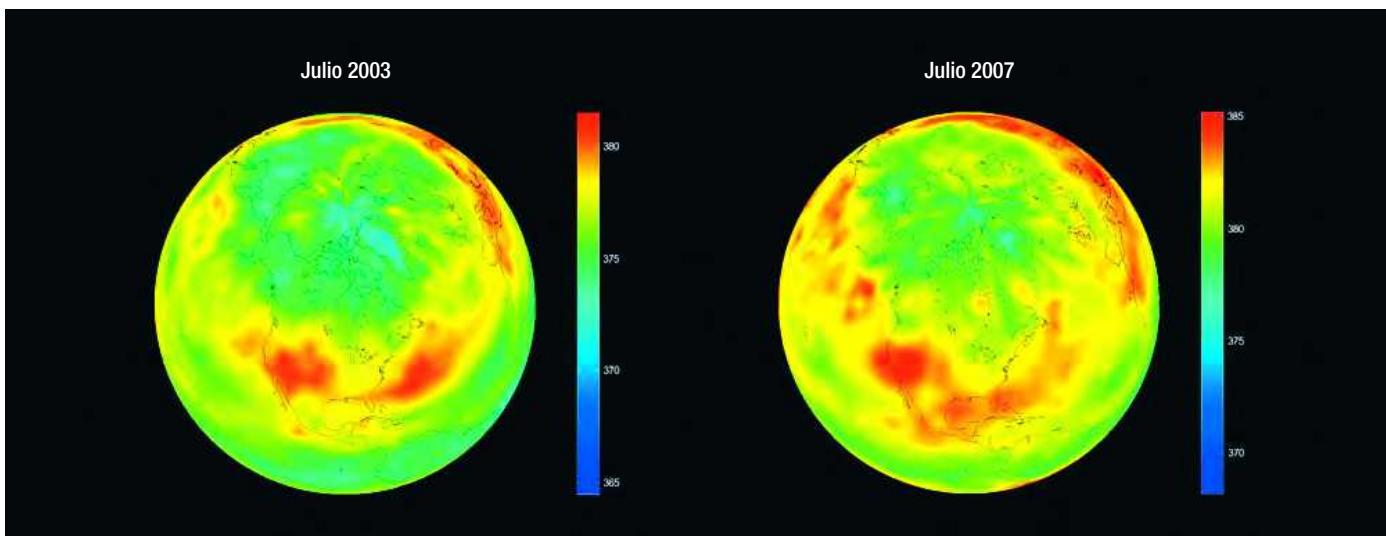
Efecto invernadero

Una de las características de la atmósfera es su capacidad de **retener energía en forma de calor**. Un planeta sin atmósfera sufre fluctuaciones de temperatura que harían muy difícil el desarrollo de la vida como la conocemos. Como ya hemos discutido, la atmósfera además ayuda a **distribuir esta energía** a través del planeta.

Esta capacidad de retención de calor se debe a la presencia de gases que contribuyen en distinta proporción a crear este **efecto invernadero**. Varios de los gases, como el metano, los clorofluorocarbonos y el CO₂, son producidos en forma abundante por los seres humanos y sus actividades.

De estos gases, el CO₂ resulta particularmente importante debido al aumento en la concentración atmosférica observada a partir de la Revolución Industrial, cuando se incrementó de modo significativo la utilización de combustibles. El uso de combustibles fósiles, como el petróleo, ha liberado a la atmósfera cantidades importantes de carbono que había estado retenido por millones de años. El efecto de esta adición de carbono y la reducción en la capacidad de captación de él causada por la deforestación han alterado su ciclo global en nuestro planeta, y este desbalance ha hecho que los niveles de CO₂ atmosférico se eleven en casi 100 ppm desde la Revolución Industrial.

El calentamiento global es probablemente el resultado del efecto combinado de varios factores, pero sin duda como especie hemos tenido una participación importante. Algunas de las principales consecuencias de esto son el derretimiento de glaciares y de los casquetes polares, la pérdida del permafrost en la tundra ártica, los cambios climáticos a nivel global, el aumento del nivel del mar y los efectos sobre la biodiversidad.



Los niveles de CO₂ en nuestra atmósfera están aumentando. Ambas imágenes muestran la distribución del CO₂ en nuestro planeta. Observa que las escalas de color en las dos imágenes son distintas a fin de poder mostrar las

diferencias entre estos años. Si las escalas fuesen iguales, la imagen de 2007 estaría cubierta de rojo y no sería posible apreciar las diferencias.

Derretimiento de los hielos

Glaciar Pedersen, Alaska

En estas dos fotografías se observa el impresionante retroceso que ha experimentado el glaciar Pedersen en Alaska. A nivel mundial, todos los grandes glaciares se están reduciendo o desapareciendo rápidamente. En muchas zonas esto está afectando el clima local y el abastecimiento de agua dulce.



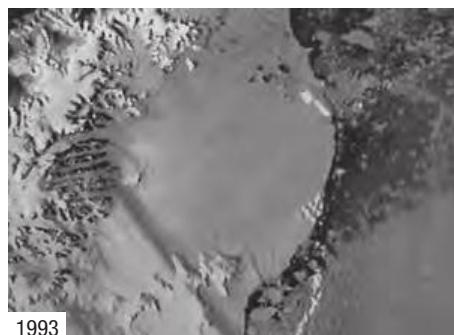
1917



2005

Barrera de hielo Larsen, Antártica

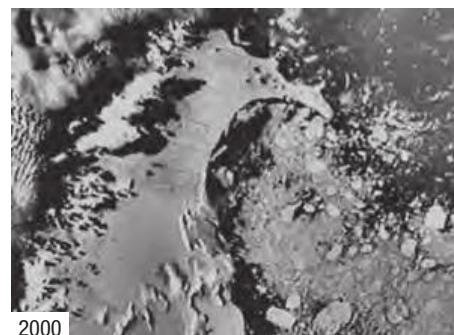
La barrera de hielo Larsen es una extensa plataforma localizada a lo largo de la costa oriental de la península Antártica, en el mar de Weddel. De los tres grandes bloques que la componen (A, B y C), dos de ellos ya han colapsado (A y B) y sus desintegraciones están vinculadas al aumento de temperatura que ha experimentado la Antártica, de alrededor de 0,5 °C por década desde fines de 1940.



1993



1998



2000

Fuente de las imágenes satelitales (páginas 144 a 149): NASA/Goddard Space Flight Center, Scientific Visualization Studio.

Actividad

1. Ingresa al siguiente sitio web: <http://climate.nasa.gov/>, entra a menú denominado *Images and video* y selecciona *Images of change*. Una vez allí, elige nuevos ejemplos de algunos de los múltiples e impactantes cambios que están ocurriendo en muy breve tiempo a lo largo de nuestro planeta. **Construye** un archivo PPT con las imágenes y preséntalo ante tus compañeras y compañeros de curso.
2. A partir de los trabajos que expusieron, generen una **reflexión** grupal al respecto.

Efectos antrópicos sobre la biosfera



▲ Imagen satelital del incendio ocurrido en el parque nacional Torres del Paine (2011-2012), provocado por la negligencia humana.



Queules

A continuación analizaremos dos ejemplos de especies chilenas en peligro. En ambos casos estudiaremos tanto la amenaza que hemos significado para estas especies, como las iniciativas que se han desplegado para protegerlas.

Especies chilenas en peligro: flora

Las tres mayores amenazas para las especies son la pérdida y fragmentación del hábitat, la introducción de especies exóticas invasoras y la sobreexplotación. Para el caso de la flora de nuestro país se han identificado cuatro actividades humanas como las más perjudiciales: la extracción comercial de leña y de madera nativa, la destrucción de bosques para el pastoreo de animales, los incendios forestales de origen antrópico (humano) y la conversión de bosque nativo a plantaciones exóticas.

Queule (*Gomortega keule*)

Veamos ahora qué sucede específicamente en el caso del queule, uno de los árboles endémicos de Chile en **peligro de extinción**. Conozcamos sus principales amenazas y las medidas de conservación que se están implementando para su protección.

Características

Su madera, de hermosa veta y muy durable, ha sido utilizada en tareas de construcción y como combustible. Su fruto es comestible y apreciado para la elaboración de mermeladas. Solo se encuentran ejemplares aislados en zonas boscosas de la cordillera de la Costa, entre el río Maule (VII Región) y la provincia de Arauco (VIII Región). En sectores húmedos se asocia con olivillo, canelo, pitao, pelu y arrayán. En lugares más secos, con roble, hualo, avellano, lingue, laurel y maño de hojas largas. También se puede encontrar en forma aislada formando pequeños bosques. Este es un árbol de unos 15 metros de altura, con hasta 60 centímetros de diámetro, y se presenta especialmente en quebradas y sectores húmedos de exposición sur, a veces cercano a cursos de agua.

Amenazas

La población de queule ha sufrido seriamente por la deforestación descontrolada, lo que ha reducido la distribución de esta especie a unas 22 subpoblaciones altamente **fragmentadas**. La mayoría consiste en áreas pequeñas con menos de 100 individuos. Por otro lado, estos fragmentos de bosques se ven afectados por la invasión de las plantaciones vecinas de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) y pino insigne (*Pinus radiata*), por lo que presentan una disminución continua en su extensión, en el área de ocupación, en la calidad de su hábitat, en el número de localidades y en la cantidad de individuos maduros. Además, se describe que la mayoría de las subpoblaciones poseen bajos niveles de germinación de sus semillas, lo que disminuye la posibilidad de recuperación y la probabilidad de extender su rango de distribución natural. Esta pobre o casi nula regeneración se ve más disminuida por la pérdida de semillas debido a que son colectadas para la elaboración de mermeladas.

Normativa y acciones de conservación

En 1995, mediante el Decreto Supremo n.º 13 del Ministerio de Agricultura, el queule fue declarado Monumento Natural, por lo cual su tala está prohibida. Solo dos de las subpoblaciones están protegidas en la reserva nacional Los Ruiles (45 hectáreas) y reserva nacional Los Queules (147 hectáreas), ambas ubicadas en la provincia de Cauquenes, Región del Maule. En junio de 2002, bajo el alero de la Corporación Nacional Forestal (Conaf), se elaboró el Plan Nacional de Conservación del Queule en Chile, propuesta de acciones y actividades destinadas a la conservación de esta especie.

