



GOBIERNO DEL ESTADO DE
VERACRUZ
2024 - 2030

SEV
SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN
DE VERACRUZ

SEMSys
SUBSECRETARÍA DE
EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR Y SUPERIOR

 **TEBAEV**
Telebachillerato de Veracruz

Dirección General de Telebachillerato

Ciencias de la salud II

Adriana Domínguez Rivas
Guadalupe Verónica Islas Vargas
Beatriz Alejandra Higuera Cerecedo

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Norma Rocío Nahle García
Gobernadora del Estado de Veracruz

Claudia Tello Espinosa
Secretaria de Educación de Veracruz

David Agustín Jiménez Rojas
Subsecretario de Educación Media Superior y Superior

Dirección General de Telebachillerato

Director General
Irving Ilhuicamina Mendoza Ruiz

Subdirectora Técnica
Piedad Alcira Hernández Pérez

Jefe del Departamento Técnico Pedagógico
Noel Abraham Velázquez Viveros

Jefa de la Oficina de Planeación Educativa
Ana Flora Angulo Morales

Equipo editorial

Coordinación editorial
Mauro Morales Arellano

Asesoría académica
Rocío Pale Tlapa

Asesoría pedagógica
Jessica Martínez Barreto

Corrección y estilo
Lorenza Santos Sánchez

Diseño editorial
Greisy del Carmen Ramos de la Cruz

Formación
Zaira Zulema Sánchez Hernández

Fotografía de la portada
Zaida Ruth García Montes

Ciencias de la salud II

Segunda edición: 2026
ISBN: 978-607-725-567-3

D. R. © 2026. Secretaría de Educación de Veracruz
Km 4.5 Carretera federal Xalapa-Veracruz
Col. Rubi Animas, C.P. 91193, Xalapa, Veracruz
Telebachillerato de Veracruz

Impreso en México

Queda prohibida la reproducción total o parcial de la presente obra.

Nota. Elaboración propia por Canva.

Módulo 1

Microbiología y parasitología

Progresión

- Evalúa los factores y elementos de riesgo físico, químico y biológico presentes en la naturaleza que alteran la calidad de vida de una población para proponer medidas preventivas.

Metas de aprendizaje

- Examina el mecanismo de patogenicidad de los diferentes microorganismos que causan enfermedad para explicar la relación agente-huésped-medio ambiente de acuerdo con la taxonomía biológica, concientizando de manera propositiva a su comunidad sobre la importancia de hábitos higiénicos.
- Distingue las diferentes técnicas de cultivo que identifican los microorganismos causantes de enfermedades, para ejemplificar la reproducción de los mismos dentro de su cuerpo, fomentando acciones preventivas para el cuidado de su salud y de su comunidad.

