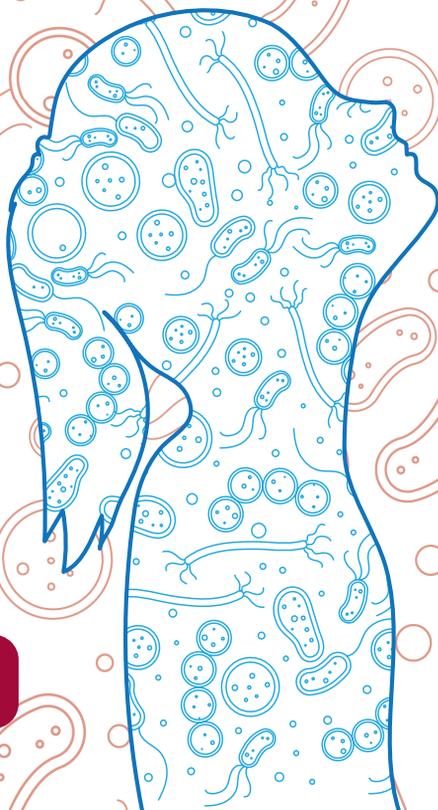


BACTERIAS

¿POR QUÉ ME ENFERMO?

Dr. Gino Corsini Acuña



UPAP



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE CHILE

Bacterias, ¿Por qué me enferman?

Es un libro que pretende acercarnos al diminuto e invisible mundo de los microorganismos con los que convivimos día a día y con quienes interactuamos constantemente, muchas veces sin darnos cuenta.

Este texto entrega material exploratorio y de divulgación científica para lectores curiosos de todas las edades, con énfasis en estudiantes y profesores, que pueden encontrar en ***Bacterias. ¿Por qué me enferman?*** una herramienta educativa útil, didáctica y visualmente atractiva.

UPAP



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE CHILE



El Dr. Gino Corsini se inició en la ciencia a través de sus estudios universitarios, graduándose como bioquímico en la Universidad de Chile, institución donde se doctoró en ciencias con mención en Microbiología.

Se ha desempeñado como académico impartiendo las asignaturas de Bioquímica, Microbiología y Biología Molecular, tanto en pregrado como en postgrado.

Ha participado activamente como miembro de los directorios de la Sociedad de Microbiología de Chile, la Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular de Chile (SBBMCH), la Sociedad de Biología de Chile (SBCH) y de la Asociación Latinoamericana de Microbiología (ALAM). En la actualidad, se desempeña como director del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Chile.

Bacterias ¿Por qué me enferman?

Segunda edición. Septiembre de 2018
Asunción, Paraguay

© Universidad Politécnica y Artística del Paraguay
www.upap.edu.py

Autor: Gino Corsini Acuña
Corrección de textos: Isidora Sesnic Humeres
Ayudante de investigación: Laura Navarro Heredia
Diagramación, ilustraciones y diseño de portada: Felipe Serrano González
Revisión pedagógica: Natalia Poblete Ahumada

ISBN: 978-99967-925-0-2



Este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos y solo para fines educacionales y de divulgación científica. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

Impresión: AGR Servicios Gráficos S.A.



www.upap.edu.py



www.uautonoma.cl

Acerca del Proyecto JAHECHA

Jahecha – Educar para Prevenir es una iniciativa de la Universidad Politécnica y Artística del Paraguay – UPAP, que abarca la consolidación de la Investigación, el avance del conocimiento científico y el fortalecimiento de la Extensión Universitaria, en un marco de Responsabilidad Social, prioritarios para la solución a las problemáticas nacionales vinculadas a Salud Pública.

El objetivo del proyecto es instalar y generar en la comunidad, tanto a través de las escuelas como de actividades de Extensión Universitaria, una conciencia de autocuidado y prevención de las lesiones, enfermedades, protección de la salud y soporte vital básico, mediante la promoción de estilos de vida saludables, campañas de concienciación, educación e investigación.

Para lograr este objetivo, el emprendimiento integra la colaboración interinstitucional a través de una importante alianza con investigadores de la Universidad Autónoma de Chile - UA, apoyadas en el **Centro de Innovación e Investigación UPAP – UA**.

Jahecha – Educar para Prevenir busca la integración y participación de niños, jóvenes y familias enteras, mediante la creación de espacios de toma de decisiones que fortalezcan sus conocimientos, logrando así cambios sustanciales en materia de educación sanitaria tan necesarios en nuestro país.



un proyecto de la



ÍNDICE

	Pág.
Capítulo 1 ¿QUÉ SON las bacterias?	7
Capítulo 2 las bacterias ME ENFERMAN	13
Capítulo 3 TRATAMIENTO, PREVENCIÓN Y CUIDADO PERSONAL	17
Capítulo 4 ENFERMEDADES causadas por bacterias	29
Capítulo 5 Discusiones actuales	39
Glosario	44
actividades experimentales	48
Bibliografía	54

CAPÍTULO 1

¿QUÉ SON LAS BACTERIAS?



Antes de comenzar

¿Cómo definirías tú a una bacteria?

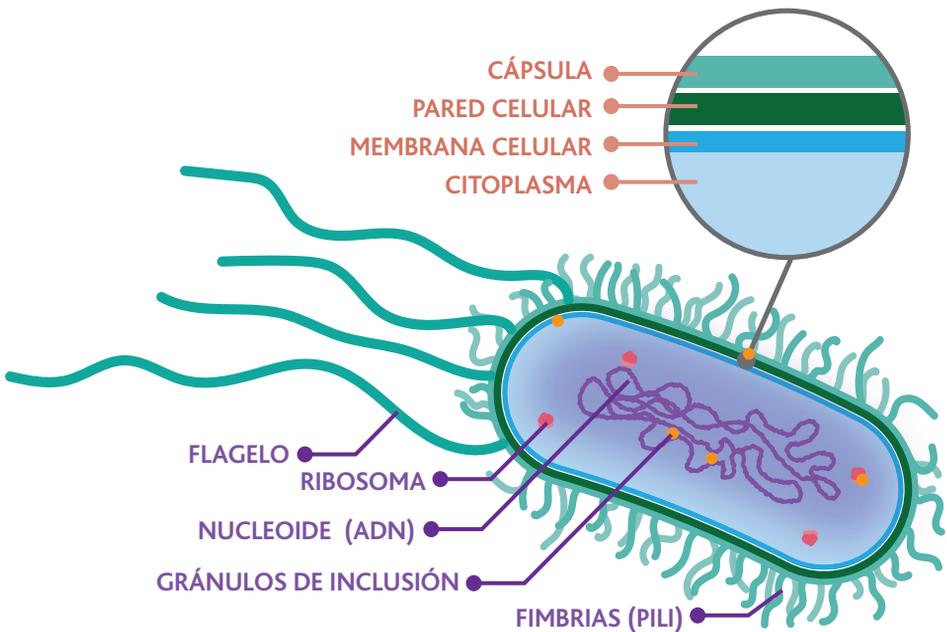
¿Qué bacterias conoces?



¿Qué son las bacterias?

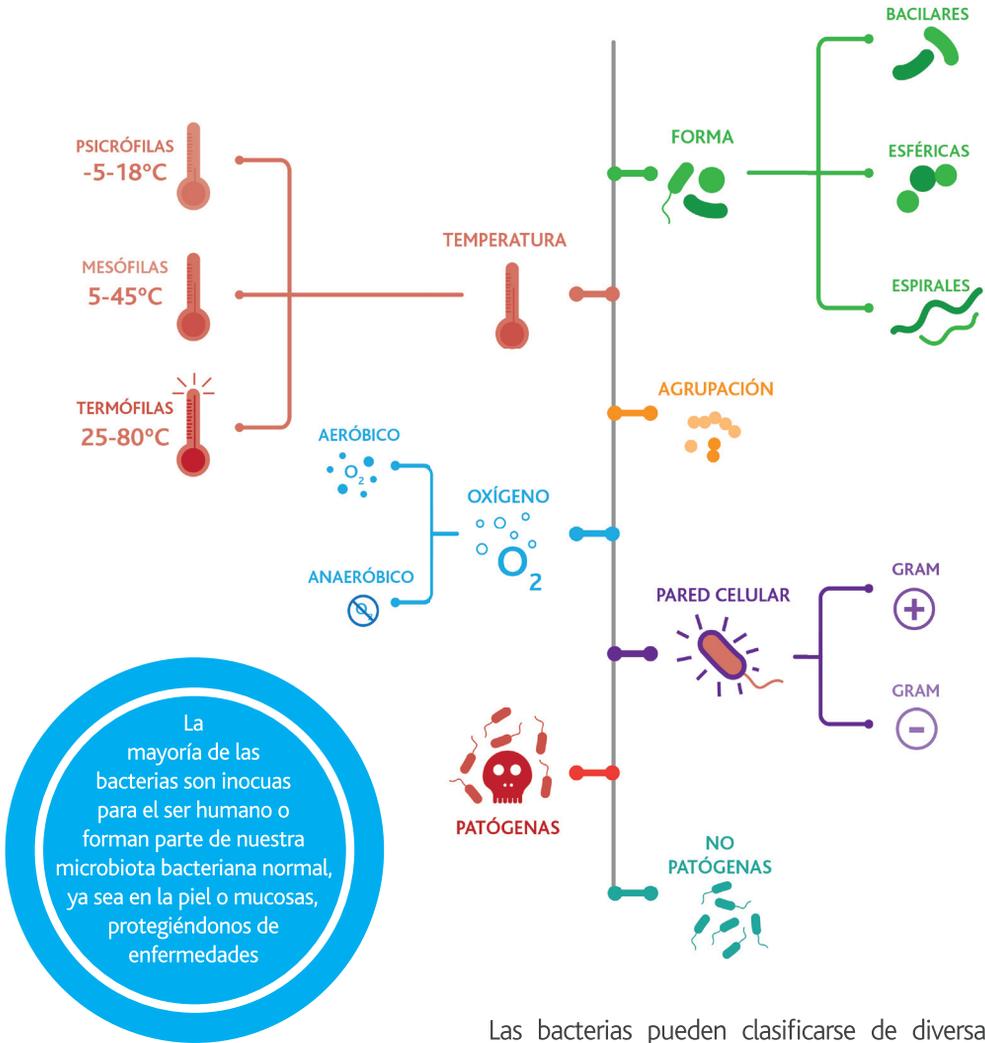
Las bacterias son organismos microscópicos que no poseen un núcleo definido o estructurado, a estos organismos se les denomina procariontes.