Especies chilenas en peligro: fauna

En el caso de la fauna, además de verse amenazada por los daños que experimenta la flora y con ello su hábitat, los animales se ven enfrentados a la persecución directa para su caza o pesca, a la comercialización ilegal de ejemplares y a la introducción de especies exóticas y los riesgos asociados a ello.

Huemul (*Hippocamelus bisulcus*)

Veamos ahora qué sucede específicamente en el caso del huemul, uno de los animales endémicos de Chile y Argentina en **peligro de extinción**. Conozcamos sus principales amenazas y las medidas de conservación que se están implementando para su protección.

Características

Actualmente, posee una población estimada de unos 1.100 individuos distribuidos en muchas subpoblaciones pequeñas, varias de las cuales están disminuyendo en el último tiempo. Incluso, hay registro de desaparición reciente de las subpoblaciones que vivían en la Región de La Araucanía, Región de Los Ríos y parte norte de la Región de Los Lagos. La distribución del huemul en el territorio chileno era, originalmente, desde el río Cachapoal, en la Región de O'Higgins, hasta el Estrecho de Magallanes.

Amenazas

Como para prácticamente todas las especies amenazadas, el origen y factor más significativo de amenaza para su conservación es la pérdida y transformación de hábitats producto de la explotación de los recursos naturales por el ser humano. Es posible reconocer, además, otros factores, como la competencia por el uso del espacio, la introducción de especies exóticas, tanto domésticas como silvestres, la transmisión de enfermedades, el sobrepastoreo y la persecución por perros, sin dejar de lado el hostigamiento directo y la caza, los que todavía ocurren, al menos, en forma ocasional. La misma relevancia adquieren aquellos factores que, sin ser una causa de mortalidad directa, representan presiones negativas sobre la especie y la hacen más vulnerable y obligan a su desplazamiento hacia hábitats menos favorables. En dicha categoría se encuentra el desarrollo de actividades ganaderas, forestales y turísticas.

La caza ilegal de huemules, fuera o dentro de áreas naturales protegidas, sigue ocurriendo por parte de lugareños o cazadores. No obstante que esa práctica pueda ser baja en términos relativos, su efecto reviste alta gravedad cuando opera sobre poblaciones aisladas o de reducido tamaño como el huemul, especie amenazada y perteneciente al grupo de animales poseedores de una estrategia de vida tipo K, esto es, de desarrollo lento, reproducción tardía y bajos índices reproductivos.

Normativa y acciones de conservación

La caza y captura de esta especie está prohibida por la Ley de Caza y su reglamento en atención al nivel de amenaza de la especie. Se han establecido áreas silvestres protegidas especialmente para el huemul. Entre ellas figuran la reserva nacional Ñuble y el santuario y reserva nacional Huemules de Niblinto, ambas en la Región del Biobío, y la reserva nacional Lago Cochrane en la Región de Aysén.

En 1970, se crea el programa de conservación del huemul, que liderado por Conaf en un principio, y con el apoyo del Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora (Codeff), han realizado acciones de protección de sitios y educación ambiental. Hoy en día se ha redactado un Plan Nacional para la Conservación del Huemul que ha reunido en su formulación a servicios públicos, académicos y organizaciones no gubernamentales.



Huemules

Fuente: Especies Amenazadas de Chile, Conama, 2009.

Conservación versus explotación: manejo sustentable

Investigación bibliográfica sobre un debate actual de interés público

Uno de los problemas a los que se enfrenta la conservación de los ambientes naturales es el derivado de la fragmentación producida como resultado del uso indiscriminado de la superficie terrestre. Dadas las actuales tasas de ocupación de la superficie de nuestro planeta, es posible vislumbrar un futuro cercano en el que las únicas zonas inalteradas sean aquellas que hayan sido conservadas de manera explícita en la forma de reservas y parques naturales. En estas condiciones, la mantención de las funciones ecosistémicas y la diversidad de especies se verá seriamente comprometida. Hoy existen numerosos casos de especies a un paso de desaparecer debido a la falta de funcionalidad de los ecosistemas producida por su fragmentación. Muchos animales necesitan grandes extensiones para poder mantener poblaciones viables y de un tamaño suficiente para perpetuar la especie en presencia de fluctuaciones naturales del ambiente. La fragmentación puede hacer que las poblaciones se dividan en subpoblaciones incapaces de interactuar y, por lo tanto, de perpetuarse.

¿Cómo conservar los ambientes naturales?



A lo largo de la unidad hemos discutido acerca de la importancia de conservar los ambientes naturales con el fin de mantener las funciones ecosistémicas y evitar la extinción de especies. Hemos hablado también sobre el crecimiento poblacional humano y cómo esto aumenta las presiones de explotación sobre los recursos naturales, lo que causa un deterioro ambiental. Pero ¿cómo podemos conciliar nuestra necesidad creciente de recursos con la protección del planeta?

Si miramos nuestra historia, podemos ver que hasta este momento hemos sido capaces como especie de resolver la mayoría de los problemas que se nos han presentado, sin embargo, esto no es garantía de que podamos resolver todas las dificultades futuras a las que nos enfrentemos, incluido el inconveniente de la creciente demanda de recursos.

Por una parte, sabemos que es necesario proteger y mantener territorios extensos de nuestro planeta en la forma más inalterada posible, no con un afán meramente estético o recreativo, sino para conservar la funcionalidad de los ecosistemas naturales como proveedores de servicios irremplazables a nivel planetario. Pero entonces surgen las preguntas: ¿Cuánto conservar?, ¿Dónde conservar? ¿Qué conservar?

Es cierto que es necesario conservar y es probable que una mayor cantidad de zonas conservadas permita mejorar el funcionamiento y la mantención de los sistemas naturales en el largo plazo. Sin embargo, no será posible conservar todo por al menos dos razones: la primera es que en muchas regiones no hay grandes posibilidades de hacerlo, ya que el estado actual de intervención es de tal magnitud que no persisten los sistemas naturales originales o fueron completamente remplazados con fines prácticos en tiempos remotos. La segunda razón es que ciertamente necesitamos generar los recursos para mantenernos como especie y, dados los actuales indicadores demográficos, nuestra población seguirá aumentando al menos por un par de décadas, aun si hacemos un esfuerzo por reducir su crecimiento.

Esto significa que al menos una parte de la superficie terrestre deberá ser destinada para nuestras viviendas y otra para producir nuestros alimentos.

Gran parte del desarrollo de las ciudades en el pasado ha dependido más bien de iniciativas individuales o grupales influenciadas por consideraciones económicas y de comodidad y, por lo tanto, no ha existido mayor planificación ante el acelerado crecimiento de las ciudades. Obviamente, esto no puede continuar, porque de esta manera utilizaremos áreas muy extensas de manera ineficiente. Ya mencionamos que ciudades como Santiago han sido construidas sobre algunas de las tierras más fértiles de nuestro país.

La existencia de “megaciudades” a través del mundo puede ser vista de manera alarmante si se piensa en la gran cantidad de personas que ellas concentran. Bajo un modelo de crecimiento sin planificación y dependiente solo de la oferta y la demanda de terrenos, este incremento es peligroso, porque las ciudades tienden a extenderse sin control. Sin embargo, con una buena planificación y siempre y cuando el mayor crecimiento sea en altura, mediante la construcción de edificios, se simplifican las redes de abastecimiento y de transporte de las personas y de los bienes y se reducen los costos y el uso de recursos asociados. Además, de esta manera se utiliza una proporción menor del territorio y se puede reservar una parte importante para la producción de bienes y espaciamiento (parques, reservas, lugares públicos). Vinculado a un sistema eficiente de transporte y distribución de bienes y servicios, este modelo debiera producir un menor impacto per cápita que otras alternativas que tiendan a la expansión territorial de las ciudades.



▲ Imagen que muestra los niveles de contaminación lumínica en nuestro planeta. Los mayores focos de contaminación lumínica coinciden con las megaciudades.

Actividad

1. Formen grupos de trabajo y realicen una actividad de investigación sobre ejemplos relacionados con la conservación de los recursos naturales y cómo hacer uso de ellos de manera sustentable. Pueden utilizar la información que aparece en la unidad y recopilar otros antecedentes empíricos y teóricos al respecto.
2. Una vez que tengan la información, seleccionada a partir de fuentes confiables, elaboren un informe de la investigación y luego desarrollen una exposición como grupo curso donde puedan dar a conocer sus investigaciones.

¿Cómo hacer uso de los recursos de manera sustentable?

Al igual que todas las especies, los seres humanos necesitamos tener acceso a los recursos que posibiliten nuestra subsistencia. Sin embargo, a diferencia de otras especies, poseemos una capacidad exacerbada para cambiar nuestro entorno, lo que ha llevado a que produzcamos grandes alteraciones en nuestro planeta. A diferencia de otras especies, nuestra capacidad de raciocinio y la existencia de una conciencia moral, entre otras características, nos debieran llevar, tarde o temprano, a establecer un compromiso con el bienestar de nuestra especie y el medio ambiente como fuente de la habitabilidad de nuestro planeta.



Dicho compromiso se relaciona con tres ejes fundamentales sobre los que se sustenta nuestro desarrollo: el eje social, el económico y el medioambiental (ver esquema). Uno de los objetivos de todo sistema político es el bienestar social. Este tiene muchos aspectos por considerar y que requieren de una inversión social que solo es posible si se cuenta con los recursos económicos para hacerla posible. Parte importante de los recursos económicos proviene de la explotación de los recursos naturales, que son la fuente de las materias primas de los sistemas productivos que, a su vez, permiten el desarrollo económico.