Categorías y subcategorías

Virología y bacteriología

Clasificación

Patologías relacionadas a los microorganismos

Técnicas de cultivo en el laboratorio

Parasitología

Clasificación

Patologías relacionadas a los parásitos

Técnicas de cultivo en el laboratorio

Micología

Clasificación

Patologías

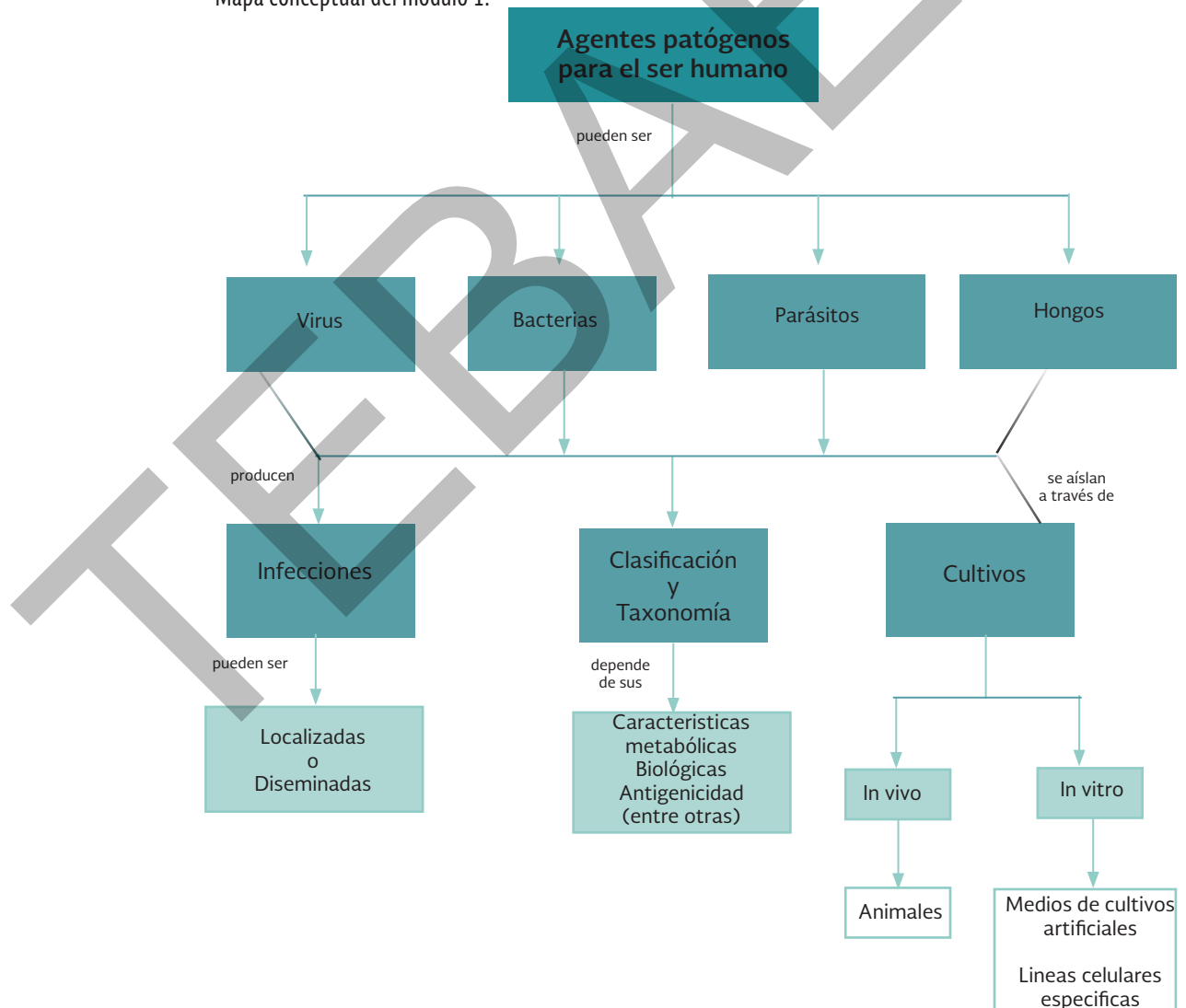
Técnicas de cultivo en el laboratorio

Introducción

El examinar más de cerca a los agentes causales de muchas de las enfermedades infecciosas en el ser humano, su taxonomía, su “táctica de ataque” y los métodos de que disponemos para lograr aislarlos nos proporciona ciertas ventajas en la prevención, en protección y/o en el combate contra los efectos adversos que puedan causar en la población humana, ya que algunos de ellos, por sus características fisiológicas en conjunto con el medio ambiente, logran hacer cambios que no siempre esperamos y mucho menos estamos preparados para combatir. Es por ello que al terminar este bloque se espera que logres comprender que existe una simbiosis continua con todos los organismos y microorganismos que habitan en el planeta, y al entenderlo concientes a tu comunidad acerca de la importancia de buenos hábitos higiénicos y de medidas preventivas para el cuidado de tu salud y de los que te rodean.

Esquema 1.1

Mapa conceptual del módulo 1.



Nota. Elaboración propia.

Exploro mis saberes

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

1. Describe las diferencias que existen entre un virus, una bacteria, un parásito y un hongo.
2. Menciona un ejemplo de enfermedad o padecimiento que provoque:
 - a) Virus
 - b) Una bacteria
 - c) Un parásito
 - d) Un hongo
3. De qué muestras biológicas de tu cuerpo se pueden obtener:
 - a) Virus
 - b) Una bacteria
 - c) Un parásito
 - d) Un hongo
4. Es posible “cultivar” un microorganismo? Explica. ¿Cuántos tipos de prevención existen?

Virología y bacteriología

Es sabido que los organismos microscópicos poblaron el planeta mucho antes que los vertebrados superiores. Como especie humana, convivimos todo el tiempo con ellos y nos brindan beneficios, como la digestión, la síntesis de vitaminas y la estimulación del sistema inmunológico; sin embargo, en ocasiones excepcionales, esa línea delgada de convivencia pacífica se rompe, causando en el hombre enfermedades que, si se descuida, pueden costarle la vida.

La microbiología es la rama de la biología que se dedica al estudio de estos seres microscópicos, los cuales a grandes rasgos son: virus, bacterias, parásitos y hongos, los cuales son agentes causales de las enfermedades transmisibles (tabla 1.1).

Tabla 1.1 Resumen históricos de la microbiología.

Año	Protagonista	Episodio
1675	A. Van Leeuwenhoek (comerciante holandés).	Fabrica el primer microscopio, observa y describe los pequeños animalculas.
1790	E. Jenner (médico inglés).	Antivariólica.
1840	I. Bemmleweles (médico austriaco).	Intuye la causa de fiebre puerperal y su transmisión por médicos y estudiantes.
1860	Pasteur (químico francés, iniciador de la microbiología moderna).	Estudia los microbios que alteran el vino y la cerveza, y establece similitud con infecciones humanas; vacuna del carbunco y la rabia, pasteurización, etc.
1867	J. lister (cirujano inglés).	Aplica estudios de Pasteur a la prevención de la infección quirúrgica.
1880	R. Kouch (médico alemán).	Dacilio tuberculoso, postulator, método científico, etc.
1909	P. Ehrich (médico alemán).	“Bela mágica”. Tratamiento de la sífilis, inicio de la quimioterapia.
1929	A. Fleming (médico inglés).	Penicilina Declara erradicada la viruela.
1978	OMS.	Declara erradicada la viruela.
1990	Bioteología, nuevas condiciones de vida.	Infecciones emergentes (SIDA, legionales, etc.).
2002 -2003	Globalización.	Síndrome respiratorio agudo severo.

Nota.Elaboración propia.

En 2019, el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUI-VE), reporta “las veinte principales causas de enfermedad en México”, en donde figuran diversas infecciones respiratorias agudas, intestinales y urinarias causadas por diversos microorganismos como primeras causas de enfermedad, lo que lo hace un tema de relevancia; y es por ello, que México, así como otros países, dedican grandes esfuerzos para controlarlas o tratar de erradicarlas.

Clasificación

Los virus y bacterias son los microorganismos más pequeños que existen y, a su vez, los que más daños han provocado en la salud de la humanidad, causando epidemias y pandemias con altos índices de **morbilidad** y **mortalidad**. Aunque con los avances de la ciencia, los índices de mortalidad provocados por enfermedades transmisibles van en disminución, ocupando los puestos más altos las enfermedades no transmisibles (datos del INEGI sobre estadísticas de mortalidad en el 2017), estos agentes siguen causando estragos en la población mundial.

Virus

Los virus son “entes biológicos” de naturaleza única y excepcional que han coexistido con sus huéspedes en nuestro mundo desde hace aproximadamente unos 200 millones de años, y actualmente son una útil herramienta de investigación en biología molecular, estudio del genoma, etcétera.

¿Por qué “entes”?; pues porque a pesar de su remota existencia, su estudio científico no es mayor a los últimos 30 o 40 años, y los virólogos aún no logran ponerse de acuerdo acerca de si son microorganismos vivos o no, pues sus características harían pensar que poseen una vida muy activa como cualquier criatura en el planeta, pero eso no es del todo “vida”. Los biólogos consideran a un ser vivo como aquel formado a partir de una o varias células y que lleva a cabo las funciones propias de lo **biótico**, como respirar, crecer, morir, alimentarse, reproducirse, etc. y los virus cumplen con sólo algunos de estos requisitos, por lo que para los biólogos los virus son no vivos.