Estructura de una bacteria



La célula bacteriana tiene un tamaño promedio que varía entre 0,5 y 5 μm (1 μm es 0,0001 cm). Posee un **citoplasma** delimitado por una **membrana plasmática**. Por fuera, se ubica la **pared celular** que varía según el tipo de bacteria. El genoma de las bacterias está constituido por un filamento largo de ADN, circular y cerrado, que está compactado al interior del citoplasma denominado **nucleoide**, que no posee membrana. El citoplasma, además contiene abundantes **ribosomas** y, en algunos casos, **gránulos de inclusión**. Algunas células bacterianas también poseen **cápsula**, **flagelos** y **fimbrias** (también llamadas **pili**).

Existen diversos criterios de clasificación para las bacterias.



Las bacterias pueden clasificarse de diversas formas. Podemos dividir las entre patógenas y no patógenas, distinguir las por su morfología, por cómo se agrupan y también de acuerdo a la temperatura óptima de crecimiento, pared celular y respuesta al oxígeno.

¿Todas las bacterias podrían enfermarme?

La diversidad de bacterias es abismal, es más, se cree que la biodiversidad de organismos que conocemos hoy en día responde solo a un pequeño porcentaje de todos aquellos microorganismos que aún quedan por descubrir. Sin embargo, toda esta variedad puede ser dividida en dos principales grupos:

1. Bacterias benéficas o beneficiosas.

2. Bacterias patógenas.

Bacterias benéficas

MICROBIOTA

Los seres humanos son el hábitat de una gran variedad de microorganismos que se denominan microbiota nativa. Estos microorganismos no solo son inoocuos para el huésped, sino que lo protegen de bacterias, hongos y virus patógenos que compiten por el mismo espacio y nutrientes disponibles.

La composición de la **microbiota** depende de diversos factores. Entre ellos se puede destacar:

- Higiene personal
- Alimentación
- Nivel de hidratación
- Uso de fármacos (en especial antibióticos)
- Exposición a toxinas ambientales.

El tubo digestivo es un ejemplo de lo importante que es la **microbiota** ya que sin ella sería imposible mantener un sistema digestivo saludable, debido a que contribuye al metabolismo de ácidos biliares y a la síntesis de vitaminas.

De esta forma, beber agua purificada o clorada, tener una alimentación con más o menos fibra, azúcar o grasas, puede seleccionar diferentes bacterias intestinales debido a su capacidad de utilizar los minerales y nutrientes esenciales.

MICROBIOMA

Definimos microbioma como el conjunto de microorganismos que se localizan de manera normal en distintos sitios de los cuerpos de los seres vivos pluricelulares, como el cuerpo humano.

Así, el **microbioma** normal caracteriza la salud y las alteraciones de este pueden implicar una enfermedad. Estos cambios pueden ser inofensivos, si se mantiene el microbioma y las propiedades funcionales básicas de este, o se pueden producir enfermedades, si se pierden estas funciones.

La información obtenida, debido al estudio de los distintos microbiomas, ha incorporado un nuevo concepto de enfermedad, una que es causada por una comunidad de microorganismos y no por un patógeno en particular. Esta nueva definición se extiende más allá de las enfermedades infecciosas tradicionales y puede incluir trastornos inmunitarios y metabólicos, como enfermedad inflamatoria intestinal, obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedad celíaca.



De las especies que colonizan el intestino, la mayoría pertenecen a los filos Actinobacteria, Bacteroidetes y Firmicutes. Para establecer su nicho, algunas bacterias utilizan péptidos antibacterianos, bacteriocinas o metabolitos que impiden la proliferación de otras especies competidoras. Estas moléculas también benefician al huésped mediante la eliminación de bacterias invasoras como *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Clostridium difficile*, *Bacillus cereus* y otros patógenos.

Bacterias patógenas

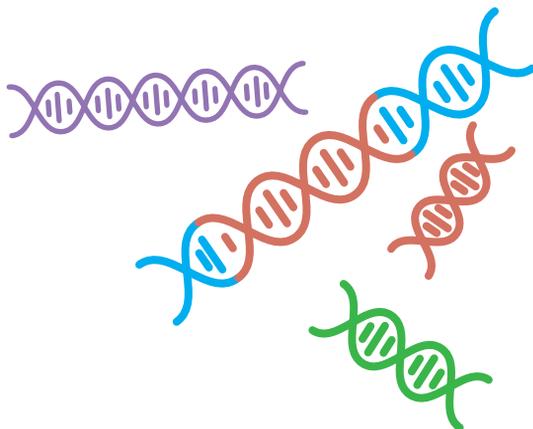
Las bacterias patógenas son aquellas que pueden causar infección en los humanos o animales, y presentan distintos factores de *virulencia*. A su vez, los factores de virulencia son:

Proteínas que contribuyen a que la bacteria presente virulencia sobre la célula eucariota. Lo que permite la infección.



Mecanismos de interacción con la célula de mamífero.

Actualmente, se sabe que la evolución y disseminación de muchos de los factores de virulencia, que son los que determinan que una bacteria sea dañina para el ser humano, son facilitados por las **islas de patogenicidad**. Estas islas están constituidas por uno o más genes asociados a la virulencia y por genes de movilidad como integrasas y transposones.



ISLAS DE PATOGENICIDAD

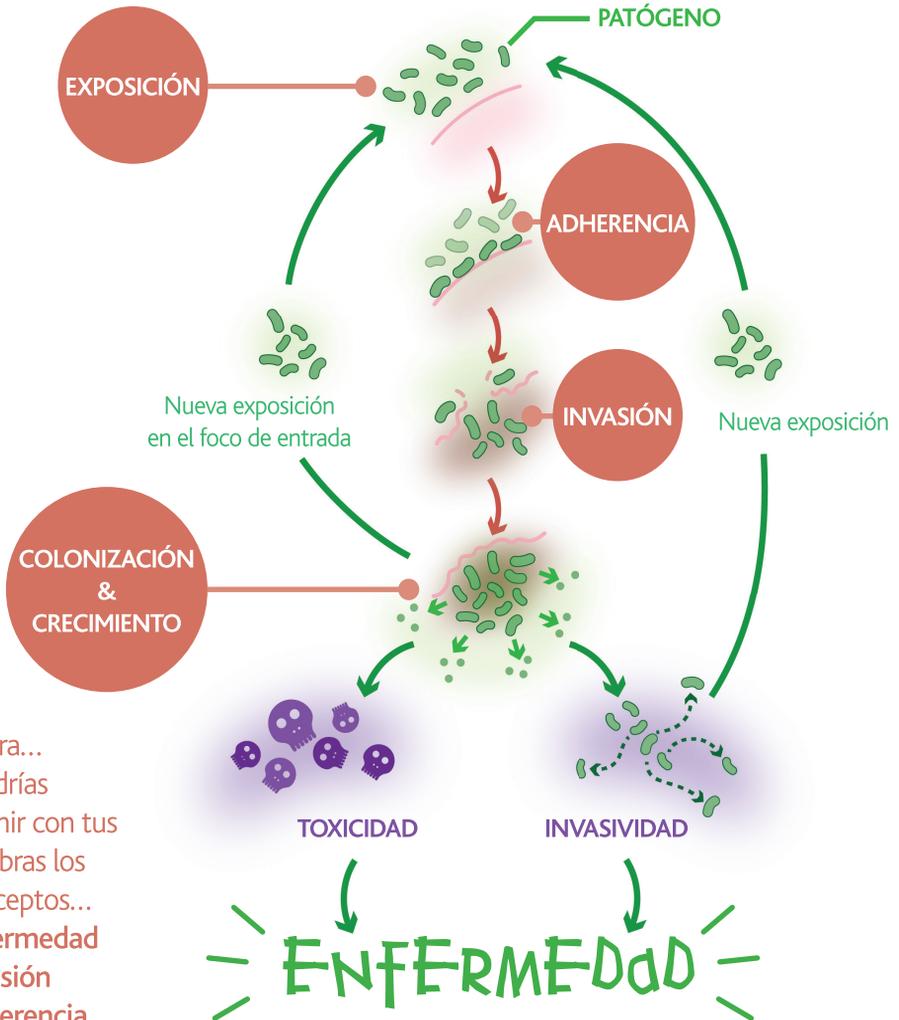
Elementos genéticos móviles que contribuyen a la propagación y modificación de virulencia y median el movimiento de diversos genes que codifican para factores de virulencia.

Capítulo 2

Las BACTERIAS ME ENFERMAN

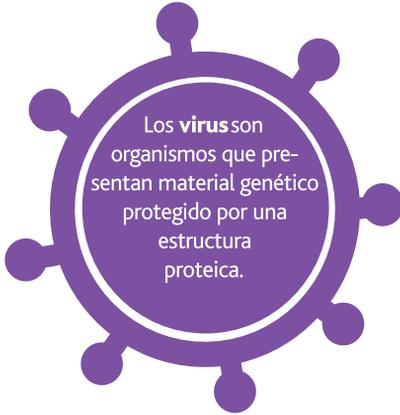
Bacterias y Enfermedad

La enfermedad como tal, es la presencia de infección y síntomas asociados a esta. La enfermedad infecciosa, o proceso infeccioso causado por la bacteria virulenta, comienza con la **colonización**, que es la permanencia de la bacteria en el cuerpo. Luego, ocurre la **infección**, donde la bacteria ataca las células o tejidos a través de sus mecanismos o factores de virulencia.



Ahora...
¿Podrías
definir con tus
palabras los
conceptos...
Enfermedad
Invasión
Adherencia

Otros Microorganismos Patógenos



El virus

Este organismo microscópico puede causar diversas enfermedades al incorporarse a una célula y luego reproducirse en ella.

¿Cómo reacciona mi cuerpo?

Sin embargo, una infección no deriva necesariamente en enfermedad. Si el sistema inmune del huésped responde de manera adecuada, la persona puede estar infectada sin presentar síntomas. Por otro lado, las bacterias no son los únicos microorganismos capaces de enfermar al ser humano, también existen distintos virus patógenos como los de la gripe.



Bacterias y defensas del organismo

Como se mencionó, no siempre una infección bacteriana deriva en enfermedad y esto es gracias a nuestro sistema inmune que, a grandes rasgos, es capaz de diferenciar lo propio de lo extraño.

Existen dos tipos de inmunidad: la inmunidad innata o natural (SII) y la inmunidad adquirida (SIA).

Inmunidad Innata o natural (SII)

- Es la primera línea de defensa frente a microorganismos invasivos (bacterias, virus y hongos).
- Está presente desde que nacemos, no es específica y carece de memoria.