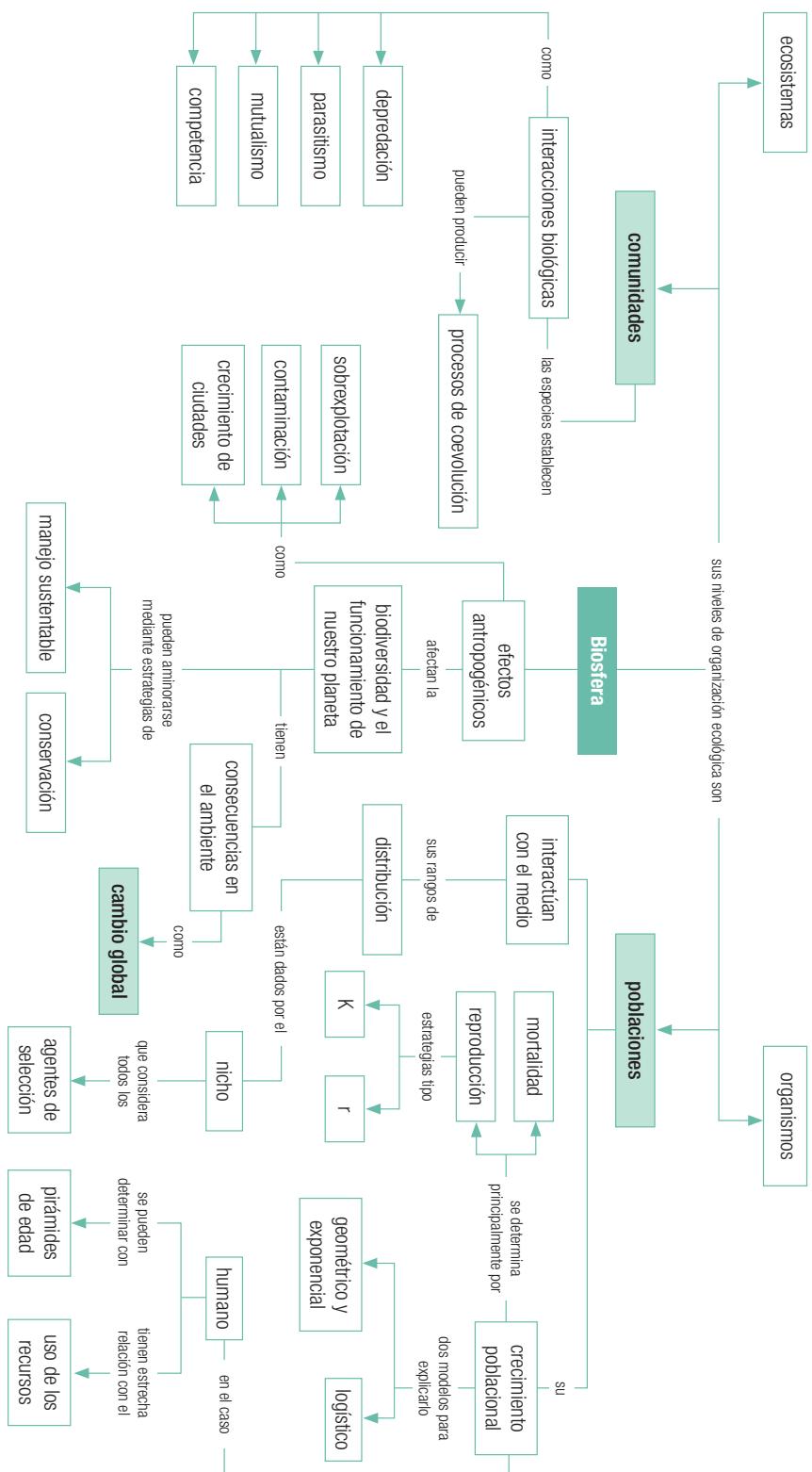
De este análisis, y sin tomar en cuenta ninguna consideración idealista o romántica acerca del medio ambiente, es fácil ver la necesidad de utilizar los recursos naturales de manera racional, sin comprometer, debido al uso actual, el empleo futuro de los mismos, lo que se conoce como **manejo sustentable de los recursos**. Está claro que en el actual orden de cosas será necesario destinar una parte de nuestro planeta a fines productivos y otra a albergar nuestra creciente población, pero esta utilización debe ser por los motivos correctos y con una magnitud e intensidad que no comprometa nuestro futuro como especie ni la funcionalidad de los sistemas naturales.

Es cierto que en el pasado distintas catástrofes a nivel planetario han producido extinciones masivas de grupos completos de especies. Aun así, la vida siempre se ha recuperado con renovados bríos por nuevos y aparentemente mejores caminos. Pero la pregunta es: ¿Queremos que la próxima gran extinción se produzca por motivo nuestro? Además, como en esto no hay garantías, ¿queremos ser una de las especies que desaparecerán debido a nuestra imposibilidad de adaptarnos a los cambios que nosotros mismos hemos causado en nuestro planeta? Las respuestas a estas preguntas no son fáciles ni dependen mucho de acciones individuales que cualquiera de nosotros pueda emprender, pero es cierto que en la medida en que más personas realicemos acciones tendientes a disminuir los efectos que producimos sobre el planeta, más posibilidades tenemos de cambiar nuestro destino como especie. La invitación está hecha, ahora depende de ti si quieres formar parte de este cambio de visión.

Organizando favoritos

Síntesis

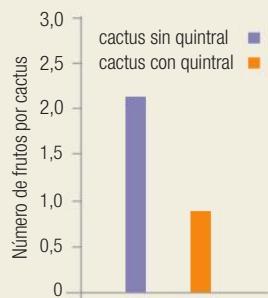
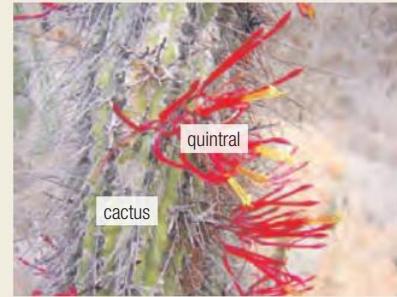
El siguiente organizador gráfico resume las relaciones entre los principales contenidos abordados en la unidad. Léelo y luego construye un ensayo que incluya al menos 15 de los conceptos que en este se mencionan.



Te invitamos a resolver el siguiente ejemplo de pregunta de análisis que tiene relación con las interacciones biológicas.

1. En la Zona Central de Chile, algunos cactus con grandes flores blancas tienen, además, racimos de llamativas flores rojas. Estas son de quinbral, una planta que vive dentro de algunas especies de cactus y solo aparece en su superficie para florecer y dar frutos, unas pequeñas bayas rosadas. Las tencas comen los frutos y a veces defecan en otros cactus, depositando semillas del quinbral sobre estos. Algunas semillas germinan, sus raíces penetran el cactus y la planta se desarrolla en su interior.

Ecólogos estudiaron este tipo de interacción biológica y obtuvieron los resultados que se observan en los siguientes gráficos.



A partir de los resultados anteriores, ¿qué conclusiones se pueden obtener?

- I. La presencia de quinbral es perjudicial para el cactus.
 - II. Las tencas dispersan las semillas de los cactus.
 - III. Hay un beneficio mutuo entre los organismos.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo I y II
E. I, II y III

A continuación analicemos las respuestas.

- A. **Correcta.** A partir de los resultados obtenidos, es posible concluir que el cactus se ve perjudicado en su interacción con el quinbral, ya que al convivir disminuye su cantidad de frutos y de semillas en comparación con lo que ocurre al desarrollarse solo. Por ende, es posible inferir que el quinbral ocupa parte del agua y de los nutrientes de su huésped.
- B. **Incorrecta.** En la introducción se menciona que las tencas dispersan las semillas de quinbral. Si bien es posible que también disperse las semillas de cactus, esta información no aporta evidencias para elaborar conclusiones a partir de los resultados graficados, por lo tanto, resulta irrelevante.
- C. **Incorrecta.** A partir de los resultados es posible determinar que esta interacción no es beneficiosa para ambos organismos, ya que el cactus se ve perjudicado.
- D. **Incorrecta.** Tal como ya se explicó, la opción II es incorrecta, por lo tanto, aunque incluye la opción I, la alternativa D es falsa.
- E. **Incorrecta.** Las opciones II y III son incorrectas, por lo tanto, la alternativa E también lo es.

Entonces la alternativa correcta es A

| | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | A | B | C | D | E |
| 1 | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

V erificando disco

Evaluación final

I. Marca la alternativa que consideres correcta.

1. Selecciona la fila de la tabla que dé cuenta correctamente de qué tipo interacción se trata y de su efecto.

| | Interacción | Tipo de interacción | Efecto |
|----|-------------|---------------------|--------------------|
| A. | Competencia | (+/-) | densodependiente |
| B. | Parasitismo | (-/-) | densoindependiente |
| C. | Simbiosis | (+/-) | densodependiente |
| D. | Mutualismo | (+/-) | densoindependiente |
| E. | Depredación | (-/0) | densodependiente |

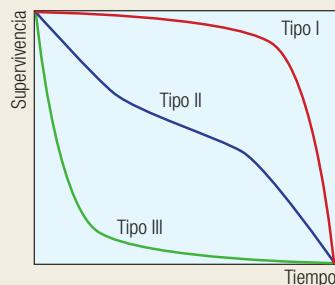
2. Para calcular la tasa de crecimiento poblacional se utiliza la siguiente fórmula: $r = (c - d) + (x - y)$, donde el significado respectivo de cada incógnita es:

| | c | d | x | y |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| A. | mortalidad | inmigración | natalidad | emigración |
| B. | emigración | mortalidad | inmigración | natalidad |
| C. | mortalidad | natalidad | emigración | inmigración |
| D. | inmigración | emigración | mortalidad | natalidad |
| E. | natalidad | mortalidad | inmigración | emigración |

3. ¿Cuál de las siguientes características no es propia del crecimiento geométrico?

- A. Un ejemplo es la reproducción bacteriana.
- B. Da cuenta de una limitación en los recursos disponibles.
- C. La tasa de crecimiento per cápita se mantiene constante.
- D. Aumenta el tamaño poblacional en cada ciclo de reproducción.
- E. El tamaño poblacional aumenta considerablemente en unos pocos ciclos reproductivos.