Los virus han podido identificarse por su capacidad de pasar a través de filtros que retienen incluso a las bacterias más pequeñas (figura 1.1). Su tamaño va de 20 a 300 nm (1 nm = 0.001 micrómetros) y poseen una gran diversidad de formas. Pueden infectar a microorganismos unicelulares como **micoplasmas**, bacterias (se les llama bacteriófagos), algas, así como pluricelulares como plantas y animales. Poseen sólo un tipo de genoma: ADN o ARN que puede ser **monocatenario** o bicatenario, lineal, circular o segmentado, el cual codifica desde unos cuantos genes hasta más de 100. Si el ácido es ARN, éste puede traducirse de forma directa en proteínas (genoma de cadena positiva) o pasar por un proceso de copiado a otra tira de ARN capaz de traducirse (genoma de cadena negativa). Los ácidos nucleicos virales se asocian a nucleoproteínas codificadas por el propio virus y éstas, junto con los ácidos, se encuentran rodeados por una cubierta de proteína o cápside, que según su disposición en el espacio puede presentar simetría icosaédrica (con dos, tres o cinco ejes de simetría), helicoidal (con sólo dos ejes de simetría), binaria (cabeza icosaédrica y cola helicoidal) y compleja (nucleocápside helicoidal o icosaédrica recubierta por una envoltura suave) que pueden adoptar diversas formas. La cápside está compuesta por subunidades llamadas capsómeros y de ella depende la patogenicidad del virus.

Mortalidad
Número de muertes en una población en un tiempo determinado.

Morbilidad
Número de personas que enferman en una población en un tiempo determinado.

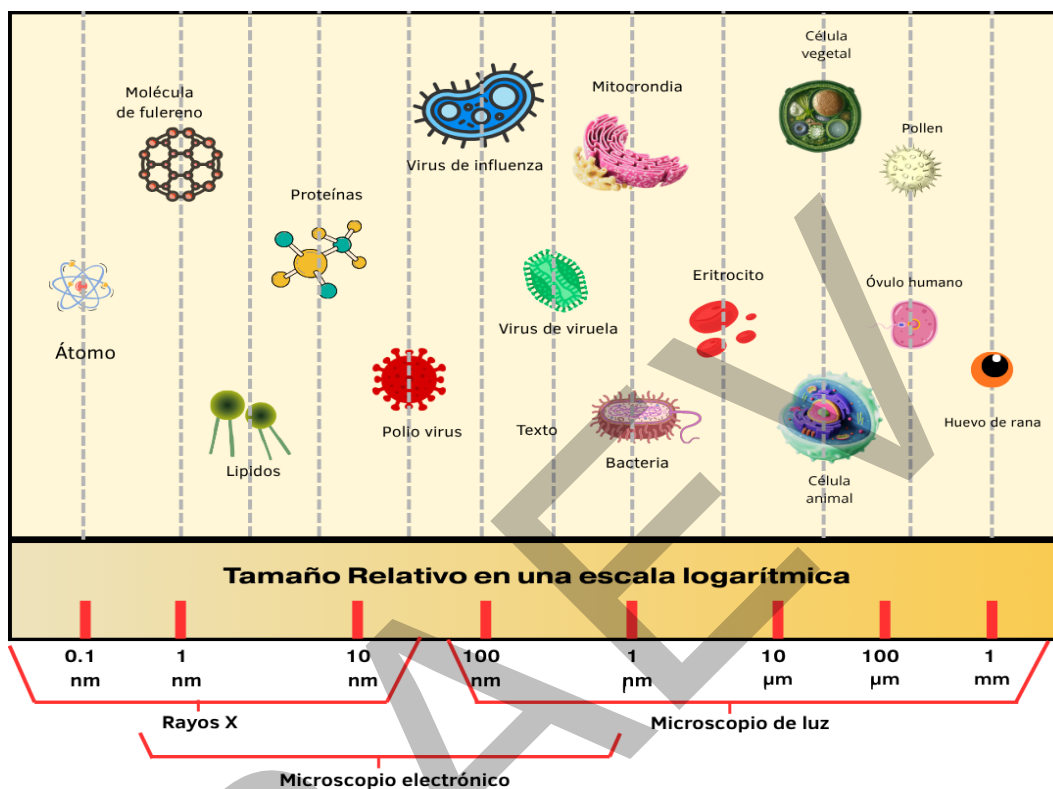
Biótico
Que posee vida

Mycoplasma o Micoplasma
Bacteria que carece de pared celular.

Monocatenario
Que sólo posee una sola cadena de ácido nucleico y Bicatenario que contiene una doble cadena.

Figura 1.1

Capacidad de los instrumentos actuales para identificar el tamaño de lo “vivo” y lo “no vivo”.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Glicoproteínas

Azúcares de cadena corta unidos a proteínas.

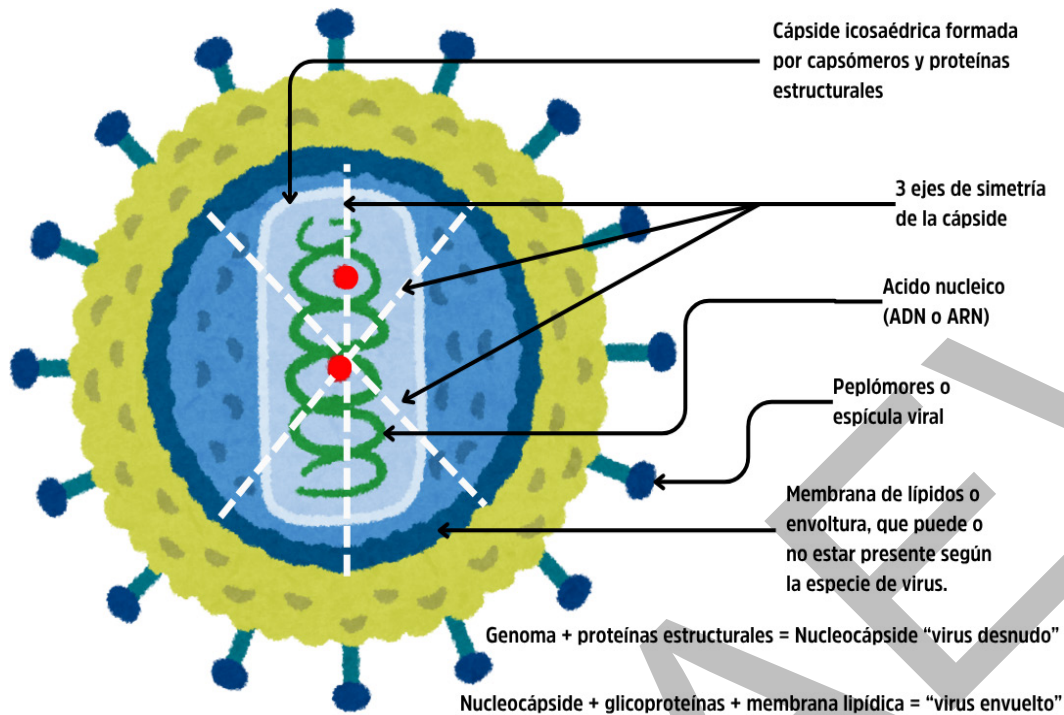
Inertes

Que no tiene vida.