El SII tiene tres componentes:

- Las barreras fisicoquímicas; es decir, la piel, los cilios, las mucosas y las secreciones que, al realizar una limpieza continua, nos protegen e impiden el ingreso de partículas extrañas al cuerpo.
- El humoral, que está compuesto por anticuerpos y el sistema del complemento.
- El celular, es decir, las células que forman parte del Sistema Inmune Innato: los neutrófilos, eosinófilos, basófilos, mastocitos y los linfocitos NK o linfocitos Natural Killers.

Inmunidad Adquirida (SIA)

- La inmunidad adquirida no está presente al nacer, aumenta con la edad y tiene especificidad y memoria, por esto, también se le denomina adaptativa.
- Está compuesta por anticuerpos, receptores de linfocitos T y las moléculas del complejo principal de histocompatibilidad.

En general, las respuestas inmunes innata y adquirida no se activan de forma independiente. Se ejecutan de forma óptima cuando se complementan entre sí.

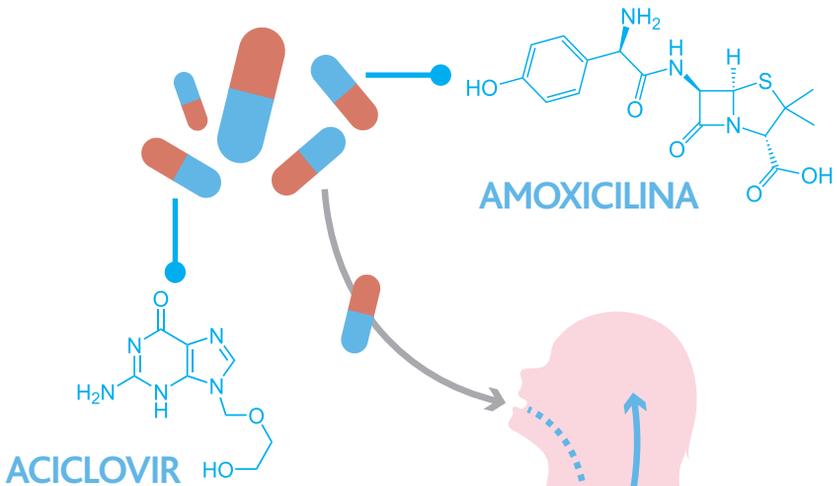
En particular, los anticuerpos del SIA son capaces de dirigir los componentes del SII a los objetivos relevantes.

Capítulo 3

TRATAMIENTO, PREVENCIÓN Y CUIDADO PERSONAL

¿Tienen cura las enfermedades causadas por bacterias?

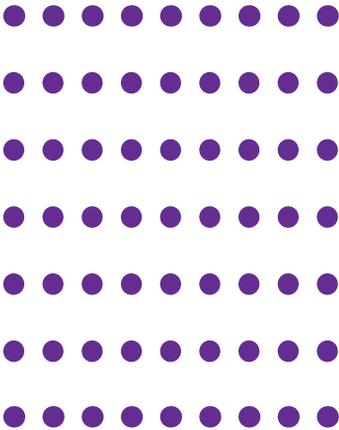
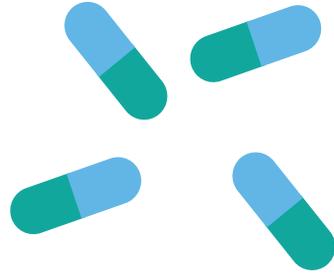
Para el tratamiento de enfermedades se utilizan diferentes medicamentos. En el caso de enfermedades bacterianas se usan antibióticos como la amoxicilina. Para enfermedades producidas por virus, los antivirales como aciclovir.



El término "antibiótico" se utiliza para denominar a una molécula con la capacidad de eliminar bacterias, la cual es producida de manera natural por hongos o bacterias. Las sustancias con capacidades para eliminar hongos, parásitos o virus se denominan antifúngicos, antiparasitarios y antivirales respectivamente.

¿Y EL PARACETAMOL PARA QUÉ SIRVE?

Los analgésicos de venta libre, como el paracetamol o el ibuprofeno, moderan los síntomas de las enfermedades causadas por bacterias, pero no proveen la cura de la enfermedad. Allí reside la importancia del diagnóstico médico oportuno y del tratamiento adecuado para la bacteria que causa la infección.



RESISTENCIA BACTERIANA

Los antibióticos se venden con receta médica y su consumo debe ser supervisado por el profesional de la salud que lo ha recetado, esto se debe a que el consumo indiscriminado de este medicamento puede producir el acostumbamiento de la bacteria o resistencia. Es decir, la generación de mecanismos que le permiten a la bacteria sobrevivir en la presencia del antibiótico.

¿Qué consecuencias crees que puede traer la resistencia bacteriana?

¿Cuál crees que es el camino para tratar una enfermedad luego que la bacteria se ha vuelto resistente?

¡Discute con otros!

Y las vacunas...

¿qué tienen que ver?

Las vacunas son una preparación biológica que tiene por objetivo generar inmunidad contra una enfermedad mediante la estimulación de la producción de anticuerpos. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, de productos o derivados de microorganismos e incluso de ADN. En términos generales, dado que la respuesta a las vacunas es generar anticuerpos, estas estimulan usualmente el SIA.

UN POCO DE HISTORIA

En la historia, fueron varios los hechos que precedieron el inicio de la era de la vacunación. Los primeros, se referían a procedimientos donde costras causadas por viruela eran inoculadas sobre individuos sanos. A pesar de que esta práctica se realizaba desde tiempos inmemoriales, no fue hasta 1786 que el médico y científico inglés, Edward Jenner, llevó a cabo el primer experimento médico en el campo de la vacunación.

El experimento de Jenner

El Dr. Edward Jenner, científico, médico rural y poeta, había observado que las recolectoras de leche ocasionalmente se enfermaban de una especie de viruela bovina denominada *vaccinia*, debido a su continuo contacto con las vacas, y que luego no se enfermaban de la viruela común que le daba a los humanos.

Con esta idea en mente, Jenner tomó muestras de la secreción de las pústulas de una recolectora de leche que se había infectado con *vaccinia* (viruela de bovinos) e inoculó la herida de un niño. Luego de seis semanas, inoculó al mismo pequeño con pus procedente de una persona enferma con viruela y este no desarrolló la enfermedad.

Posteriormente, se ha comprobado que esta viruela bovina es una variante leve de la mortífera viruela humana.

A raíz de estos experimentos surge el término vacunación.

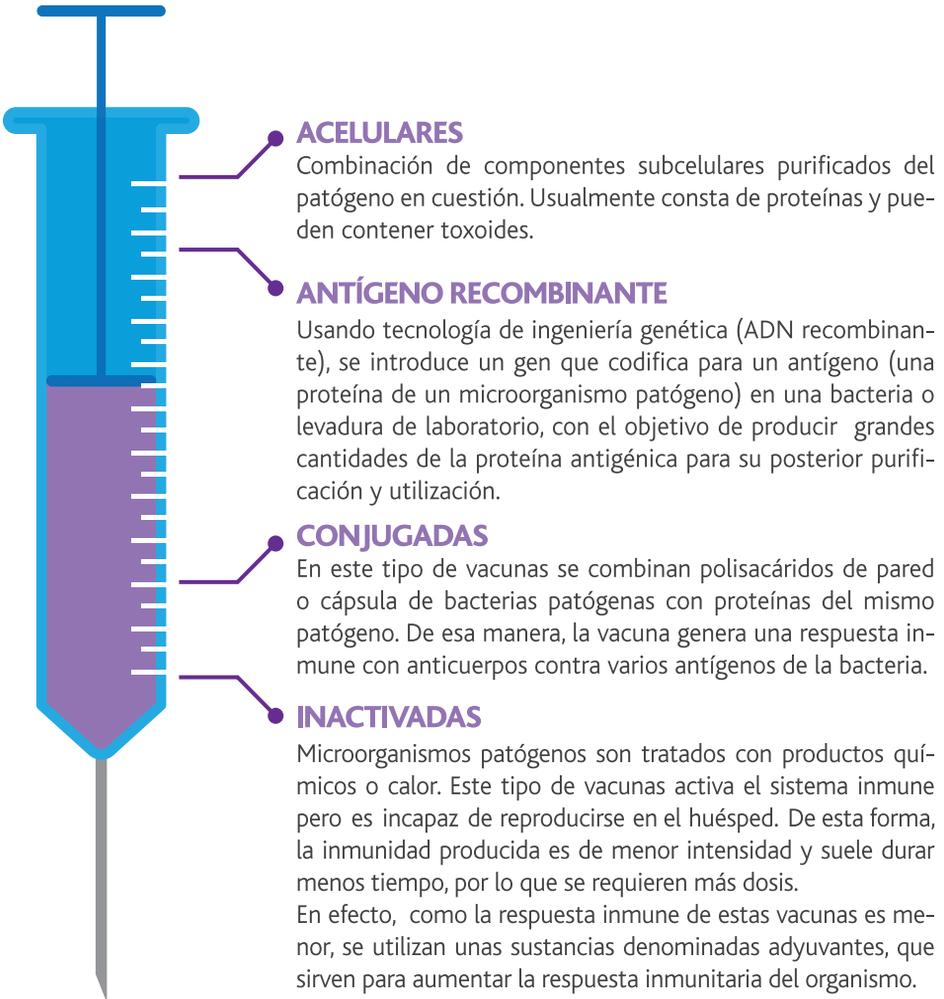
Otro hecho relevante en el campo de la vacunación ocurrió de la mano de **Louis Pasteur**, químico y bacteriólogo francés, considerado el padre de la microbiología moderna debido a sus innumerables aportes en este campo. Pasteur desarrolló dos vacunas contra enfermedades causadas por bacterias: la vacuna contra el cólera aviar en 1880 y la vacuna contra el ántrax en 1881. Posteriormente, en 1885, Pasteur desarrolla la vacuna contra el virus de la rabia conocida como la vacuna antirrábica.