En relación con el siguiente gráfico de los tipos de curvas de supervivencia, responde las preguntas 4 y 5.



4. Elige la aseveración incorrecta. Los organismos de la curva:

- A. tipo I poseen una alta supervivencia infantil.
- B. tipo III en general poseen una alta tasa de reproducción.
- C. tipo III poseen una alta mortalidad de individuos al inicio de sus vidas.
- D. tipo II poseen una tasa de mortalidad relativamente constante a lo largo de sus vidas.
- E. tipo I poseen una tasa de mortalidad que disminuye hacia el final de su ciclo de vida.

5. En relación con las estrategias y las curvas de supervivencia responde:

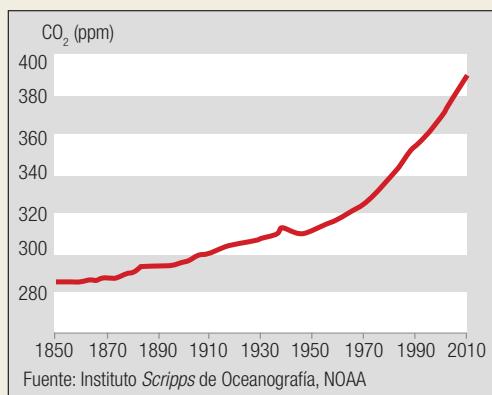
- I. estrategas K presentan curvas de supervivencia tipo I.
 - II. estrategas r presentan curvas de supervivencia tipo II.
 - III. estrategas r presentan curvas de supervivencia tipo III.
- A. Solo I
 - B. Solo II
 - C. Solo III
 - D. Solo I y II
 - E. Solo I y III

6. La siguiente curva representa el crecimiento poblacional humano. De ella se puede concluir que:



- A. los seres humanos somos estrategas tipo r.
- B. se ha superado la capacidad de carga para el planeta.
- C. los seres humanos poseemos una curva de supervivencia tipo I.
- D. presenta un crecimiento geométrico en los últimos miles de años.
- E. Todas las aseveraciones anteriores se pueden concluir a partir del gráfico.

7. El siguiente gráfico representa las tendencias en la variación de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera entre los años 1850 y 2010. Se puede decir que:



- I. históricamente ha habido fluctuaciones en los niveles de CO₂.
 - II. el aumento del CO₂ produce un incremento en las temperaturas del planeta.
 - III. en los últimos años los niveles de carbono se han incrementado más allá de las fluctuaciones habituales.
- A. Solo I
B. Solo III
C. Solo I y II
D. Solo I y III
E. Solo II y III
- II. Completa los párrafos con los conceptos correspondientes.
8. En la naturaleza la mayoría de las poblaciones crecen según el modelo _____. Cuando una población empieza a aumentar de tamaño, al comienzo crece muy rápido. Esto se mantiene hasta que algún factor comienza a _____ el crecimiento. La curva se aplana y el tamaño de la población se _____ con escasas variaciones, hasta alcanzar la _____ del ambiente.
9. Las circulaciones generales, tanto _____ como _____, son procesos de escala global por medio de los cuales se distribuye la _____ a través de nuestro planeta. Sin medios fluidos, como la _____ y la _____, toda la transferencia de calor en nuestro planeta se hubiese visto seriamente limitada, lo cual probablemente hubiese imposibilitado la aparición de la _____.

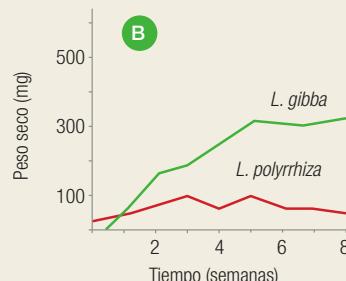
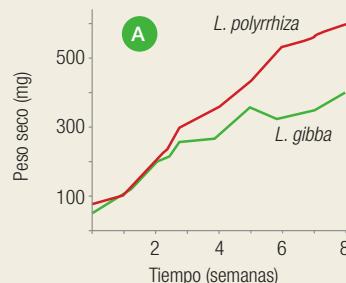
III. Responde las preguntas de desarrollo.

10. ¿Qué factores de los estudiados en la unidad podrían dar cuenta del actual incremento en las presiones de explotación sobre los sistemas naturales?

11. Define con tus propias palabras qué es la coevolución.

12. Los siguientes gráficos representan el crecimiento de dos especies de lentejas de agua (*Lemna polyrrhiza* y *Lemna gibba*) en dos condiciones distintas. A partir de su correcto análisis, responde:

- a. ¿En cuál de los dos gráficos se está representando el crecimiento de las especies por separado y en cuál de ellos cuando se cultivaron juntas? ¿Por qué? Justifica tu respuesta.
- b. ¿Qué tipo de interacción establecen ambas especies?
- c. ¿Cuál(es) de las especies se ve(n) perjudicada(s) en la interacción?



IV. Analiza la siguiente situación procedural y luego responde.

Robert MacArthur, ecólogo estadounidense, estudió cinco especies de aves (gorjeadores) que habitan normalmente en los bosques del noreste de Estados Unidos. Dichas aves se alimentan de insectos que cazan en los árboles. MacArthur, además, observó que estas generalmente comían en distintas zonas de los árboles.

La figura muestra las zonas de alimentación de las cinco especies de gorjeadores en un árbol. Las áreas coloreadas indican la principal zona de alimentación de cada especie. Este patrón de utilización de los recursos permite que las cinco especies se alimenten en los mismos árboles.

Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones

Dada la información del enunciado, ¿qué interacción biológica es probable que esté ocurriendo entre las especies de gorjeadores?

¿Qué experimento permitiría saber si la coexistencia de estas especies es posible por una restricción de sus nichos?

Imagina que una de estas especies de gorjeadores fuese un competidor dominante. Explica cómo un depredador que se alimente de estas aves podría mantener un patrón semejante al observado por MacArthur. Ayuda: recuerda el experimento realizado por Paine.



I. Revisa tus respuestas de alternativas y de desarrollo.

| Pregunta | Contenido evaluado | Habilidad | Clave/Respuesta | Logro alcanzado |
|----------|---|------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Tipos de interacciones biológicas. Páginas 114 a 131. | Recordar | | |
| 11 | | Recordar | | |
| 12 | | Comprender | | 3 |
| 2 | Crecimiento poblacional. Páginas 132 a 141. | Recordar | | |
| 3 | | Comprender | | |
| 6 | | Aplicar | | |
| 8 | | Recordar | | |
| 4 | Curvas de crecimiento y estrategias reproductivas. Páginas 132 a 135. | Comprender | | |
| 5 | | Comprender | | 2 |
| 7 | Procesos naturales y cambio global. Páginas 142 a 155. | Analizar | | |
| 9 | | Recordar | | |
| 10 | | Analizar | | 3 |

II. Revisa los criterios que se consideran para la respuesta correcta de la situación procedimental.

| Etapa del método | Criterios |
|---|---|
| Interpretación de resultados y elaboración de conclusiones. | <p>La respuesta correcta debe hacer referencia a la competencia interespecífica. Dado que todas las aves consumen insectos, es probable que compitan entre ellas por este recurso. Otras interacciones, como la depredación o el mutualismo, no se pueden deducir a partir del enunciado.</p> <p>Una posible respuesta sería sacar del sistema a una de las especies y ver si las especies restantes modifican su distribución o se mantiene lo observado.</p> <p>Si una de las especies fuese un competidor dominante, debería excluir a las otras del uso del recurso. En este caso, la coexistencia podría explicarse si el depredador consume preferentemente al competidor dominante, lo que podría permitir que las otras especies coexistan.</p> |

Mi ESTADO

Anota el nivel de logro de tus aprendizajes de la unidad según la categoría de desempeño dada: 1. Por lograr; 2. Medianamente logrado; 3. Bien logrado.

- Conocí las principales características de algunas interacciones biológicas que se dan en las poblaciones y en las comunidades.
- Identifiqué el efecto de la actividad humana en los ecosistemas a través de ejemplos concretos.
- Analicé el problema del crecimiento poblacional humano a nivel mundial.
- Reconocí los principios básicos de la biología de la conservación.
- Investigué y reflexioné a partir de un tema de actual interés público e identifiqué las fuentes de discrepancia.

Recopilando disco

- I. Para responder, ennegrece en la hoja de respuestas el óvalo de la alternativa que consideres correcta.

Utiliza la información de la siguiente tabla para responder las preguntas 1, 2 y 3.

| 1. ^a posición | 2. ^a posición | | | | 3. ^a posición |
|-----------------------------|-----------------------------|---------|------------|------------|-----------------------------|
| | U | C | A | G | |
| U | UUU Phe | UCU Ser | UAU Tyr | UGU Cys | U |
| | UUC Phe | UCC Ser | UAC Tyr | UGC Cys | C |
| | UUA Leu | UCA Ser | UAA Parada | UGA Parada | A |
| | UUG Leu | UCG Ser | UAG Parada | UGG Trp | G |
| C | CUU Leu | CCU Pro | CAU His | GCU Arg | U |
| | CUC Leu | CCC Pro | CAC His | CGC Arg | C |
| | CUA Leu | CCA Pro | CAA Gln | CGA Arg | A |
| | CUG Leu | CCG Pro | CAG Gln | CGG Arg | G |
| A | AUU Ile | ACU Thr | AAU Asn | AGU Ser | U |
| | AUC Ile | ACC Thr | AAC Asn | AGC Ser | C |
| | AUA Ile | ACA Thr | AAA Lys | AGA Arg | A |
| | AUG Met | ACG Thr | AAG Lys | AGG Arg | G |
| G | GUU Val | GCU Ala | GAU Asp | GGU Gly | U |
| | GUC Val | GCC Ala | GAC Asp | GGC Gly | C |
| | GUA Val | GCA Ala | GAA Glu | GGA Gly | A |
| | GUG Val | GCG Ala | GAG Glu | GGG Gly | G |

Dada la siguiente secuencia de ADN:

5'-CAT-CCT-AGT-ATT-AGA-3'

- ¿Cuál es la cadena complementaria?
 - 5'-GUA-GGA-UCA-UAA-UCU-3'
 - 5'-GTA-GGA-TCA-TAA-TCT-3'
 - 3'-GUA-GGA-UCA-UAA-UCU-5'
 - 3'-GTA-GGA-TCA-TAA-TCT-5'
 - 5'-ACG-AAG-CTG-CGG-CTC-3'
- ¿Cuál es el ARNm correspondiente a la cadena complementaria anterior?
 - 5'-CAU-CCU-AGU-AUU-AGA-3'
 - 3'-GUA-GGA-UCA-UAA-UCU-5'
 - 3'-CAT-CCT-AGT-ATT-AGA-5'
 - 5'-GUA-GGA-UCA-UAA-TCU-3'
 - 3'-CAU-CCU-AGU-UAU-AGA-5'

3. ¿Cuál es la cadena polipeptídica que se origina?