El ADN o ARN viral, junto con las nucleoproteínas y las proteínas de la cápside se denominan nucleocápside, la cual está envuelta, a su vez, en una membrana de lípidos que provienen de la membrana plasmática de la célula huésped. El virus puede codificar algunas proteínas y, junto con las producidas en la célula huésped, son insertadas posteriormente en forma de “picos” en la membrana de lípidos (en forma de **glicoproteínas**), llamados peplómeros o espículas, y son los responsables de la unión a la célula huésped y de la infectividad viral. A los dos componentes básicos: genoma de ADN o ARN, cápside y junto con la envoltura de lípidos, si es que la hay, se le considera un virión (figura 1.2).

Los virus son **inertes** extracelularmente, pudiéndose replicar únicamente en células vivas, razón por la cual se les considera parásitos a nivel genético, y como no poseen organelos ocupan los de la célula huésped para sintetizar sus propias proteínas y replicar su genoma. En el momento en que el virus entra en contacto con la célula del huésped, parece cobrar vida propia y se comporta como un parásito típico que entra a la célula para vivir a sus expensas, y tomando el control de la misma en las funciones más importantes, como lo es la producción de ácidos nucleicos y la síntesis de proteínas, todo para realizar réplicas de sí mismo.

Figura 1.2
Estructura básica de un virus infectante o virión.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Después de replicarse, esas partículas virales en el interior de la célula huésped son liberadas por lisis o gemación, diseminándose a las células y tejidos cercanos. A manera de analogía, se puede considerar a un virus como un "paquete de entrega inmediata", que posee lo mínimo necesario para sobrevivir y el contenido del paquete (no deseado por nosotros, hablando de una enfermedad) posee un tipo de ácido nucleico y enzimas que le permiten replicarse; el receptor de dicho paquete es una célula normal (procariota y eucariota: animal o vegetal) que le permita cohabitar en su interior y le "preste" toda su maquinaria para sintetizar miles de viriones, orquestando el virus dicha síntesis.

En todo sistema biológico, la clasificación es importante para su estudio, y en el caso de los virus sus características tan peculiares, como que poseen más rasgos en común con su huésped que entre ellos mismos, no existe una única taxonomía, todas poseen fortalezas y debilidades e incluso otras se complementan para una mejor comprensión de su comportamiento. Algunos rasgos considerados para su taxonomía son el tipo de genoma, la presencia o ausencia de cápside, morfología, **propiedades antigénicas**, etc., a estas últimas peculiaridades, algunos autores exponen que si se posee la secuencia de nucleótidos de sus ácidos nucleicos seríamos más acertados en la clasificación (figura 1.3).