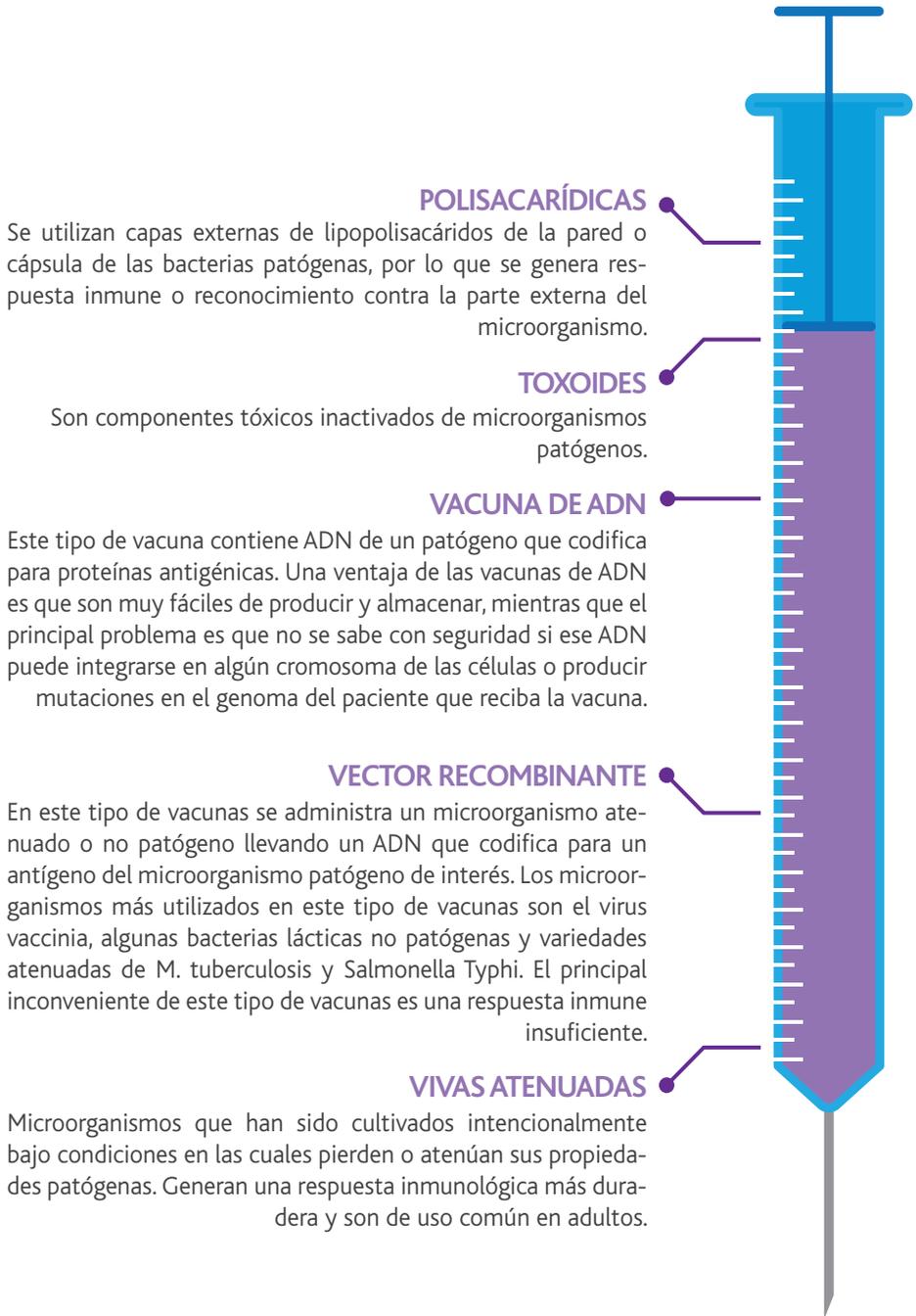
De esta forma, los experimentos de Jenner y Pasteur permitieron la introducción de las vacunas activas, que se desarrollaron inicialmente con métodos de atenuación (conocidas como vacunas de primera generación), luego, con el desarrollo de vacunas con microorganismos inactivados, para seguir con la elaboración de vacunas de polisacáridos y métodos de recombinación genética.



Tipos de vacunas

En el desarrollo temprano de las vacunas predominaban ciertos mecanismos de producción. Con el avance tecnológico, se han creado nuevas técnicas mucho más innovadoras y seguras.





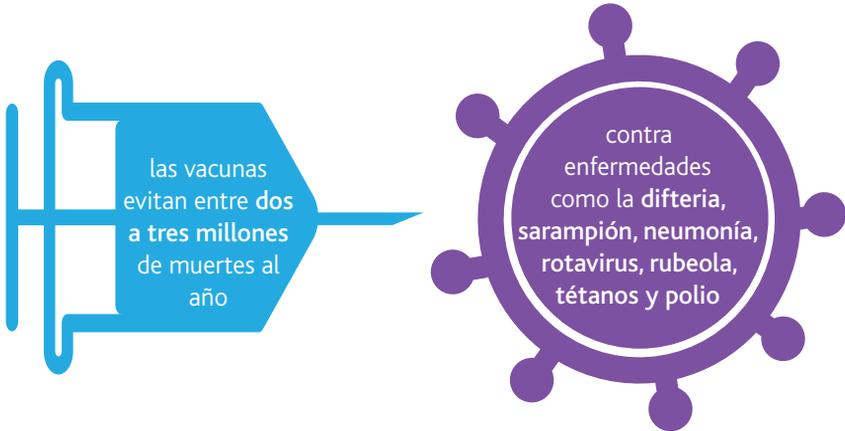
Algunas vacunas importantes

Año	Nombre	Tipo de vacuna
1895	Antirrábica	Viva atenuada
1896	Anticólera (<i>Vibrio cholerae</i>)	Inactivada por calor
1896	<i>Salmonella enterica</i> Typhi y <i>S. enterica</i> Paratyphi	Vivas atenuadas
1911	Antirrábica	Inactivada
1926	Antipertussis	Inactiva con células completas
1937	Antifiebre amarilla	Viva atenuada
1937	Antigripal de Salk	Inactivada
1950	Antipoliomelítica de Sabin	Atenuada
1954	Antipoliomelítica de Salk	Inactivada
1960	Antisarampionosa	Atenuada
1968 y 1972	Antimeningococo A y C	Polisacáridas
1972	Contra <i>Haemophilus influenzae</i> Tipo B (Hib)	Polisacáridas
1975	Contra la tifoidea	Polisacáridas
1978	Antineumocócica	Polisacáridas
1984	Contra la varicela	Atenuada
1989	Anti <i>Haemophilus influenzae</i> Tipo B (Hib)	Conjugada
1999	Antimeningocócica	Conjugada
2000	Antineumocócica Heptavalente	Antígeno recombinante

Edad	Vacuna	Protege contra
Recién nacido	BCG	Tuberculosis
	HEP B	Hepatitis B Perinatal
2 meses	ROTA	Rotavirus
	IPV	Poliomielitis
	PENTAVALENTE	Difteria, Tos convulsa, Tétanos, Hepatitis B, Meningitis
	PCV 13 (neumococo conjugada 13 valente)	Neumonía, Meningitis y Otitis
4 meses	ROTA	Rotavirus
	bOPV	Poliomielitis bivalente 1 y 3
	PENTAVALENTE	Difteria, Tos convulsa, Tétanos, Hepatitis B, Meningitis
	PCV 13	Neumonía, Meningitis y Otitis
6 meses	bOPV	Poliomielitis bivalente 1 y 3
	PENTAVALENTE	Difteria, Tos convulsa, Tétanos, Hepatitis B, Meningitis
	Influenza estacional	Cuadros graves y complicaciones por influenza
12 meses	PCV 13 (neumococo conjugada 13 valente)	Neumonía, Meningitis y Otitis
	SPR	Sarampión, Papera, Rubéola
	AA	Fiebre Amarilla
	Influenza estacional	Cuadros graves y complicaciones por influenza
15 meses	VVZ	Cuadros graves y complicaciones por varicela
	VHA	Cuadros graves y complicaciones por Hepatitis A
	Influenza estacional	Cuadros graves y complicaciones por influenza
Adolescentes	VPH (solo mujeres)	Virus del Papiloma Humano
	Tdpa (varones y mujeres)	Pertúsica acelular
Adultos de 65 años y más	Neumococo 23 valente	Neumonía, Meningitis y Otitis
	TD	Tétanos y Difteria
	Influenza estacional	Cuadros graves y complicaciones por influenza

¿Cuál es la importancia de las vacunas?

Cuando una región o un país realiza un proceso de vacunación masiva lo que está haciendo **es proteger a las personas de la aparición de enfermedades infecciosas**. De hecho, la Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que las vacunas evitan entre dos a tres millones de muertes al año, al proveer protección contra enfermedades como la difteria, sarampión, neumonía, rotavirus, rubeola, tétanos y polio. Sin embargo, desde hace algunos años y en la actualidad, hay quienes han olvidado esto.



Los llamados grupos o **movimientos anti vacunas** existen tanto en países desarrollados como en aquellos en "vías de desarrollo" y sus argumentos son similares: se oponen a la utilización de vacunas, argumentando que causan efectos secundarios, enfermedades como el autismo o "accidentes" cerebrovasculares isquémicos en el transcurso del tiempo.



El problema es que su discurso se sustenta en fuentes científicas erradas. El que ha causado más impacto fue un estudio publicado en la renombrada revista *The Lancet*, en 1998, que relacionaba el autismo con la vacuna triple (sarampión, rubéola y paperas). **Este estudio fue retirado de la revista al demostrarse que los datos del artículo habían sido falsificados por el autor.**

Si bien las enfermedades infecciosas son poco comunes en algunos países (principalmente países desarrollados), los microorganismos que las causan siguen circulando y, en un mundo globalizado, estos pueden atravesar las fronteras geográficas e infectar a cualquier persona no protegida, por lo tanto, la opción de no vacunarse, no es solo una decisión que afecte a quien decide, sino que afecta a toda su comunidad.

¿Y si no me vacuno?

Al no vacunarse, una persona pasa a ser un reservorio para el microorganismo patógeno y con ello ayuda a diseminarlo.



En 2013, en la región de Gales (Reino Unido) sufrieron una epidemia de sarampión con más de mil niños, de entre 10 y 15 años, infectados. Esto producto de que parte de la población decidió no vacunar a sus hijos.

¡Recuerda! La información, verdadera o falsa, se viraliza tan rápido como una infección microscópica, vacúnate contra ella e investiga con certeza las fuentes de dónde provienen. Evalúa si es verídica, busca las referencias y no te dejes engañar por el sensacionalismo de revistas, blogs o columnas de opinión que no incluyan citas de trabajos científicamente comprobados.

La prevención es la mejor herramienta para prevenir el contagio de enfermedades infecciosas por bacterias.

Algunas de estas medidas son:

Vacunación

El primer paso para la prevención, es la vacunación. El programa de vacunación del Ministerio de Salud de Paraguay, llevado adelante por el Programa Ampliado de Inmunizaciones – PAI, está diseñado para prevenir el contagio de distintas enfermedades causadas por bacterias (como tuberculosis, difteria, tétanos y tos convulsa) y virus (hepatitis, poliomielitis). Tener las vacunas al día ayuda a impedir el contagio y propagación de estas enfermedades.