- Arg – Ile – Ser – Pro – His.
- Val – Gly – Ser – Parada – Ser.
- His – Pro – Ser – Ile – Arg.
- His – Pro – Ser – Tyr – Arg.
- Val – Gly – Ser – Parada – Ser.

4. ¿En cuál(es) de las siguientes estructuras existe transcripción del material genético?

I. Mitocondrias

II. Núcleo

III. Ribosomas

- Solo I
- Solo II
- Solo III
- Solo I y II
- Solo II y III

5. Con respecto a las copias resultantes de la replicación del ADN se puede afirmar que:

- ambas hebras de ADN son nuevas.
- ambas hebras de ADN son conservadas.
- una hebra de ADN es conservada y otra es nueva.
- una hebra es de ADN y la otra es su ARN complementario.
- cada hebra de ADN tiene una mitad conservada y otra nueva.

6. Si a una célula se le incorpora timina marcada radiactivamente, entonces esta marca se encontrará en:

- el ADN.
- el ARN mensajero.
- el ARN de transferencia.

- Solo I
- Solo II
- Solo III
- Solo I y II
- I, II y III

7. Si durante la transcripción se incorpora uracilo marcado radiactivamente, entonces esta marca se encontrará en:
- los ribosomas.
 - el ARN mensajero.
 - la proteína formada.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo I y II
E. I, II y III
8. Si la información contenida en el siguiente gen es traducida en una proteína, ¿cuál es el orden correcto de los anticodones de ARNt?
- Gen = GGC-TAG-CCT-ATA-CAG-TAA-CTT-GCC
- A. GGC-AAG-TTA-CTG-TAT-AGG-CTA-GCC
B. CCG-ATC-GGA-TAT-GTC-ATT-GAA-CGG
C. GGC-TAG-CCT-ATA-CAG-TAA-CTT-GCC
D. CCG-AUC-GGA-UAU-GUC-AUU-GAA-CGG
E. GGC-AAG-UUA-CUG-UAU-AGG-CUA-GCC
9. Si en una célula se inhibe la transcripción y luego de unas horas se comparan sus componentes moleculares con los de una célula sin intervenir se constatará que la primera tendrá una menor cantidad de:
- ARNt.
 - ARNm.
 - proteínas.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo II y III
E. I, II y III
10. Los codones CCC, GGG, y UUU especifican los aminoácidos prolina (Pro), glicina (Gly) y fenilalanina (Phe), respectivamente. ¿Cuál de las siguientes secuencias podría especificar el péptido Pro-Gly-Phe en la hebra molde de ADN?
- A. 3'-GGG-CCC-UUU-5'
B. 3'-GGG-CCC-AAA-5'
C. 3'-CCC-GGG-TTT-5'
D. 3'-CCC-GGG-UUU-5'
E. 5'-GGG-CCC-AAA-3'

11. Con respecto a la estructura del ADN se puede afirmar que:

- está formada por una doble hélice antiparalela.
 - ambas hebras presentan complementariedad de bases.
 - la interacción entre A y T es más débil que entre G y C.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo I y II
E. I, II y III

12. Si se unen los siguientes anticodones (ARNt):

AUU-GGU-CCU-CUU-GCG

¿Cuál es la secuencia respectiva de la hebra molde de ADN?

- A. 3'-ATT-GGT-CCT-CTT-GCG-5'
B. 3'-CGC-AAG-AGG-ACC-AAU-5'
C. 3'-UAA-CCA-GGA-GAA-CGC-5'
D. 3'-AUU-GGU-CCU-CUU-GCG-5'
E. Ile – Gly – Pro – Leu – Ala

13. ¿Cuál de las siguientes alternativas se relaciona con la redundancia del código genético?

- A. Todos los codones codifican aminoácidos.
B. El mismo codón codifica para más de un aminoácido.
C. Un aminoácido está codificado por más de un codón.
D. Los codones de término también codifican aminoácidos.
E. Varios codones codifican las señales de inicio de traducción.

14. Con respecto a la replicación del ADN, ¿cuál de las siguientes alternativas es correcta?

- I. Una hebra actúa como molde.
II. Participa la ARN polimerasa.
III. Se genera una molécula de ARNm.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo II y III
E. I, II y III



Recopilando disco

I. Para responder, ennegrece en la hoja de respuestas el óvalo de la alternativa que consideres correcta.

1. ¿Qué características presentan los anticuerpos?

- I. son proteínas.
- II. se sintetizan en los linfocitos T.
- III. reconocen específicamente a un antígeno.

Es (son) correctas:

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. Solo I y III
- E. I, II y III

2. ¿Qué tipo de inmunidad recibe un niño al momento de ser vacunado?

- A. Natural – activa.
- B. Artificial – activa.
- C. Artificial – pasiva.
- D. Natural – pasiva.
- E. No se puede determinar.

3. El blanco principal del VIH al actuar sobre el sistema inmune es:

- A. bloquear la selección clonal.
- B. infectar a los linfocitos T CD4.
- C. activar la acción de los macrófagos.
- D. inhibir la función de los linfocitos B.
- E. impedir la producción de anticuerpos.

4. Sobre la inmunidad adaptativa es correcto decir que:

- I. se produce por la activación de los linfocitos T.
- II. se secretan anticuerpos hacia la linfa y la sangre.
- III. ocurre un reconocimiento de los antígenos por las inmunoglobulinas.

- A. Solo I
- B. Solo I y II
- C. Solo I y III
- D. Solo II y III
- E. I, II y III

5. ¿Cuál(es) de las siguientes características es (son) propias de la inmunidad natural o innata?

- I. Es de reacción inmediata.
- II. Responde ante antígenos específicos.
- III. Se activan mecanismos de memoria inmunológica.

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. Solo I y II
- E. Solo II y III

6. En 1928, Alexander Fleming observó que en una cápsula de Petri que contenía un cultivo de bacterias había un hongo en torno al cual no crecían bacterias. Fleming pensó: "El hongo libera una sustancia que mata a las bacterias". Esta frase de Fleming constituye un(a):

- A. experimento.
- B. observación.
- C. hipótesis.
- D. conclusión.
- E. ley.

7. ¿Cuál(es) de las siguientes alternativas puede(n) ser considerada(s) como una barrera física no específica del sistema inmune?

- I. La lisozima de la saliva.
- II. Los cilios de la tráquea.
- III. El pH ácido del estómago.

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. I, II y III
- E. Ninguna de las anteriores.

8. ¿Cuál(es) de las siguientes alternativas es (son) correcta(s) respecto del uso de sueros inmunológicos?

- I. No se establece memoria inmunológica.
 - II. Se utilizan anticuerpos de otro organismo.
 - III. Le otorgan inmunidad artificial pasiva al paciente.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo II y III
E. I, II y III

9. ¿Cuál(es) de las siguientes alternativas es (son) correcta(s) respecto de la teoría de la selección clonal?

- I. Se origina una progenie idéntica de linfocitos clonales.
 - II. Los linfocitos que se unen a antígenos propios son eliminados.
 - III. Los linfocitos que provienen de un precursor reconocen el mismo antígeno.
- A. Solo I
B. Solo I y II
C. Solo I y III
D. Solo II y III
E. I, II y III

10. ¿Cuál(es) de las siguientes alternativas es (son) correcta(s) respecto de las vacunas?

- I. Son un tipo de inmunidad artificial activa.
 - II. Son preparadas a partir de agentes patógenos.
 - III. Los anticuerpos estimulan la producción de antígenos específicos.
- A. Solo I
B. Solo I y III
C. Solo I y II
D. Solo II y III
E. I, II y III

11. ¿Qué tienen en común las citocinas, los interferones y las proteínas del complemento?

- I. Su naturaleza proteica.
 - II. Que participan de la respuesta inmune.
 - III. Que poseen el mismo mecanismo de acción.
- A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. Solo I y II
E. Solo I y III

12. El sistema inmune innato:

- A. tiene una respuesta inmune específica.
- B. existe desde el nacimiento, heredado de los padres.
- C. se modifica tras la exposición reiterada al antígeno.
- D. confiere inmunidad duradera contra los patógenos.
- E. requiere de un reconocimiento previo del antígeno.

13. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto a los virus?

- A. Poseen material genético.
- B. Son organismos unicelulares.
- C. Se reproducen asexualmente.
- D. Poseen una maquinaria metabólica.
- E. Se pueden observar al microscopio óptico.

14. ¿Cuál de las siguientes características no es propia de la inmunidad adaptativa?

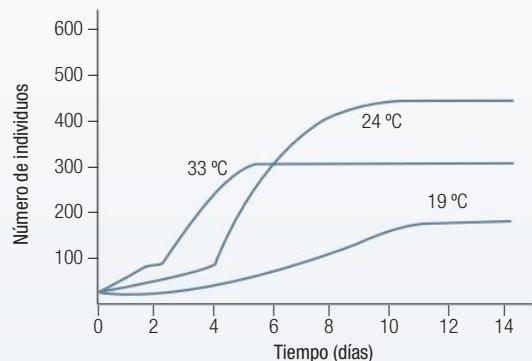
- A. La alta especificidad de respuesta.
- B. El mecanismo de memoria inmunológica.
- C. La presencia de barreras químicas y físicas.
- D. La capacidad de distinguir lo propio de lo ajeno.
- E. La capacidad de responder a diversos patógenos.