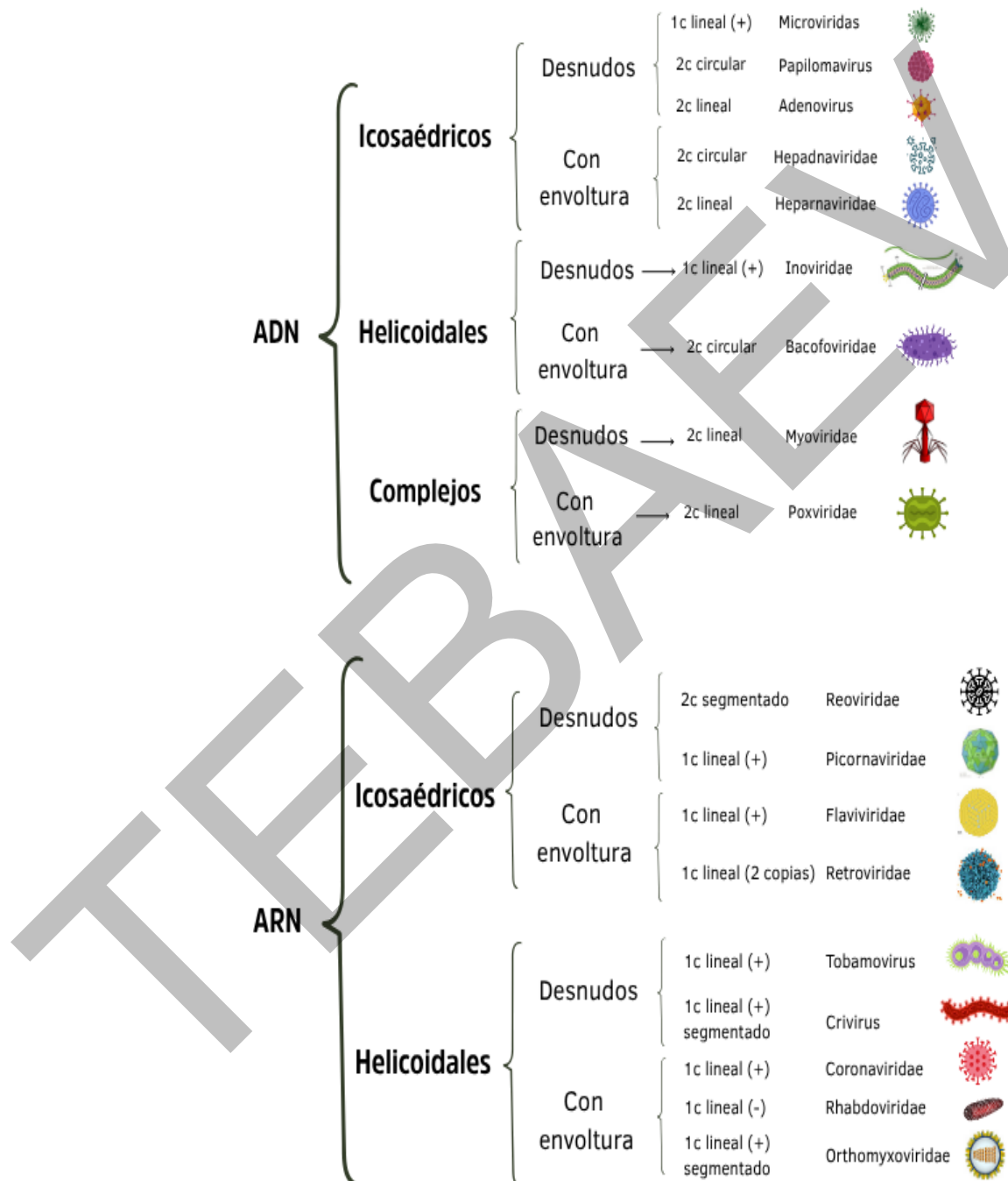
Propiedades antigénicas

Capacidad del virus de provocar una respuesta del sistema inmune: antígeno (externo generalmente del agente) –anticuerpo (producidos en el huésped).

Figura 1.3

Taxonomía de virus por las características de su genoma y por las características de la cápside, con ejemplos de los nombres de familias de virus y sus caricaturas o micrografías.

Clasificación de virus por sus características



Nota. Elaboración propia por Canva.

Los virólogos han coincidido en que para clasificar a los virus es importante considerar su naturaleza y evolución, y como el resultado de estas discusiones, se encuentra la clasificación del Comité Internacional de Taxonomía de Virus ICTV, la cual utiliza la taxonomía tradicional de Linneo y tiene la responsabilidad de asignar los nuevos virus a una taxonomía. La última versión del mes de julio de 2019 (<https://talk.ictvonline.org/taxonomy/>) incluye: cuatro dominios: *Duplodnaviria*, *Monodnaviria*, *Riboviria* y *Varidnaviria*; nueve reinos: *Heunggongvirae*, *Loebvirae*, *Sangervirae*, *Shotokuvirae*, *Trapavirae*, *Orthornavirae*, *Pararnavirae*, *Bamfordvirae*, *Helvetiavirae*; 16 phylum, phyla ofilo; dos subphylum, subphyla o subfilo; 36 clases; 55 órdenes; ocho subórdenes; 168 familias; 103 subfamilias; 1421 géneros; 58 subgéneros y 6590 especies; como ejemplo, en esta clasificación se encuentra el dominio *Varidnaviria*, el cual se divide en dos reinos, el *Bamfordvirae* y el *Helvetiavirae*. El reino *Helvetiavirae* posee:

- un phylum: *Dividoviricota*,
- con una sola clase: *Laserviricetes*,
- con un solo orden: *Halopanivirales*,
- con una sola familia: *Sphaerolipoviridae*,
- con tres géneros: *Alphasphaerolipovirus*, *Betasphaerolipovirus* y *Gamasphaerolipovirus*. El primero con cuatro especies, el segundo con una sola especie y el tercero con dos especies. La estrella representa la especie tipo (figura 1.4).

Figura 1.4

Clasificación ICTV. Dominio *Varidnaviria* con uno de sus dos reinos, el reino *Helvetiavirae* (se omite por extensión en la imagen el reino *Bamfordvirae* que pertenece al mismo dominio). La estrella está colocada en la especie tipo de cada género.

— Realm: <i>Varidnaviria</i>	
— Kingdom: <i>Abadenavirae</i> Realm: <i>Varidnaviria</i>	Updated
— Phylum: <i>Produglaviricota</i> Kingdom: <i>Abadenavirae</i>	Updated
— Class: <i>Ainoaviricetes</i> Phylum: <i>Produglaviricota</i>	Updated
— Order: <i>Lautamovirales</i> Class: <i>Ainoaviricetes</i>	
— Family: <i>Finnlakeviridae</i> Order: <i>Lautamovirales</i>	
— Genus: <i>Finnlakevirus</i> Family: <i>Finnlakeviridae</i>	
Species: <i>Finnlakevirus FLIP</i> Genus: <i>Finnlakevirus</i>	
— Class: <i>Belvinaviricetes</i> Phylum: <i>Produglaviricota</i>	Updated
— Order: <i>Atroposvirales</i> Class: <i>Belvinaviricetes</i>	Updated
— Family: <i>Skuldviridae</i> Order: <i>Atroposvirales</i>	
— Genus: <i>Delusorvirus</i> Family: <i>Skuldviridae</i>	
Species: <i>Delusorvirus cascadiense</i> Genus: <i>Delusorvirus</i>	
Species: <i>Delusorvirus hikurangiense</i> Genus: <i>Delusorvirus</i>	
— Order: <i>Belfryvirales</i> Class: <i>Belvinaviricetes</i>	Updated
— Family: <i>Turriviridae</i> Order: <i>Belfryvirales</i>	
— Genus: <i>Alphaturrivirus</i> Family: <i>Turriviridae</i>	
Species: <i>Alphaturrivirus hveragerdiense</i> Genus: <i>Alphaturrivirus</i>	
Species: <i>Alphaturrivirus yellowstonense</i> Genus: <i>Alphaturrivirus</i>	
— Order: <i>Coyovirales</i> Class: <i>Belvinaviricetes</i>	Updated
— Family: <i>Chaoaviridae</i> Order: <i>Coyovirales</i>	
— Genus: <i>Antichaocavirus</i> Family: <i>Chaoaviridae</i>	
Species: <i>Antichaocavirus pescaderoense</i> Genus: <i>Antichaocavirus</i>	
— Genus: <i>Homochaocavirus</i> Family: <i>Chaoaviridae</i>	
Species: <i>Homochaocavirus californiense</i> Genus: <i>Homochaocavirus</i>	
Species: <i>Homochaocavirus pescaderoense</i> Genus: <i>Homochaocavirus</i>	

Nota. Elaboración propia por Canva.