Higiene

El lavado de manos es un método eficiente para prevenir diferentes enfermedades, por lo que se recomienda realizarlo con regularidad y de forma adecuada, es decir; primero mojar las manos, luego formar espuma con el jabón y, finalmente, lavarse por al menos 30 segundos.

Son diversas las instancias del día en que es necesario repetir esta acción. Por ejemplo:

- cada vez que se utiliza el baño
- después de estornudar o limpiarse la nariz
- luego de jugar o estar con animales
- antes de cada comida

La cavidad oral también puede ser lugar de proliferación de bacterias patógenas, como aquellas que causan caries. Por esto, el cepillado de dientes y el uso de hilo dental son fundamentales para mantener la salud bucal.

Lavado de vegetales y frutas

Las frutas y verduras, en especial aquellas que se consumirán crudas, deben remojarse, lavarse y enjuagarse de forma apropiada para eliminar los residuos de tierra, insectos y bacterias que pueden estar presentes. De otra forma, es posible que estas, al no estar limpias, desencadenen alguna enfermedad gastrointestinal.

Contaminación cruzada

En la cocina, los alimentos crudos deben estar separados de los alimentos cocinados y utilizar utensilios diferentes para manipular cada tipo de alimento. De esta forma, evitamos la denominada "contaminación cruzada". Además, es primordial lavar adecuadamente los utensilios de cocina, particularmente aquellos que han tenido contacto con la carne cruda. Al cocinar la carne, las posibles bacterias pueden morir pero, si para preparar vegetales de consumo inmediato se usan los mismos utensilios de cocina sin lavar, es posible que estas bacterias nos causen una infección o intoxicación alimentaria.

CAPÍTULO 4

ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS



Antes de comenzar:

¿Qué enfermedades conoces que
sean provocadas por bacterias?

¡Comparte con otros!



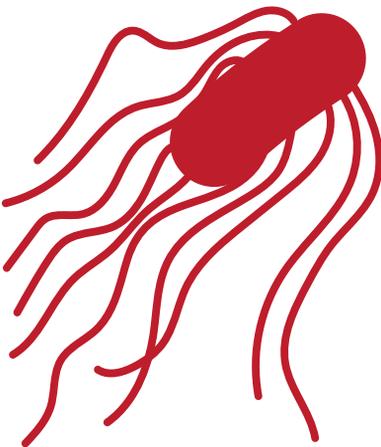
Enfermedades causadas por Bacterias

INFECCIONES GASTROINTESTINALES

Las infecciones intestinales conocidas como gastroenteritis, son causadas por bacterias, virus o parásitos que dañan la mucosa intestinal y provocan diarrea, vómito, dolor abdominal y fiebre.

Dependiendo de la intensidad del cuadro clínico o del tipo de infección, el paciente puede sufrir una deshidratación, siendo los niños y adultos mayores los grupos más susceptibles. De hecho, la **diarrea infecciosa** constituye uno de los problemas de salud más graves en los llamados "países subdesarrollados", siendo una de las principales causas de enfermedad y muerte infantil.

Los principales microorganismos responsables de las infecciones alimentarias son especies de *Salmonella* y *Campylobacter*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*.

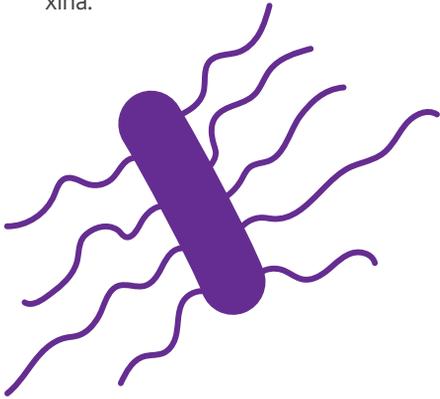
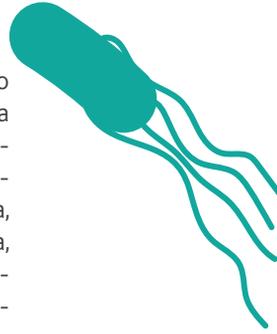


SALMONELLA

Esta bacteria produce una enfermedad denominada "Salmonelosis", cuando el patógeno crece en el tracto digestivo. Los síntomas incluyen dolor de cabeza repentino, fiebre, escalofríos, vómito y diarrea. La salmonelosis se produce por consumo de alimentos contaminados por la bacteria como verduras, carnes crudas o mal cocinadas, mayonesa, huevos crudos, etc.

ESCHERICHIA COLI

Bacteria que habita generalmente en el intestino de humanos y otros animales. Puede ser patógena cuando contamina alimentos y estos son consumidos, causando desde diarreas a cuadros con vómitos y fiebre. Una cepa de *E. coli* muy peligrosa, denominada *E. coli* O157:H7 o enterohemorrágica, causa diarrea sanguinolenta y puede llegar a producir daño renal mediante la secreción de una toxina.



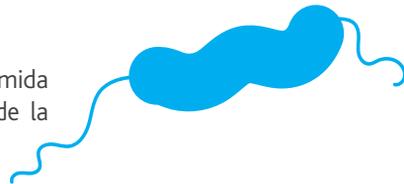
LISTERIA MONOCYTOGENES

Ingresa al cuerpo por el tracto gastrointestinal donde los fagocitos internalizan la bacteria. Esto provoca su proliferación y propagación, ya que es un patógeno intracelular.

Al pasar a la sangre, puede causar septicemia o meningitis.

CAMPYLOBACTER

Se transmite a humanos por consumo de comida contaminada y es la principal responsable de la diarrea de origen bacteriano en niños.



VIBRIO PARAHAEMOLYTICUS

Es una bacteria que habita en estuarios, agua de mar y algunos organismos como moluscos bivalvos filtradores (cholgas, abalones, choritos, almejas, ostras, etc.).

Esta bacteria produce gastroenteritis que tienen un período de incubación de 12 a 48 horas y, en general, se resuelve de manera espontánea en dos o tres días.

GONORREA

La gonorrea corresponde a una de las enfermedades de transmisión sexual más comunes y la puede contraer cualquier persona que tenga algún tipo de actividad sexual.

Es producida por la bacteria Gram negativo *Neisseria gonorrhoeae*, que infecta principalmente la mucosa urogenital.

La bacteria se adhiere a las células mucosas, penetran en estas y se multiplica. Luego, a través de las células, pasa al espacio subepitelial, donde se produce la infección. La presencia de estructuras de la superficie de la bacteria (como los pili o fimbrias y proteínas como adhesinas) son importantes para la adherencia inicial.

Efecto en las mujeres

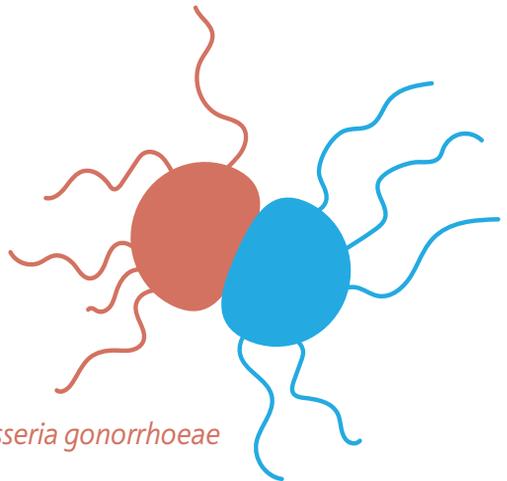
En las mujeres, la *N. gonorrhoeae* puede encontrarse en el tracto reproductor (que incluye las trompas de Falopio, el útero y el cuello uterino) y la infección puede presentarse sin síntomas.

Una infección gonocócica no tratada puede producir enfermedad inflamatoria pélvica aguda, que consiste en una inflamación del útero, las trompas de Falopio y la cavidad abdominal, por la colonización de la bacteria.

Tanto las lesiones, como las cicatrices causadas por las infecciones gonocócicas no tratadas, pueden ser causa de infertilidad.

Efecto en los hombres

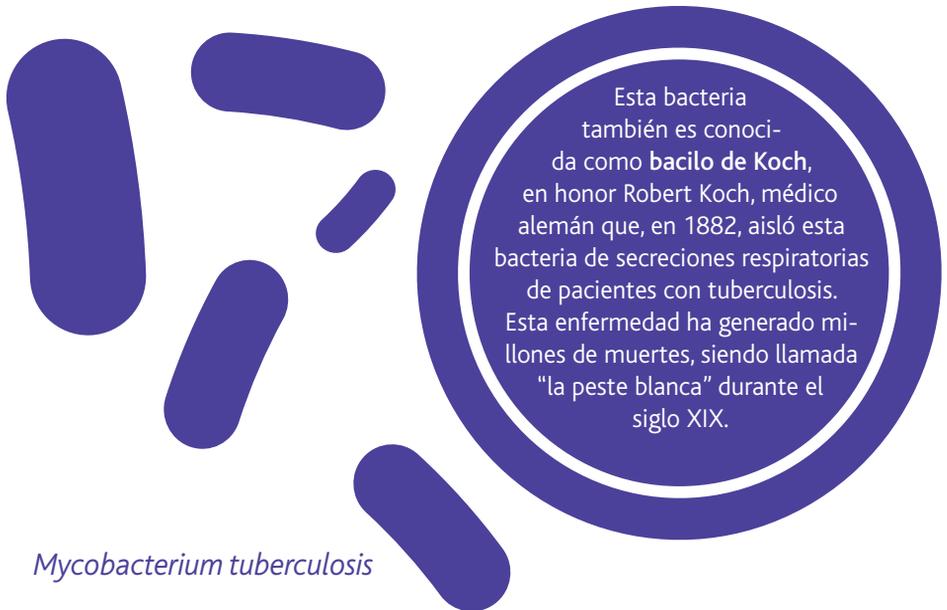
En hombres, la bacteria puede causar la formación de cicatrices en el interior de la uretra las que dificultarían la micción.



Neisseria gonorrhoeae

TUBERCULOSIS

La tuberculosis es una infección bacteriana contagiosa, causada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, que afecta principalmente los pulmones pero puede comprometer cualquier órgano.