Recopilando disco

I. Para responder, ennegrece en la hoja de respuestas el óvalo de la alternativa que consideres correcta.

1. El siguiente gráfico muestra la influencia de la temperatura del agua sobre el desarrollo del crustáceo conocido como pulga de mar.



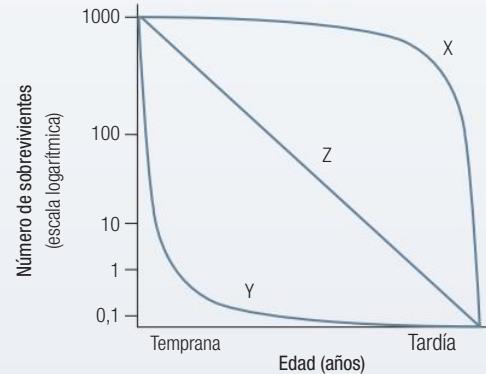
A partir de su análisis, se concluye correctamente que:

- A. la población aumenta su longevidad a 19 °C.
 - B. las curvas de crecimiento son de tipo exponencial.
 - C. el tamaño máximo de la población se alcanza a 24 °C.
 - D. la pulga de mar es un organismo que regula su temperatura.
 - E. la capacidad de carga es independiente de la temperatura ambiente.
2. ¿En cuál de las siguientes alternativas se ordenan, por complejidad creciente, los distintos niveles de organización ecológica?
- A. especie – comunidad – población – ecosistema.
 - B. célula – tejido – órgano – sistema – organismo.
 - C. ecosistema – comunidad – población – especie.
 - D. organismo – sistema – órgano – tejido – célula.
 - E. organismo – población – comunidad – ecosistema.
3. El comensalismo es una relación interespecífica que se caracteriza porque:
- A. las dos especies se benefician y es obligatoria para ambas.
 - B. una especie se beneficia y para la otra la relación es indiferente.
 - C. en ella siempre se ve perjudicada una de las especies participantes.
 - D. una especie se ve perjudicada y para la otra la relación es indiferente.
 - E. las dos especies se benefician y no es obligatoria para los organismos participantes.

4. El concepto “estrategia K” se refiere a organismos:

- A. con una alta mortalidad en las primeras etapas del ciclo de vida.
- B. que engendran una gran cantidad de crías que tienden a vivir más tiempo.
- C. con ciclo de vida corto y que tienden a encontrarse en peligro de extinción.
- D. que suelen ser de tamaño pequeño y no desarrollan estrategias defensivas.
- E. que producen pocas crías y les dedican esfuerzos hasta completar su desarrollo.

El siguiente gráfico muestra la curva de supervivencia de tres especies distintas (X, Y, Z). A partir de su interpretación, responde las preguntas 5 y 6.



5. Es correcto inferir que la especie:

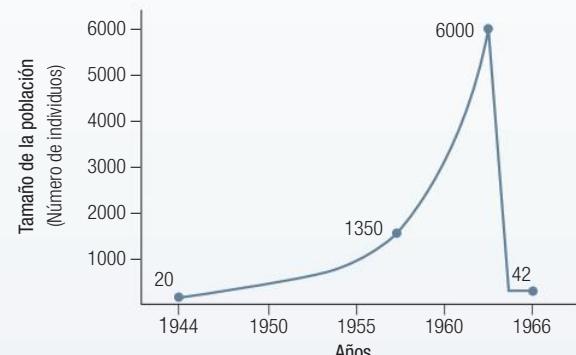
- I. X presenta una mayor mortalidad en edades tardías.
 - II. Z presenta una tasa de mortalidad constante en todas las edades.
 - III. Y presenta un comportamiento de estrategas del tipo r.
- | | |
|----------------|------------------|
| A. Solo I | D. Solo II y III |
| B. Solo II | E. I, II y III |
| C. Solo I y II | |

6. Es correcto inferir que la especie:

- I. Y presenta alta mortalidad en edades tempranas.
 - II. Z es la que posee mayor número de sobrevivientes.
 - III. X tiene un comportamiento de estrategas del tipo K.
- | | |
|-------------|-----------------|
| A. Solo I | D. Solo I y II |
| B. Solo II | E. Solo I y III |
| C. Solo III | |

- 7.** Una población se mantiene en equilibrio cuando:
- la inmigración es mayor que la emigración.
 - no se producen emigraciones ni inmigraciones.
 - el número de emigrantes es igual al de individuos nacidos.
 - el número de inmigrantes es igual al de individuos muertos.
 - no hay migraciones y la natalidad es igual a la mortalidad.
- 8.** En un ecosistema la especie 1 depreda a la especie 2. Si como resultado de la intervención humana se produce una disminución de la especie 2, entonces:
- aparecerán nuevos depredadores de 1.
 - se mantendrá la especie de 1 sin cambios.
 - la especie 2 emigrará buscando nuevas presas.
 - la población de 1 sobrepasará la capacidad de carga.
 - el ecosistema, en general, se mantendrá sin cambios.
- 9.** Una población de insectos en su ambiente natural presenta una curva de supervivencia de tipo III porque:
- las tasas de natalidad y mortalidad son constantes.
 - la tasa de natalidad es variable a través del tiempo.
 - la tasa de natalidad aumenta en forma exponencial.
 - la tasa de mortalidad es máxima en edades avanzadas.
 - la tasa de mortalidad es máxima en edades tempranas.
- 10.** ¿Cuál de las siguientes acciones del ser humano ha contribuido con el cambio global del planeta?
- la sobreexplotación de especies.
 - la contaminación de las aguas.
 - la deforestación de los bosques.
 - la quema de combustibles fósiles.
 - Todas las anteriores.
- 11.** De las siguientes actividades humanas, ¿cuál provoca un daño en los ecosistemas naturales?
- La introducción de especies foráneas.
 - El uso de pesticidas en la agricultura.
 - La destrucción de los hábitats naturales.
 - La cacería ilegal y sobreexplotación de especies.
 - Todas las anteriores.

- 12.** Se introdujeron ciervos en una isla en la que no existían sus depredadores naturales. Analiza el siguiente gráfico y luego responde.



¿Qué pudo causar la drástica caída en el número de individuos de la población de ciervos?

- La competencia entre los individuos por espacio y recursos alimenticios.
- Un aumento excesivo de la tasa de natalidad por sobre la tasa de mortalidad.
- El agotamiento de los recursos, lo que hizo que la población superara la capacidad de carga.
- Haber presentado una estrategia de supervivencia tipo r para conservar su población.
- La introducción de pumas a la isla, su depredador natural, lo que provocó su disminución.

- 13.** Una serpiente y un ave rapaz acostumbran a cazar de noche y se alimentan de la misma presa. De acuerdo a lo anterior, lo más probable de predecir es que:

- el ave rapaz adopte conductas de carroñero.
- uno de los dos cambie sus hábitos y cace de día.
- se extinga la presa ante la caza de los depredadores.
- la especie más perjudicada seleccione otra presa para depredar.
- se establezca una relación de competencia entre la serpiente y el ave.

- 14.** ¿Qué tipo de relación se establece entre una planta con flor y un insecto que la poliniza?

- Competencia.
- Mutualismo.
- Amensalismo.
- Depredación.
- Parasitismo.



Etapas necesarias para desarrollar un proyecto científico

I. Concebir la idea a investigar

Organizar las funciones dentro del proyecto

- Formen grupos de trabajo y definan las funciones que va a cumplir cada estudiante: coordinador, vocero, secretario, entre otros. En un proyecto, todos los integrantes van a ser partícipes de la investigación como tal, pero hay ciertas tareas concretas para las que deberán asignar roles.

| Estudiante | Rol |
|------------|-----|
| | |

Plantear el problema de investigación y definir las hipótesis

- Seleccionen un problema de investigación. Pueden trabajar una idea propuesta en el texto, escoger un tema sugerido por su profesor o profesora o definirlo a partir de una lluvia de ideas que se origine entre los integrantes del propio grupo.
- Establezcan los objetivos del proyecto de investigación.
- Redacten una lista de preguntas relacionadas con el problema en cuestión. Por ejemplo:

¿Qué es lo que queremos saber o explicar acerca del tema?

¿Qué tipo de observaciones serían las más adecuadas y cómo podríamos llevarlas a cabo?

¿Cuál sería la mejor manera de contestar nuestras preguntas?

¿Qué esperamos que ocurra?

- A partir de lo anterior, hagan otra lista con aquello que conocen sobre el tema.
- Planteen las primeras hipótesis y definan las variables en estudio.
- Hagan una lista con aquello que no conocen sobre el tema y que sea necesario para responder la pregunta de investigación. Repartan las tareas necesarias para buscar información al respecto. No olviden incluir las fuentes bibliográficas.
- Como grupo, estudien y analicen la información recopilada por todos los integrantes.

| Estudiante | Tarea | Información aportada |
|------------|-------|----------------------|
| | | |

Establecer el marco teórico

El marco teórico contempla todas las ideas y conocimientos previos que se tienen con respecto al tema y que sirven como punto de partida para el proceso de investigación.

- Elaboren el marco teórico a partir de la información que recopilaron en las referencias. Recuerden que es fundamental recurrir a fuentes con información confiable.
- Revisen la hipótesis que van a utilizar y, en caso de ser necesario, reformúlenla.
- Determinen si la información que han recopilado es suficiente o si necesitan ampliar su búsqueda. Si es así, distribuyan las tareas.
- Analicen la viabilidad del proyecto y lo que esperan lograr.
- Determinen qué tipo de ayudas pueden necesitar y contacten a quienes estimen necesario para ello.
- Definan las etapas que va a requerir la investigación y los plazos que se van a poner para cumplir cada una de ellas.