Expresión génica

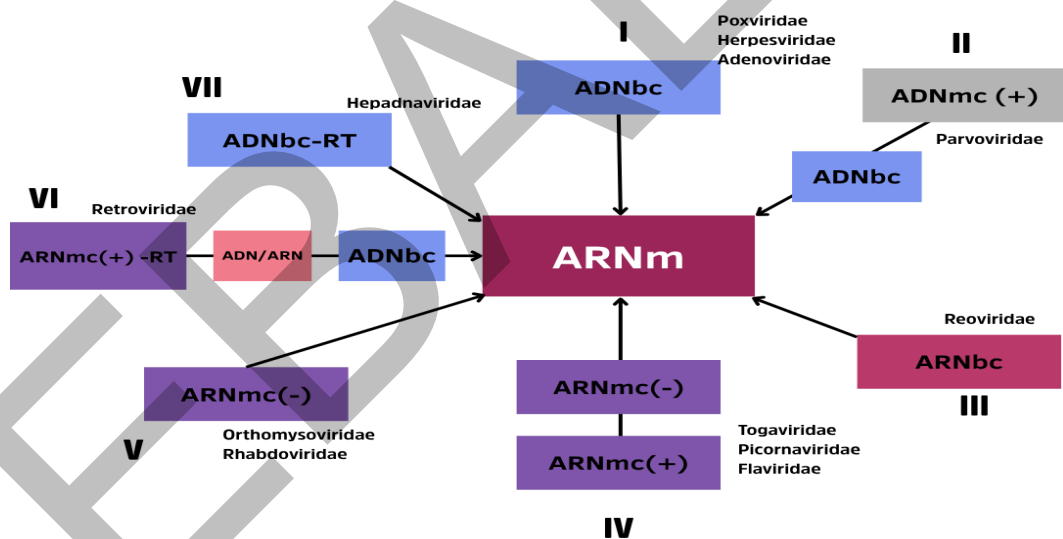
Proceso mediante el cual la información codificada en un gen se utiliza para dirigir la síntesis de una proteína.

Otra taxonomía, la clasificación de Baltimore, nombrada en honor al biólogo David Baltimore, ganador del premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1975, consiste en clasificar a los virus agrupándolos, dependiendo del tipo de ácido nucleico (monocatenario o bicatenario), en su forma de replicación y en la **expresión génica**, lo que, en el caso de los virus, es de suma importancia para su investigación y comportamiento (aquí será importante que revises el proceso de transcripción y traducción que aprendiste en tus cursos de Biología).

Los virus no contienen las moléculas necesarias para traducir ARNm (molécula con la cual se comienza la síntesis de proteínas), por tanto, deben sintetizar ARNm que sean reconocidos por los ribosomas de la célula huésped y los mecanismos de que se vale el virus para llegar a ese ARNm es la base de esta clasificación en siete grupos; por convención, los ARNm se consideran de sentido positivo (+), las hebras de ADN viral y ARN complementarios al ARNm se denominan de sentido negativo (-) y aquellos que tienen la misma secuencia se consideran de sentido positivo (+) (figura 1.5).

Figura 1.5

Clasificación de Baltimore con algunos nombres de familias de virus que pertenecen a esos grupos por sus características.



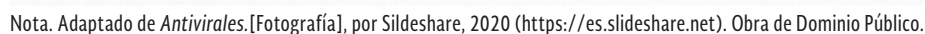
Nota. Elaboración propia por Canva.

La clasificación de Baltimore es la siguiente:

- Grupo I: Virus de ADN bicatenario (ADN bc o dsDNA).
- Grupo II: Virus ADN monocatenario positivo (ADN mc o (+) ssDNA).
- Grupo III: Virus ARN bicatenario (ARNbc o dsRNA).
- Grupo IV: Virus ARN monocatenario positivo (ARNmc+ o (+) ssRNA).
- Grupo V: Virus ARN monocatenario negativo (ARNmc- o (-) ssRNA).
- Grupo VI: Virus ARN monocatenario retrotranscrito (ARNmcRT o ssRNA-RT).
- Grupo VII: Virus ADN bicatenario retrotranscrito (ADNbcRT o dsDNA-RT).

Actualmente esta taxonomía se complementa con la del ICTV (figura 1.6).

Taxonomía de virus combinado sus características y caricaturas con la clasificación de Baltimore. Los nombre de las familias de virus aparecen abreviados.

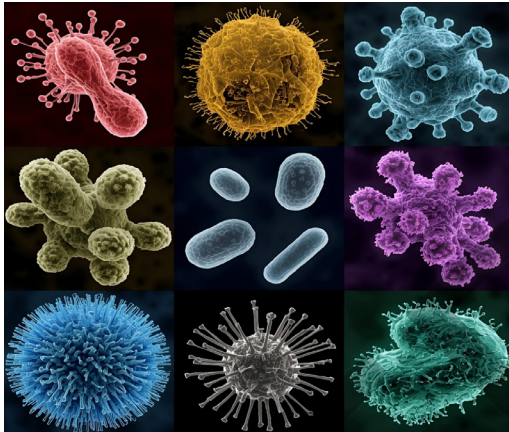


Peptidoglicanos

Cadenas de aminoazúcares unidas entre sí por péptidos de pocos aminoácidos. Son las moléculas que forman principalmente la pared celular de las bacterias, en las grampositivas se encuentran en un 90%, mientras que en las gramnegativas lo están en un 10 por ciento.

Figura 1.8

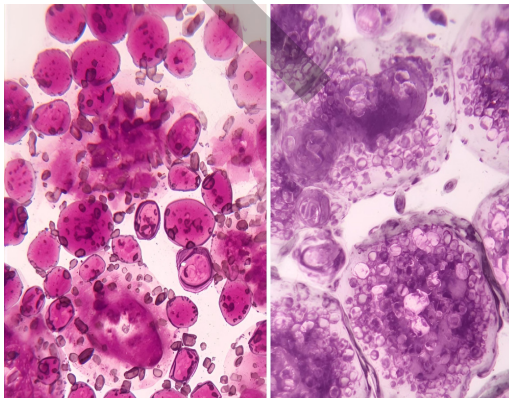
Diversas formas de las bacterias. Las teñidas en color morado se clasifican como grampositivas y en color rosa las gramnegativas.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Figura 1.9

Fotomicrografía de Tinción de Gram. Izquierda: Cultivo directo de células. Derecha: un cultivo de sangre o hemo-cultivo.



Nota. Elaboración propia por Canva.