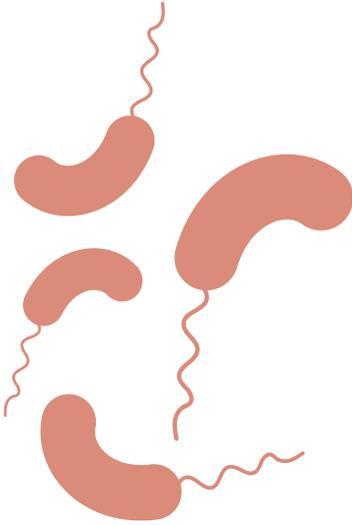


El *M. tuberculosis* puede ser adquirido a través de la inhalación de microgotas o aerosol proveniente de la tos o estornudo de un paciente enfermo. Se aloja y multiplica en los pulmones.

Un tipo de reacción retardada genera agregados de macrófagos activados en los pulmones, llamados **tubérculos**. Sin embargo, la bacteria tiende a sobrevivir y crecer incluso dentro de estos. Se produce, entonces, una infección pulmonar aguda que puede llevar a la destrucción de tejido pulmonar, propagación de la bacteria a otras partes del cuerpo o la muerte.

CÓLERA

El cólera es una infección diarreica aguda causada por la bacteria *Vibrio cholerae*, que en su manifestación más grave produce un cuadro que lleva rápidamente a la deshidratación.



Causas moleculares del Cólera

El cuadro sintomático es causado por una toxina que activa la enzima celular adenilato ciclasa. Esta enzima convierte adenosina trifosfato (ATP) en adenosina monofosfato cíclico (cAMP), molécula que está involucrada en una serie de procesos regulatorios de las células, como la acción de una variedad de hormonas, la transmisión sináptica del sistema nervioso y las reacciones inflamatorias e inmunes en tejidos. Los altos niveles de cAMP, generan la secreción de iones de cloruro y bicarbonato de las células de la mucosa hacia el lumen intestinal. Se produce un desbalance iónico que lleva a la secreción de agua hacia el lumen intestinal.

En la fase aguda del cólera, la pérdida de agua desde el intestino delgado es mayor que la reabsorción en el intestino grueso, por lo que hay una fuga masiva de fluidos. Aproximadamente, un cinco por ciento de las personas infectadas por *V. cholerae* puede producir un cuadro sintomático grave, caracterizado por diarrea acuosa profusa, vómitos y entumecimiento de las piernas. En estos pacientes, la pérdida rápida de líquidos corporales lleva a la deshidratación y a la postración. La falta de tratamiento adecuado y oportuno de estos síntomas, puede llevar a la muerte en cuestión de horas.

Se puede adquirir cólera consumiendo alimentos contaminados con la bacteria del cólera. Generalmente, durante una epidemia, la fuente de contaminación son las heces de una persona infectada.

INFECCIONES DEL TRACTO URINARIO

La colonización y multiplicación microbiana en el epitelio urogenital genera **infecciones del tracto urinario (ITU)**. Habitualmente, la causa es bacteriana y, por lo general, afecta la vejiga y produce cistitis.

La mayoría de las bacterias que causan infecciones del tracto urinario son enterobacterias, principalmente *Escherichia coli* y *Proteus vulgaris*. No obstante, las infecciones nosocomiales pueden deberse a otras bacterias del tipo Gram negativo o positivo.

Una ITU puede ser tratada fácilmente con una terapia de antibióticos adaptada. Sin embargo, en casos más severos, la infección puede expandirse hasta los riñones y causar una pielonefritis.

OTRAS ENFERMEDADES IMPORTANTES

BOTULISMO

La bacteria *Clostridium botulinum*, al igual que *Clostridium tetani*, está presente de forma natural en el suelo y a veces genera enfermedades en animales. Puede crecer y proliferar en comida mal conservada. La enfermedad causada por este microorganismo se produce por una toxina que se une a la membrana de las neuronas presinápticas e impide la liberación de acetilcolina. La transmisión del impulso nervioso al músculo se genera mediante acetilcolina, por lo que la toxina genera una parálisis flácida, es decir, no permite la contracción muscular. La mortalidad de esta enfermedad es cercana al cien por ciento, dependiendo de la cantidad de toxina ingerida, y es provocada, usualmente, por una falla respiratoria debido a la parálisis muscular.



Clostridium botulinum



Clostridium tetani



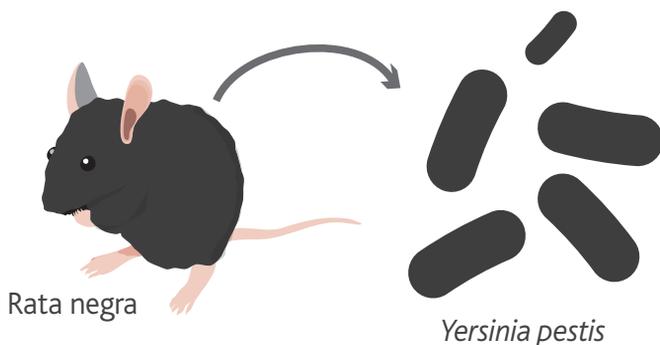
PESTE NEGRA

Esta enfermedad, causada por la bacteria *Yersinia pestis*, se manifiesta mediante la inflamación de los nódulos del sistema linfático, en especial aquellos ubicados en la ingle, axilas y cuello. A esto se suma supuraciones y fiebre alta, que provoca en los enfermos escalofríos y delirio.

En el siglo XIV, la forma más corriente de la enfermedad era la inflamación del ganglio linfático. En esa época, este órgano recibía el nombre de bubón, lo que derivó en el término **peste bubónica**.

Y. pestis colonizaba a roedores, particularmente las ratas negras, y se transmitía a través de las de las pulgas (*Chenopsylla cheopis*) que vivían en ellas. Estas, mediante su picadura, inoculaban la bacteria a los humanos. El contacto frecuente entre ambos hacía fácil el contagio y la diseminación de la enfermedad.

Se estima que, entre los años 1347 y 1353, el efecto de la peste sobre la población europea hizo que esta se redujera de 80 millones a tan solo 30.



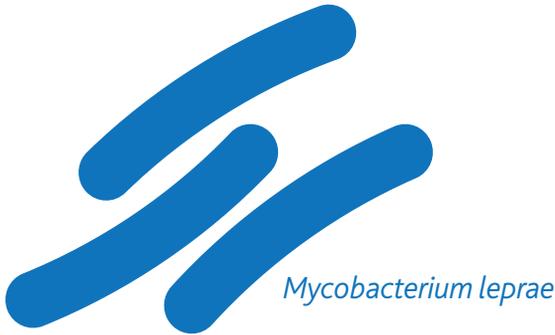
También existieron otras variantes de la enfermedad, como la peste septicémica. En este caso, el contagio pasaba a la sangre, lo que se manifestaba en forma de manchas oscuras visibles en la piel. De ahí el nombre de «muerte negra» o «peste negra».

Por su parte, la peste neumónica, afectaba el aparato respiratorio y provocaba una tos expectorante que podía dar lugar al contagio a través del aire.

LEPRA

Esta enfermedad se caracteriza por la aparición de lesiones en la piel, especialmente en el rostro y extremidades, generadas por la bacteria *Mycobacterium leprae*. Este patógeno, que crece dentro de los macrófagos, causa una infección intracelular que puede provocar una proliferación de la bacteria en la piel y, por consiguiente, producir una gran lesión. En casos graves, la desfiguración que causan las lesiones puede llevar a la pérdida de función motora.

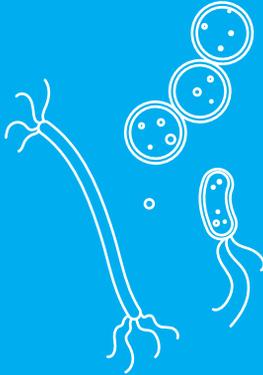
La transmisión de esta enfermedad involucra contacto directo y aspiración del microorganismo. Los tiempos de incubación van desde semanas a décadas y años.



TÉTANO

El tétano es una enfermedad causada por un microorganismo denominado *Clostridium tetani*. Su ambiente natural es el suelo y, ocasionalmente, causa enfermedades en animales. Esta bacteria puede infectar una herida profunda y secreta una toxina que llega a las neuronas, causando síntomas neurológicos graves que pueden ser mortales, ya que se genera una contracción incontrolable de los músculos. Si los músculos respiratorios se ven afectados, se puede producir la muerte por asfixia.





capítulo 5

DISCUSIONES ACTUALES

Discusiones actuales

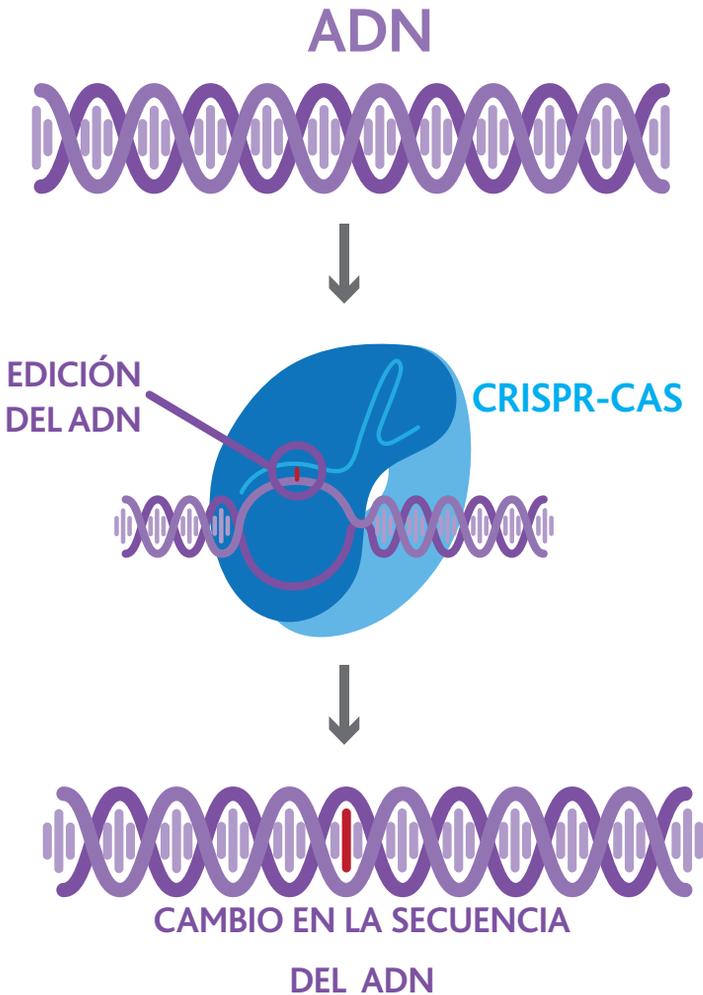
EDICIÓN DE ADN

El poder alterar de manera permanente el ADN, ya sea agregando genes o sacando genes o trozos de ADN específicos, ha sido un anhelo desde hace varias décadas ya que posibilita hacer aplicaciones en el área agronómica, veterinaria y en medicina humana.