II. Desarrollo de la investigación

Seleccionar el diseño de investigación y recolectar información

- Elaboren una lista con propuestas de experimentos para seleccionar el diseño más apropiado. Deben indicar objetivos, materiales necesarios, métodos, técnicas, pasos procedimentales, duración, fuentes bibliográficas y posibles dificultades.
- Estudien cada propuesta, escojan un experimento y repartan las tareas requeridas para llevarlo a cabo. Definan la forma idónea de recolectar los datos según el tipo de investigación.

¿Qué datos son cruciales para responder el problema?

¿Qué observaciones y mediciones debemos hacer?

- Anoten en una bitácora la fecha y la hora de la investigación, datos recopilados, dibujos, diagramas, todo tipo de registros, notas sobre las observaciones, preguntas adicionales, preocupaciones, cambios en el procedimiento, ideas nuevas, etc.
- No olviden tomar fotografías o grabar la experiencia a realizar.

Analizar la información

- Analicen la información recopilada en el trabajo procedural: observaciones generales (cualitativas) acerca de la ejecución del procedimiento (antes, durante y después de este) y observaciones cuantitativas de las variables en estudio (datos). Pueden ayudarse construyendo tablas y gráficos para representar los datos obtenidos. A partir de esta interpretación, respondan las siguientes preguntas para fortalecer la discusión y elaborar las conclusiones:

¿Obtuvimos los resultados esperados?

¿El experimento confirma o refuta nuestra hipótesis inicial?

¿Qué otras explicaciones que no estamos considerando podrían dar cuenta de lo observado?

¿Qué problemas u errores que no pudimos prever se presentaron?

¿Es necesario realizar otros experimentos? ¿Cuáles?

¿Qué otras interrogantes quedan por responder?

¿Qué proyecciones puede tener este proyecto de investigación?

¿Cómo organizaremos los datos para presentar con claridad los resultados obtenidos y la respuesta a nuestra pregunta?

¿Cómo debemos ordenar las evidencias para elaborar nuestra explicación?

¿Se puede mejorar nuestro experimento? Si es así, decidan qué cambios harían y repartan las tareas para repetir el experimento o la recolección de datos.

III. Presentar la información

Elaborar el informe de investigación

- Escriban un informe que dé cuenta del desarrollo de la investigación (ver pauta de la página 171). Incluyan una autoevaluación que deberá completar cada integrante del grupo acerca de su propio desempeño. Consideren los siguientes criterios:

| Estudiante | Criteria | Sí | No |
|------------|--|----|----|
| | ¿Participé activamente en la realización del proyecto? | | |
| | ¿Propuse ideas y colaboré para solucionar dificultades? | | |
| | ¿Quedé conforme con mi participación en el proyecto? | | |
| | ¿Comprendo el tema del proyecto como para explicárselo a un compañero o compañera? | | |

Anexo proyectos

Exponer el trabajo de investigación

- Distribuyan las tareas necesarias para preparar una exposición oral y definan el material de apoyo que vayan a necesitar según el formato de la presentación (póster, presentación PPT o video).
- Inventen un título atractivo que haga referencia en pocas palabras al contenido del proyecto.
- Declaren las ideas generales de manera secuencial, lógica y que resulte fácil de leer. Avancen siempre desde lo general a lo particular; esto permite orientar a la audiencia para que logre relacionar los resultados con sus conclusiones.
- Incorporen de manera vistosa la pregunta que guió el proyecto y presenten los resultados utilizando gráficos, diagramas, tablas y fotografías en caso de ser necesarias.
- Presenten su proyecto científico al curso y abran un espacio de discusión al respecto. La presentación no debiese durar más de 15 minutos. Para enriquecer la discusión es importante que sus compañeros y compañeras conozcan el informe preparado por ustedes como grupo antes de que se inicie la exposición del tema.
- Incluir en la presentación:

| ¿Qué? | ¿Para qué? |
|--|---|
| ¿Por qué investigamos este tema? | Para presentar el problema y las hipótesis. |
| ¿Cómo investigamos? | Para describir el método utilizado. |
| ¿Qué encontramos? | Para dar a conocer sus resultados. |
| ¿Aceptamos la hipótesis? | |
| ¿Respondimos la pregunta inicial? | |
| ¿Qué interrogantes surgieron? | |
| ¿Cómo podría continuarse este proyecto de investigación? | Para presentar las conclusiones y proyecciones de la investigación. |

- Se pueden ayudar con tarjetas que incluyan información clave y les sirvan de pauta para exponer.
- Antes de realizar la exposición, tengan presentes las siguientes consideraciones:

| Críterio | Sí | No |
|--|----|----|
| ¿Dominamos como grupo el tema que vamos a presentar? | | |
| ¿Consideramos los tiempos que requiere cada integrante del grupo en la exposición? | | |
| El material de apoyo ¿está bien presentado y potencia la presentación del proyecto? | | |
| ¿Incluimos en la presentación la descripción del proyecto, el análisis de los resultados y las conclusiones obtenidas? | | |
| Nuestra representación de los datos ¿facilita la comprensión del análisis de los resultados obtenidos? | | |
| ¿Tenemos claros los puntos débiles del proyecto? | | |
| ¿Hemos considerado algunas de las preguntas que la audiencia nos podría hacer y cómo abordarlas? | | |

Si para alguna(s) de las preguntas anteriores tienen un “No” como respuesta, vuelvan a revisar la presentación antes de exponerla.

- Recopilen aquellos comentarios, sugerencias y aportes de sus compañeros(as) y profesor(a) y evalúen si resulta factible repetir la experiencia teniendo en cuenta la nueva información con la que cuentan.

Pauta para construir un informe del proyecto de investigación

La **autoría** debe incluir el nombre de los integrantes del grupo, el nombre del grupo (si lo hay), el nombre del profesor o profesora a cargo, curso y establecimiento.

- Nombre de los estudiantes.
- Profesor(a) a cargo.
- Curso y grupo.
- Establecimiento.

El **título** debe ser breve, conciso y explicativo de lo que se hizo.

- Nombre del proyecto de investigación.

Se debe presentar una breve **síntesis** que contenga los aspectos más relevantes de la investigación: la problemática desarrollada, la metodología y las conclusiones.

- Resumen del trabajo.

En la **introducción** se presenta claramente el problema que se investigó, la pregunta de investigación y su respectiva hipótesis. Se exponen los objetivos, así como su justificación y limitaciones.

- Problema.
- Hipótesis.
- Objetivos.

En la **metodología** se debe describir cómo, cuándo y dónde se hizo la investigación del proyecto, además de entregar información suficiente para que la experiencia pueda ser replicada. En esta parte del informe se describen detalladamente los materiales utilizados, los pasos procedimentales, las observaciones y la recopilación de datos.

- Material necesario.
- Pasos del procedimiento.
- Datos obtenidos.

Para presentar el **análisis** de los resultados se recomienda un orden lógico y detallado, incluir a lo largo del texto tablas y gráficos, sin ser reiterativos, es decir, no presentar los mismos datos de manera escrita y en tablas, o en tablas y en gráficos a la vez, y hacer referencia a los resultados más destacados que se han obtenido.

- Interpretación de los resultados obtenidos.

En las **conclusiones** se presentan las reflexiones finales a las que se llega luego del análisis de los resultados obtenidos, a la luz del conocimiento previo e ideas nuevas que puedan haber surgido durante el estudio.

- Conclusiones del trabajo.

Es importante que antes de cerrar el proyecto, los integrantes del grupo hagan un ejercicio de **autoevaluación** previo a enfrentarse a la exposición oral que culminará el trabajo desarrollado (ver tabla de página 169).

La lista de **referencias** deberá incluir toda la documentación consultada para justificar y fundamentar el trabajo investigado, así como los nombres de las personas entrevistadas en caso de haber recurrido a expertos en alguna materia.

- Bibliografía utilizada.

Anexo glosario

Antibiótico

Sustancia química que mata a los microorganismos o impide su reproducción, especialmente bacterias.

Anticodón

Secuencia de tres nucleótidos de una molécula de ARNt, complementaria al codón o secuencia de tres nucleótidos de una molécula de ARNm. Cada anticodón está asociado a un aminoácido determinado, que está unido covalentemente a la molécula de ARNt.

Anticuerpo

También llamado inmunoglobulina, es un tipo de proteína que participa del sistema inmune adaptativo. Los anticuerpos, secretados por las células plasmáticas, identifican y neutralizan a los antígenos y microorganismos patógenos, y pueden participar como receptores de superficie.

Antígeno

Sustancia por lo general de naturaleza proteica, puede ser reconocida por el sistema inmune adaptativo y desencadenar una respuesta inmunitaria.

ARN polimerasa

Complejo proteico con función enzimática, encargado de la transcripción de genes. Sintetiza un ARNm, a partir de una hebra de ADN molde, por medio de la complementariedad de bases nitrogenadas y cataliza la formación de los enlaces fosfodiéster entre los ribonucleótidos.

Bacteria

Microorganismo unicelular procarionte, no posee núcleo ni organelos membranosos en su interior. Son los organismos más abundantes del planeta.

Bacteriófago

Virus que infecta exclusivamente a bacterias. También se puede encontrar mencionado como fago. El más estudiado es el bacteriófago lambda (λ), que infecta a la bacteria *Escherichia coli* y es ampliamente usado en biotecnología. Este es un virus de ADN lineal de dos cadenas, cuyos extremos son cohesivos. Puede integrarse al genoma de la bacteria y replicarse cuando esta lo hace.

Biomasa

Cantidad total de materia de los seres vivos que habitan un lugar determinado. Se expresa en masa por unidad de área.

Biosfera

Del griego *bios* = vida, *sphaira* = esfera. Conjunto de seres vivos que habitan el planeta Tierra, junto con el medio abiótico que los rodea y que ellos mismos contribuyen a conformar.

Capacidad de carga

Número máximo de individuos de una población que se pueden mantener en un ambiente con ciertas condiciones y en un determinado período.

Capacitación

Proceso de maduración que experimentan los linfocitos T. Estos provienen de células progenitoras que migran desde la médula ósea hacia el timo, donde ocurre la maduración.

Cápside

Estructura proteica de los virus formada por monómeros llamados capsómeros. Es una envoltura y en su interior se encuentra el material genético de los virus. Puede estar rodeada por una cubierta lipoproteica.