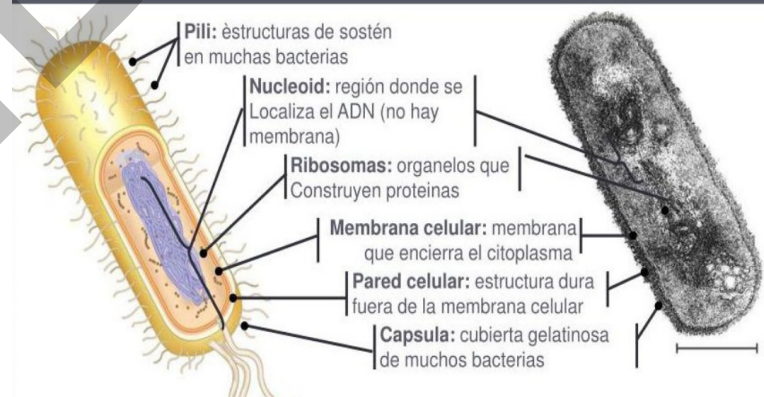
Bacterias

Las bacterias son microorganismos procariotas que se encuentran tanto en hábitat terrestres como acuáticos. Son de suma importancia en la conservación de los elementos químicos a través de los ciclos biogeoquímicos, en la industria alimentaria y actualmente en los procesos de biodegradación de contaminantes.

El tamaño de estos microorganismos varía entre los 0.1 y 2 μm y pueden ser observados bajo el microscopio óptico. Pertenecen al grupo de los procariotas (núcleos primitivos) junto a las Archaea y las algas azul-verdosas. Poseen unas primitivas estructuras como ribosomas, flagelos, cilios, fimbrias y un nucleóide, cuya información genética está compuesta por una molécula de ADN circular formando un único cromosoma (figura 1.7). En la mayoría de las bacterias está presente una pared celular formada por moléculas de **peptidoglicanos**, que rodea a las membranas para protegerlas del entorno. Una característica peculiar es que pueden sobrevivir y crecer en medios ambientes que para otros organismos serían mortales (extremo calor o frío, condiciones de alta salinidad, etcétera.).

Figura 1.7

Bacteria con estructuras celulares en caricatura y micrografía.

Las Bacterias y sus partes

Nota. Adaptado de *Esquema de bacterias*. [Ilustración], por Sildeshare, 2017 (<https://esquema.net/bacteria/>). Obra de Dominio Público.

Las bacterias se pueden clasificar de acuerdo con:

- **Aspecto:** su morfología es muy variada, desde esféricas o cocos (agregados en racimos, cadenas o más, etc.), bacilos, espirales, curvos; en algunos casos, dependiendo del hábitat u otros factores ambientales, pueden presentar diversas formas, a lo que se le llama pleomorfismo (figura 1.8).

- Capacidad de teñirse con la Técnica de Gram en grampositivos (color morado) y gramnegativos (color rosa), pero excluye a las micobacterias y a los micoplasmas, pues no se tiñen con este método; debido a las excepciones, y a recientes investigaciones considerando factores fisiológicos, bioquímicos y genéticos, las bacterias gramnegativas poseen una subdivisión más específica: Proteobacteria (divididas a su vez en Alfaproteobacterias, Betaproteobacterias, Gammaproteobacterias, Deltaproteobacterias y Epsilonproteobacterias), *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* (CFB) y Espiroquetas (figura 1.9).
- Crecimiento diferencial en medios de cultivo: las bacterias crecen en “colonias” que son agregadas de millones de ellas, y que, en analogía, una colonia de bacterias equivaldría a una ciudad con millones de personas. En los medios de cultivo, estas colonias presentan una forma, color, tamaño y olor característico, o en algunos casos, según la especie, **hidrolizar** lípidos a través de las enzimas como *Pseudomonas fluorescens* o los clostridios, o **lisar** eritrocitos como el *Streptococcus pyogenes* (figura 1.10).
- Antigenicidad: una cepa o especie de bacterias puede producir sustancias consideradas como antígenos y que pueden reconocerse a través del uso de anticuerpos, técnica llamada serotipado y es útil en la identificación de microorganismos con alto grado de peligrosidad para el ser humano como el *Treponema pallidum*, causante de la sífilis, o los *Plasmodios* como el *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* y *P. malariae* causantes de la malaria.
- Propiedades metabólicas: Estos microorganismos pueden vivir sólo con la presencia de oxígeno ambiental, recibiendo el nombre de aerobias; para las que el oxígeno les resulta tóxico se les llama anaerobias; las microaerófilas son las que sólo requieren cantidades mínimas de oxígeno para sobrevivir; y un grupo especial son las anaerobias facultativas que pueden obtener energía en ausencia de oxígeno, pero éste tampoco les es tóxico. Pueden poseer la característica de producir sustancias peculiares como ácidos, alcoholes o enzimas con actividades sumamente específicas como la lipasa, catalasa o lactasa. Todas estas características típicas de su metabolismo, también permiten su identificación.
- Genotipo: Se considera el método más preciso para identificar bacterias, también se puede utilizar para clasificarlas pues cada una posee un material genético único con secuencias de ADN características específicas. Al analizar las secuencias de ADN ribosómico, se pueden detectar las secuencias conservadas que distinguen a una familia o un género, así como las secuencias altamente variables que caracterizan a una especie o subespecie, permitiendo el conocimiento evolutivo entre microorganismos e incluso identificar aquellos que es difícil o imposible cultivar.

Figura 1.10
Crecimiento bacteriano en medios de cultivo.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Hidrolizar

Es la acción de la hidrólisis, que es la reacción química de algunos lípidos con agua en medio ácido o alcalino a altas temperaturas, o también a través de la acción de enzimas, produciendo glicerol y sales de ácidos grasos.

Lisar

Destruir. En el caso de un eritrocito cuando éste se lisa, se rompe y libera su contenido celular, también se le llama hemólisis.