Algunas de las herramientas actuales para modificar el ADN corresponden a nucleasas de dedos de zinc (ZFN), nucleasas tipo activadores de transcripción (TALEN) y la revolucionaria técnica de nucleasas de secuencias palindrómicas repetidas inversas (CRISPR-Cas).

Las dos primeras se basan en proteínas constituidas por una región catalítica de ADN y una región de reconocimiento del gen que se desea manipular. Sin embargo, estas dos técnicas impiden realizar cambios múltiples simultáneos, mientras que **CRISPR-Cas** permite cambiar una secuencia de ADN de manera fácil, rápida y precisa en diferentes regiones del genoma de un organismo vivo. Esta técnica de edición genética se inspira en el rudimentario sistema inmune con el que algunas bacterias guardan en su genoma fragmentos del genoma del virus que les permiten identificarlos y producir enzimas que cortan el ARN viral y lo desactivan.

Si bien, la técnica CRISPR-Cas ya se ha utilizado para realizar o corregir mutaciones en distintos tipos de células, desde bacterias hasta células eucarióticas humanas, uno de los grandes inconvenientes que tiene, es la generación involuntaria de errores en el material genético, lo que disminuye su eficacia como para ser considerada a futuro en la generación de terapias por sustitución genética.



Una nueva versión de CRISPR, desarrollada por Gaudelli y colaboradores, reduce la tasa de errores involuntarios introducidos en el genoma del 10 al 0,1 por ciento. Los investigadores han demostrado su nueva tecnología corrigiendo errores genéticos en patologías sanguíneas (leucemias) originadas por mutaciones en el ADN de las células eucariontes.

Científicos latinoamericanos en el desarrollo de vacunas



DR. PABLO VALENZUELA

Pablo Valenzuela, nació en Santiago de Chile en 1941. Los descubrimientos del Dr. Valenzuela cambiaron la faz de la medicina actual. Científico inquieto (Bioquímico de la Universidad de Chile, Doctorado en Química de la Universidad Northwestern y Postdoctorado de la Universidad de California) y empresario por naturaleza (fundó la empresa biotecnológica Chiron Corporation y BiosChile) desarrolló la vacuna contra la Hepatitis B, secuenció el genoma del virus de inmunodeficiencia humana (HIV) y bajo su dirección se descubrió el virus de la Hepatitis C. Actualmente trabaja en la Fundación Ciencia y Vida en búsqueda de nuevas drogas para el tratamiento contra el cáncer.



DR. CÉSAR MILSTEIN

César Milstein estudió química en la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y se graduó de Doctor en Química en el año 1956, posteriormente viajó becado a la Universidad de Cambridge (Inglaterra) donde realizó un segundo doctorado bajo la dirección del Dr. Frederick Sanger. El Dr. Milstein obtuvo el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1984, el cual compartió con Niels K. Jerne (Inglaterra) y Georg Köhler (Alemania), por sus trabajos en el desarrollo de anticuerpos monoclonales. Si bien no desarrolló vacunas, sus descubrimientos han permitido mejorar las técnicas para el desarrollo de vacunas. El Dr. Milstein falleció en Cambridge (Inglaterra), el 24 de marzo de 2002.



DR. JACINTO CONVIT

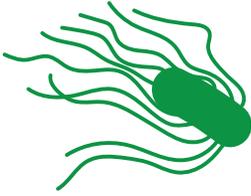
Jacinto Convit nació el 11 de septiembre de 1913 en Venezuela. En 1932 empezó sus estudios en la Escuela de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, obteniendo el grado de Doctor en Ciencias Médicas en 1938. Su experiencia en el área sanitaria epidemiológica empezó cuando fue invitado como estudiante de medicina a visitar la leprosería de Cabo Blanco ubicada en el departamento Vargas del Distrito Federal (Venezuela). Una vez graduado fue médico residente de esa leprosería, donde trabajó entre los años 1940 y 1943. Su vida la dedicó a la investigación científica, en 1987, desarrolló la vacuna contra la lepra. Entre los años 1990 y 1999 desarrolló una vacuna contra leishmaniasis. Recibió el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica de 1987 y fue nominado al Premio Nobel de Medicina en 1988. Falleció en 2014 a la edad de 100 años.



DR. ALEXIS KALERGIS

Alexis Kalergis, estudió Bioquímica en la P. Universidad Católica de Chile y obtuvo su Doctorado en Microbiología e Inmunología en el Albert Einstein College of Medicine en Nueva York (EE. UU.). Profesor de la P. Universidad Católica, desarrolló en Chile una vacuna contra el virus sincicial respiratorio (VRS), causa principal de enfermedades infecciosas respiratorias en niños de todo el mundo.

Además, junto a Susan Bueno (Doctora en Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile y Profesora de la P. Universidad Católica de Chile) están desarrollando una vacuna para combatir el Metapneumovirus Humano (hMPV) que causa enfermedades asociadas a infecciones al tracto respiratorio, afectando especialmente a niños y ancianos, produciendo neumonía y graves obstrucciones de las vías respiratorias, requiriendo el uso de ventilación mecánica.



GLOSARIO



Anticuerpo: moléculas producidas por los linfocitos B. Los anticuerpos (Ac) tienen una estructura básica común, sin embargo, el sitio por el que se unen al antígeno es específico para cada uno.

Antígeno: cualquier molécula que puede inducir la producción de anticuerpos específicos y la activación de linfocitos T.

Bacteriocinas: proteínas con actividad antimicrobiana.

Eucarionte: células que poseen un núcleo en el que está contenido el material genético (ADN). Son células complejas y evolucionadas y, en su interior, existe una serie de organelos membranosos. Este tipo celular puede ser animal o vegetal.

Factores de virulencia: se refiere a una serie de propiedades intrínsecas de los agentes patógenos que facilitan la adherencia, invasión e infección del hospedero. Los factores de adherencia permiten a bacterias patógenas colonizar sitios de la mucosa mediante adhesinas. Algunos componentes de

superficie o enzimas facilitan la invasión a la célula huésped. La presencia de toxinas altera la fisiología de la célula o del hospedero, lo que conlleva la aparición de síntomas y el desarrollo de la enfermedad.

Filo: corresponde al tercer elemento de clasificación de los seres vivos en categorías taxonómicas. El primero es "dominio", luego "reino" y finalmente "filo" o "división". El filo reúne a todos los seres vivos con el mismo sistema de organización.

Infecciones nosocomiales: infecciones contraídas por pacientes dentro de un recinto de atención de salud. También se les denomina infecciones intrahospitalarias.

Integrasas: enzimas de recombinación que reconocen pequeñas secuencias homólogas específicas.

Interneuronas: corresponde a una neurona del sistema nervioso central que solo interconecta con otras neuronas, nunca con receptores sensoriales o fibras musculares.

Linfocitos: o también llamados glóbulos blancos, son las células sanguíneas encargadas de la defensa específica del sistema inmune. En su membrana presentan receptores que les permiten reconocer una enorme variedad de patógenos.

Linfocitos B: son un tipo de linfocitos encargados de fabricar o producir anticuerpos contra un determinado antígeno. También pueden funcionar como células presentadoras de antígeno y, eventualmente, pueden transformarse en células de memoria B, después de ser activados por la interacción con un antígeno.

Linfocitos T: también llamadas células T, son un tipo de linfocito importante en el mantenimiento del sistema inmunológico y fundamental en la lucha contra los microorganismos patógenos. Hay dos tipos principales de linfocitos T, los T citotóxicos (Tc) y los T ayudadores o helper (TH). Los Tc buscan el cuerpo de las células infectadas por los antígenos. Cuando un Tc reconoce un antígeno unido a una célula del cuerpo, se adhiere a la superficie de la célula infectada y produce moléculas tóxicas, matando a la célula

infectada. Los TH secretan citoquinas, cuando son activados por un antígeno, las que estimulan a los linfocitos B para comenzar su respuesta inmune.

Lipopolisacárido: es el principal componente de la membrana externa de las bacterias Gram negativas y el principal responsable del shock endotóxico inducido por bacterias Gram negativas.

Macrófagos: células presentadoras de antígenos. Tras digerir las sustancias extrañas o antígenos, se los presentan a los linfocitos para dar pie a la maduración y respuesta específica.

Memoria inmunológica: es la capacidad de respuesta inmune rápida frente a un agente que ya tuvo contacto con el sistema inmune.

Mucosas: capa de células que secreta sustancias que presentan elementos protectores ante bacterias patógenas. Están presentes en el tracto digestivo, respiratorio y urogenital.

Neuronas motoras: neuronas del sistema nervioso central que proyectan su axón hacia un músculo o glándula.

Peptidoglicano: es el principal constituyente de la pared bacteriana. Se le puede definir como un esqueleto de aminoazúcares que envuelve la membrana de la célula y le otorga rigidez.

Procarionte: células muy simples. Carecen de organelos membranosos y no poseen núcleo, por lo que el material genético (ADN) se encuentra en el citoplasma. A este tipo celular pertenecen microorganismos como las bacterias.

Secuencia Palindrómica: corresponde a una secuencia de ADN o ARN dispuesta de tal manera que se lee igual de 5' a 3' y de 3' a 5'.

Sistema del complemento: este sistema forma parte de la inmunidad innata y es una defensa inespecífica contra microorganismos patógenos. Está constituido por proteínas denominadas factores del complemento. En caso de reacciones inflamatorias, los factores del complemento se dirigen al tejido infectado, donde sirven como señal para atraer células del sistema inmune. Se adhieren a bacterias dañinas para marcarlas como blanco o

generan poros en las membranas de agentes patógenos y causan su lisis.

spp.: por lo general, abreviatura que se utiliza para referirse a todas las especies dentro de un género.

Test de Gram o tinción Gram: método creado por Christian Gram en 1884, para visualizar y diferenciar bacterias bajo el microscopio. El primer paso es aplicar el colorante cristal violeta. Luego, realizar el proceso de decoloración con éter-acetona. Las bacterias Gram positivo retienen el primer colorante, por lo que se ven violeta o azul oscuro en el microscopio. Las bacterias Gram negativo se decoloran. Finalmente, se utiliza un segundo colorante (safranina) y las bacterias Gram negativo se tiñen de rosado.

Transposones: Fragmentos de ADN móviles que pueden pasar de un cromosoma a otro.

ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

¡Con las manos en la
masa!