Célula madre

Tipo especial de célula indiferenciada que tiene la capacidad de dividirse sin perder la posibilidad de transformarse en célula especializada (diferenciarse). Ejemplos de células madre en adultos son las de la médula ósea. Actualmente se ha descrito la presencia de células madre en el cerebro adulto y en el cordón umbilical.

Chaperona

Tipo de proteína presente en todas las células. Su función es ayudar al plegamiento de otras proteínas recién sintetizadas. Las chaperonas no forman parte de la proteína funcional, pero se unen a ella para ayudarla en su plegamiento, ensamblaje y transporte.

Clonación

Proceso por el que se obtiene una molécula, célula o individuo idéntico al original. La reproducción asexual es un proceso natural en el que se obtienen clones de un organismo.

Código genético

Conjunto de reglas usadas para traducir la secuencia de nucleótidos del ARNm a una secuencia proteica en el proceso de traducción, donde cada aminoácido está codificado por uno o varios codones. Se caracteriza por ser “universal”, es decir, todos los organismos utilizan el mismo código, y “degenerado”, ya que varios codones codifican para un mismo aminoácido o secuencia de término.

Codón

Triplete de bases nitrogenadas que se encuentra en el ARNm y codifica para un aminoácido o para una secuencia de término de la traducción.

Coenzima

Cofactores de pequeño peso molecular que se unen a ciertas enzimas para activarlas catalíticamente.

Coevolución

Cambios evolutivos de dos o más especies que interactúan. Estos cambios son el resultado de su influencia recíproca.

Cofactor

Molécula necesaria para la actividad enzimática. Los cofactores pueden ser iones metálicos, como el cobre, fierro o magnesio. También pueden ser moléculas orgánicas; en este caso se llaman coenzimas, como la coenzima A. Si el cofactor está unido fuertemente a la enzima, se denomina grupo prostético.

Cósmido

Es un plásmido al que se le han adicionado secuencias del fago lambda. Este vector sirve para clonar fragmentos grandes de ADN.

Crecimiento exponencial

Modelo de crecimiento poblacional observado cuando los recursos son ilimitados. Se caracteriza por un crecimiento inicial lento, pero que se acelera con el tiempo.

Crecimiento logístico

Modelo de crecimiento poblacional observado cuando los recursos son limitados. Se caracteriza por un crecimiento inicial lento, pero que luego se acelera y posteriormente decae cuando la población se acerca a la capacidad de carga del ambiente (K).

Curva J

Curva de crecimiento poblacional exponencial o geométrico en forma de J que se daría en todas las poblaciones si los recursos fueran ilimitados. Se encuentra principalmente en estrategias tipo r, dado que estos tienen una alta tasa de natalidad.

Curva S

Curva de crecimiento poblacional en forma de S que grafica el crecimiento logístico de una población. Se da generalmente para estrategias tipo K, ya que la resistencia ambiental ejerce su acción sobre la población cuando esta ha alcanzado cierto tamaño.

Dominio

En las proteínas, segmento responsable de una función determinada o que participa en la interacción con otras moléculas. Las enzimas, por ejemplo, poseen un dominio catalítico, el que realiza la función enzimática. Otros dominios participan en la unión de cofactores, si los hay, o en la inhibición de la enzima.

Efectos antrópicos

Son todos los efectos que ha producido la especie humana sobre el medio ambiente.

Anexo glosario

Endonucleasa de restricción

Enzima capaz de romper los enlaces fosfodiéster de la doble hebra de ADN en un punto determinado cuando reconoce una secuencia característica.

Energía de activación

Energía mínima requerida para que un sustrato se transforme en producto. Las enzimas disminuyen la energía de activación de las reacciones.

Enzima

Moléculas que convierten sustratos en productos a velocidades mayores que en ausencia de ellas, es decir, son catalizadores que facilitan las reacciones químicas.

Estratega K

Especie de bajo potencial biótico. Sus tasas de natalidad y de mortalidad son bajas. En general, son especies competitivas fuertes, por lo que tienen éxito cuando los ambientes están cerca de su capacidad de carga (K).

Estratega R

Especie de alto potencial biótico. En condiciones óptimas, sus poblaciones crecen de manera exponencial con una tasa intrínseca de crecimiento (*r*) muy alta. Son especies oportunistas que tienen la capacidad de poblar nuevos hábitats.

Exón

Región de un gen que se mantiene luego del proceso de maduración del transcrito. Su secuencia codifica para la síntesis de proteínas.

Fragmentos de Okazaki

Cadenas cortas de ARN-ADN que son el resultado de la síntesis de la hebra discontinua durante la replicación del ADN. Estos segmentos se sintetizan a partir de cebadores de ARN que posteriormente son eliminados. Los fragmentos remanentes son unidos por la enzima ADN ligasa para formar una hebra continua de ADN.

Histona

Tipo de proteína, presente en el núcleo celular, que participa en el empaquetamiento del ADN. El ADN se enrolla alrededor de las histonas y forma unidades estructurales conocidas como nucleosomas.

Intrón

Fragmento de ADN presente en un gen, pero que no codifica para ningún segmento de proteína. Los intrones son eliminados en el proceso de maduración del ARN. Son comunes en los ARN de los eucariontes.

Linfocito

Tipo de glóbulo blanco que se encuentra en la sangre, en la linfa y en los intersticios. Cumple un rol fundamental en el sistema inmune. Los principales tipos son los linfocitos B y T.

Maduración del ARN

Proceso en el que el ARNm sufre modificaciones dentro del núcleo. Estas consisten en el corte de intrones y en el empalme de exones, en la adición de una caperuza en el extremo 5' (7-metil-guanosina trifosfato) y de una cola de poliadeninas en el extremo 3', que le confieren estabilidad al ARNm maduro, el que luego es transportado al citoplasma y traducido.

Microbiota

Conjunto de microorganismos vivos que colonizan de manera normal distintos lugares del cuerpo humano.

Nucleosoma

Complejo de ADN y proteínas histonas que forma la unidad de empaquetamiento fundamental de la cromatina. Su estructura se asemeja a la perla de un collar.

Nucleótido

Molécula compuesta por la unión covalente de un grupo fosfato, un azúcar de cinco carbonos (ribosa o desoxirribosa) y una base nitrogenada. Los nucleótidos son los bloques estructurales de los ácidos nucleicos.

Operón

Segmento de ADN que conforma la unidad de información que se transcribe en procariotes. Contiene secuencias de genes estructurales y reguladores con funciones relacionadas. Este grupo de genes contiguos se transcribe en una sola molécula de ARNm.

Órgano bilobulado

Que posee dos lóbulos, como el timo, órgano del sistema linfático donde se produce la diferenciación de los linfocitos.

Plásmido

Molécula de ADN extracromosómico circular que se replica y transcribe de manera independiente al ADN cromosómico. Está presente normalmente en bacterias y en algunos organismos eucariotes, como las levaduras. Son ampliamente utilizados como vectores de clonación y expresión.

Promotor

Región de ADN cuya función es controlar el inicio de la transcripción por parte de la ARN polimerasa. Está presente tanto en procariotes como en eucariotes.

Respuesta inflamatoria

Respuesta local y de defensa no específica de un tejido ante una agresión o una infección. Es causada por la invasión de glóbulos blancos, que liberan químicos como la histamina, con lo que se provoca una inflamación producto de la salida de líquido de los vasos sanguíneos hacia los tejidos aledaños. Frecuentemente va acompañada de un aumento de temperatura en la zona afectada.

Simbiosis

Según nuestra definición, tipo de mutualismo obligado en el que las especies que participan se benefician mutuamente y no pueden vivir en forma aislada. Los organismos se denominan simbiontes.

Sitio activo

Zona de la enzima a la que se une el sustrato para ser catalizado a producto.

Transcriptasa inversa

Enzima que sintetiza una copia de ADN de doble hebra a partir de una molécula de ARN de cadena simple. Se encuentra en los telómeros de las células eucariotes y en algunos retrovirus.

Transgénico

Organismo genéticamente modificado que incorpora de forma estable uno o más genes de otra célula u organismo, los que le otorgan alguna característica específica. Esta modificación puede ser transmitida a la descendencia.

Vector

Agente que transfiere información genética de un organismo a otro. Son utilizados en biotecnología para portar el ADN recombinante que contiene el gen que se quiere transferir. Ejemplos de vectores son los plásmidos, bacteriófagos, cósmidos y virus.

Virus

Agente infeccioso microscópico capaz de multiplicarse solamente dentro de las células de otros organismos y de diseminarse de una célula a otra. Están compuestos principalmente de una cápside proteica que en su interior contiene material genético, ya sea en forma de ADN o ARN. A menudo son causa de enfermedades.



www.ediciones-sm.cl

Servicio de Atención al Cliente: 600 381 13 12

Hoja de respuestas

IDENTIFICACIÓN DEL POSTULANTE

RESPUESTAS EVALUACIÓN UNIDAD 1

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 2 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 3 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 4 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 5 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 6 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 7 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 8 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 9 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 10 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 11 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 12 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 13 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 14 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |

NOTAS

Desprende la hoja y úntala para responder las evaluaciones.

Hoja de respuestas

RESPUESTAS EVALUACIÓN UNIDAD 2

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 2 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 3 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 4 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 5 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 6 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 7 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 8 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 9 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 10 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 11 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 12 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 13 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 14 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |

RESPUESTAS EVALUACIÓN UNIDAD 3

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 2 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 3 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 4 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 5 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 6 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 7 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 8 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 9 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 10 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 11 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 12 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 13 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 14 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |

Biología

Proyecto Nuevo Explor@ndo



Química

Física

Matemática

Lenguaje

Sociales

ediciones sm

Ediciones SM pertenece a la **Fundación SM**, que a través de sus diversos programas asume la responsabilidad de retornar a la sociedad los beneficios que genera el trabajo editorial, contribuyendo así a extender la cultura y la educación a los grupos más desfavorecidos.

ISBN 978-956-349-287-3