Aprende conociendo y experimentando en
el micromundo de las bacterias.
Ayudado de un adulto, realiza estas actividades.

Actividad N°1

“Preparación de placas de cultivo para microorganismos”

Materiales:

- Un sobre de gelatina sin sabor
- ½ litro de agua hervida caliente (2 ½ tazas o 500 mL)
- 1 cubo de caldo de carne
- Recipiente con capacidad para un volumen de 3 tazas o 600 mL
- 2 tazas
- Placas de Petri plásticas o de vidrio (alternativamente se pueden usar cajas de plástico bajas con tapa)
- Regla de 10 cm

Disolver el cubo de caldo de carne en 1/4 de taza de agua (50 mL). Paralelamente, disolver el sobre de gelatina sin sabor en 3/4 de taza de agua (15° mL). Mezclar ambas preparaciones, revolver bien y agregar una taza (200 mL) de agua más.

Distribuir el contenido final en las placas de Petri (o cajas de plástico bajas con tapa) dejando una altura de 0,5 cm de grosor (usar regla para medir). Tapar y dejar solidificar en el refrigerador.

El contenido de las placas será utilizado para las actividades 2, 3, 4 y 5.

Con la mezcla final detallada en este procedimiento, se deberían poder preparar aproximadamente 20 placas de Petri de 90 mm de diámetro.

Actividad N°2

“Cultivo de microorganismos ambientales”

Materiales:

- Cotonetes de algodón
- 2 Placas de Petri
- Plumón permanente

Tomar un cotonete y pasarlo por la superficie de un lugar del entorno como mesa, silla, baño, teléfono celular, etc. Este proceso se denomina colecta o toma de muestra.

Luego, suavemente, pasar el cotonete con la muestra en forma de zig-zag por una de las placas de Petri de la actividad N°1. Esta operación se denomina sembrado.

Luego, tapar la placa y rotularla por la cara externa que contiene el agar, consignando lugar de toma de muestra, nombre del colector de la muestra y fecha. No rotular en la tapa. Este proceso se denomina rotulado. Repetir las operaciones de colecta, siembra y rotulado para cada lugar que se quiera analizar.

El proceso de rotulación consiste en colocar las placas sembradas en un contexto que permita que las bacterias crezcan. Para esto hay que colocar las placas a temperatura ambiente durante 48 horas, con el agar hacia arriba y en un lugar donde no llegue la luz directa. Luego, analizar la presencia de colonias crecidas en el agar y comparar color, textura, forma, etc.

Pasado los dos días, las placas pueden almacenarse en un refrigerador (4 a 6°C) por un par de semanas.

Actividad N°3

“Cultivo de microorganismos que habitan nuestro cuerpo”

Materiales:

- Cotonetes de algodón
- 2 Placas de Petri
- Plumón permanente

Usando cotonetes, tomar una muestra del interior de la nariz de un(a) compañero(a) y, posteriormente, sembrar la muestra en una placa de Petri, como se describió en la Actividad N°2. ¡No olvidar rotular la placa!

Paralelamente, con otro cotonete, tomar una muestra del interior de la boca (lengua o mejilla) de otro(a) compañero(a) y repetir el procedimiento.

Incubar las placas rotuladas en un lugar cálido por 48 horas, con el agar hacia arriba y donde no llegue la luz directa. Luego observar el crecimiento de microorganismos en cada una. Analizar las colonias crecidas en relación a color, textura, forma, etc.

Pasado los dos días, las placas pueden almacenarse en un refrigerador (4 a 6°C) por un par de semanas.

Actividad N°4

“Medios de cultivo óptimos para microorganismos”

Materiales:

- 3 botellas plásticas de ½ litro limpias
- 3 tazas de agua hervida caliente
- 1 cubo de caldo de carne
- Recipiente para disolver el caldo
- 1 cuchara
- Vinagre
- Sal
- Plumón permanente

En el recipiente, disolver el cubo de caldo de carne en las tres tazas de agua. Dividir el contenido en las tres botellas (1 taza por botella). A la primera botella, agregarle cinco cucharadas de sal, a la segunda botella cinco cucharadas de vinagre y no adicionar nada en la tercera botella. Esta será la botella de control. Rotular las botellas para diferenciarlas con facilidad y ponerlas en un lugar cálido. Incubar durante cinco días.

Luego de transcurrido el tiempo de incubación, observar las botellas y comparar su turbidez o turbiedad. A mayor turbidez, mayor crecimiento de microorganismos.

Actividad N°5

“Respiración de microorganismos”

Materiales:

- Una botella de medio litro, preferiblemente de plástico
- Un globo
- Un sobre de levadura de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Dos cucharadas soperas de azúcar
- Agua tibia
- Una jarra (o similar)
- Una cuchara
- Cinta adhesiva

En la jarra colocar una taza y media de agua tibia y añadir el sobre de levadura. Mezclar bien. Posteriormente, agregar las dos cucharadas de azúcar. Revolver hasta que la mezcla sea homogénea y colocar el contenido de la jarra en la botella.

Paralelamente, inflar un poco el globo para volverlo más elástico. Luego, desinflarlo y ponerlo en la boca de la botella. Fijarlo con cinta adhesiva.

Finalmente, ubicar la botella con el globo sobre una superficie plana.

Incubar durante unas horas y observar y documentar los procesos que ocurren con el globo y la levadura disuelta al interior de la botella.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). Vacuna chilena contra el virus sincicial es reconocida internacionalmente. Recuperado de: <http://www.conicyt.cl/fondef/2017/09/26/vacuna-chilena-contra-el-virus-sincicial-es-reconocida-internacionalmente/>

Curtis H., Schnek A. (2006). Invitación a la biología. Editorial Médica Panamericana, 6ª edición, Argentina.

Curtis H., Schnek A. (2008). Curtis. Biología. Editorial Médica Panamericana, 7ª edición, Chile.

Forbes B. (2009). Diagnóstico Microbiológico. Editorial Médica Panamericana, 12ª edición, Argentina.

Heitmann I., Jofré M., Leonor L., Hormazabal C., Olea A., Vallebuona C., Valdés C. (2005). Revisión y recomendaciones para el manejo de diarrea por *Vibrio parahaemolyticus*. *Rev Chil Infect* 2005; 22 (2):131-140.

Hille F., & Charpentier E. (2016). CRISPR-Cas: biology, mechanisms and relevance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1707):496.

Koolman J., Röhm K. (2004). Bioquímica. Editorial Panamericana, 3ª edición. España.

Montoya Villafañe H. (2008). Microbiología básica para el área de la salud y afines. Editorial Universidad de Antioquia, 2ª edición. Colombia.

Murray P., Rosenthal K., Pfaller M. (2017). Microbiología médica. Editorial Elsevier, 8ª edición, España.

Meyrier A. (2006). Infecciones del tracto urinario, In EMC. Tratado de Medicina, 8(3):1-6.

Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. Calendario de Vacunación del Programa Ampliado de Inmunizaciones - PAI. Recuperado de <http://pai.mspbs.gov.py/>

Müller-Esterl W. (2008). Bioquímica. Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida. Editorial Reverté, España.

National Geographic. La peste negra, la epidemia más mortífera. Recuperado de: http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/la-peste-negra-la-epidemia-mas-mortifera_6280/8

Peakman M., Vergani D. (2011) Inmunología básica y clínica. Editorial Elsevier, España.

Richter C., Chang J., Fineran P. (2012). Function and Regulation of Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR) / CRISPR Associated (Cas) Systems. *Viruses*, 4(10):2291–2311.

Romero Cabello R. (2007). Microbiología y parasitología humana. Editorial Panamericana, 3ª edición. México.

Romero Hurtado S., Iregui, C. (2010). El Lipopolisacárido. *Rev. de Med. Vet.* 19:37-45.

Salyers A., Whitt D. (1994). Bacterial Pathogenesis. Editorial EMS Press, Estados Unidos.

PARA SABER MÁS

Chile Bio. CRISPR: La herramienta de edición genética que está revolucionando la medicina y agricultura. Recuperado en: <http://www.chilebio.cl/?p=6367>

El País. La edición genética abre nuevas fronteras con dos nuevas técnicas. Recuperado en <http://www.elpais.com.uy/vida-actual/edicion-genetica-abre-nuevas-fronteras-nuevas-tecnicas.html>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, National Academy of Medicine, National Academy of Sciences, Committee on Human Gene Editing: Scientific, Medical, and Ethical Considerations. (2017). Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance. National Academies Press, Estados Unidos.

Turksen K. (2016). Genome Editing. Editorial Springer, Suiza.

Watson J. (2008). Biología molecular del gen. Editorial Panamericana, 5ª edición, España.

Marchesi J. (2014). The Human Microbiota and Microbiome. Editorial CABI, Inglaterra.

Mönckeberg, F. y Corsini, G. (2011) Microbiota intestinal, metabolismo y balance calórico. Revista Chilena de Nutrición 38: 477-481

Olds W. (2014). Health and the Gut: The Emerging Role of Intestinal Microbiota in Disease and Therapeutics. Editorial CRC Press, Estados Unidos.

Peláez C., Requena T. (2017). La microbiota intestinal. Editorial C.S.I.C , España.

Schwartz A. (2016). Microbiota of the Human Body: Implications in Health and Disease. Editorial Springer, Suiza.

Tannock G. (2017). Understanding the Gut Microbiota. Editorial John Wiley & Sons, Estados Unidos.

Ventoso García B. (2017). Microbiota y metabolismo: la importancia de la microbiota en el correcto funcionamiento fisiológico. Editorial 3Ciencias, 1ª edición, España.

Rey E., Kalergis A. (2017). Immunological features of respiratory syncytial virus-caused pneumonia-implications for vaccine design. International Journal of molecular sciences, 18(3).

Villa L.L., Valenzuela P.D.T., Socías M., Roberts S., Burzio L.O. (2012). Expression of ncmtRNA is modulated by high risk HPV oncogenes. J. Biol. Chem. 287:21303-21315.

Villota C., Campos A., Boccardo E., Burzio V.A., Varas M., Villegas J., Villa L.L., Valenzuela P., Socías M., Roberts S., Burzio L.O. (2012). Expression of mitochondrial ncRNAs is modulated by high risk HPV oncogenes. J. Biological Chemistry, 287:21303-21315.

Valenzuela P., Tekamp-Olson P., Coit D. (1984). Hepatitis B vaccine: Characterization of hepatitis B antigen particles produced in yeast. Proceedings of the Symposium on Modern Approaches to Vaccines (R. Charnock and R. Lerner, Eds) Cold Spring Harbor NY:209-213.