En cuanto a los nombres y taxonomía, aunque siguen el ejemplo binomial de Linneo, y si abreviamos el género, éste sólo se pondrá con letra mayúscula y un punto seguido del nombre de la especie, por ejemplo, *Streptococcus pneumoniae* abreviado sería *S. pneumoniae*; cuando se desee incluir a todas las cepas o especies de un género se escribe el nombre del mismo, seguido de las letras “spp”, así por ejemplo, especies del género *Legionella* se escribe *Legionella* spp. Cuando se observa, por ejemplo, *E. coli* O157: H7 *serefiereaun serotipo*, que es un grupo de bacterias dentro de esa especie que comparten determinados antígenos. El Comité Internacional en Sistematización de procariotas (ICSP) es el organismo que se encarga de revisar y supervisar la nomenclatura de los organismos procariotas, así como de la taxonomía. Este organismo a su vez depende de la División de Bacteriología y Microbiología aplicada de la unión internacional de Sociedades Microbiológicas (IUMS). La última edición del Código Internacional de Nomenclatura de Procariotas (ICSP) se publicó en enero de 2019, en la *Revista Internacional de Microbiología Sistemática y Evolutiva* (IJSEM) que es la revista encargada de darle difusión a la nueva taxonomía microbiana.

Tabla 1.2 Taxonomía de bacterias, para el género de las *Pseudomonas*.

Categoría	Sufijo	Ejemplo
Orden	-ales	Pseudomonadales
Suborden	-ineae	Pseudomonadineae
Familia	-aceae	Pseudomonadaceae
Subfamilia	-oideae	Pseudomonadoideae
Género	-eae	Pseudomonadeae
Subgénero	-inae	Pseudomonadinae

Nota. Elaboración propia por Canva.

Aplico lo aprendido

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

1. Elabora un organizador gráfico de las clasificaciones y taxonomía que existen de los virus, mostrando la interrelación que existen entre ellas.
2. Forma equipos de tres integrantes
3. Elaboren un collage de la clasificación y taxonomía de las bacterias.
4. Investiguen el árbol filogenético de la vida donde ubiques a las bacterias y su taxonomía, y responde a la siguiente pregunta ¿Aparecen los virus en el árbol filogenético? ¿Porqué?
5. Socialicen el organizador gráfico, el collage y el árbol filogenético con sus compañeros. Anoten sus conclusiones.

Patologías relacionadas a los microorganismos

El estado de enfermedad es el resultado de la relación hombre- microorganismo; sin embargo, en este estado, existen algunos términos que es pertinente aclarar: si un microorganismo invade a un huésped y se disemina en sus tejidos se considera una infección; si debido a una infección el huésped sufre daño en sus tejidos se habla de la enfermedad infecciosa y si no hay daño, se denomina colonización; finalmente si han entrado al cuerpo toxinas producidas por un microorganismo se le llama intoxicación.

También es importante mencionar dos conceptos importantes en cuanto a microorganismos se refiere, como lo son la patogenicidad, que está relacionada a la capacidad de causar enfermedad, y virulencia, que es el grado de patogenicidad, pues algunos microorganismos avirulentos, que no causan enfermedad en personas sanas, pueden ser perjudiciales en humanos **inmunocomprometidos**.

Inmunocomprometido
Se refiere a seres humanos que ya sea por una enfermedad crónica o por un tratamiento presentan alteraciones en su sistema inmune.

Los medios por los cuales los microorganismos se diseminan desde su reservorio al huésped causando enfermedades son variados, entre ellos: la vía inhalatoria, el contacto directo, la transmisión parenteral, la vía digestiva, la infección oportunista, las infecciones hospitalarias o nosocomiales y las infecciones comunitarias o extrahospitalarias.

Virus

El surgimiento y resurgimiento de los virus en las poblaciones se deben, en cierta forma, a su relativo bajo nivel de complejidad estructural, por lo que pequeños cambios en su información genética ocasionan grandes cambios en su estructura y funcionamiento general, y ello conlleva a una evasión de la respuesta inmunológica de los organismos, variación del comportamiento dentro de las células hospederas y perder sensibilidad a tratamientos comunes para esas enfermedades.

No todos los virus que se han encontrado hasta ahora tienen como hospedero a nuestra especie, algunos sólo se encuentran en bacterias, plantas o en algunos vertebrados y algunos otros han “saltado” de especies de animales (como garrapatas, pulgas, ratones) al ser humano. En general, muchas de las enfermedades por virus han marcado la historia de la humanidad, como la actual pandemia que vivimos provocada por el Coronavirus SARS-CoV-2, así como en otras épocas las pandemias de: Viruela, Influenza, Sida, Ébola y Sarampión.

Toma en cuenta que...

En México, el esquema de Nacional de Vacunación integra una mayor cantidad de las vacunas para proteger a la población de los patógenos virales desde la niñez y así evitar o disminuir lo menos posible este tipo de acontecimientos. Todo ello, considerando que hasta el momento no existen medicamentos que los eliminen, y hay muy pocos que disminuyan los síntomas provocados en el hospedero (figura. 1.11).

¿Sabías que...?

En México, el esquema de Nacional de Vacunación integra una mayor cantidad de las vacunas para proteger a la población de los patógenos virales desde la niñez y así evitar o disminuir lo menos posible este tipo de acontecimientos. Todo ello, considerando que hasta el momento no existen medicamentos que los eliminen, y hay muy pocos que disminuyan los síntomas provocados en el hospedero (figura. 1.12).

Figura 1.11
Lesiones por virus que afectan la especie humana.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Tabla 1.3 Ejemplos de vacunas contra virus en humanos.		
Virus	Componentes de la vacuna	Personas que deben recibir las vacunaciones.
Poliomielitis	Inactivada (vacuna de la poliomieltis inactivada, vacuna de Salk).	Niños.
	Atenuada (vacuna oral de la poliomieltis, vacuna de Sabin).	Niños.
Sarampión	Atenuada.	Niños.
Parotiditis	Atenuada.	Niños.
Rubéola	Atenuada.	Niños.
Varicela-zóster	Atenuada.	Niños.
Rotavirus	Híbridos. Bovino-humano. Atenuada.	Lactantes.
Virus de papiloma humano (VPH)	VLP.	Mujeres de 9-26 años.
Gripe	Inactivada.	Niños, adultos en especial personal médico y ancianos.
	Atenuada . (pulverizador nasal).	2-50 años.
Hepatitis B	Subunidades (VLP).	Recién nacidos, personal sanitario, grupos de alto riesgo (p.e), sujetos promiscuos, adictos a drogas por vía parental).

Nota. Elaboración propia.

Tabla 1.3 Ejemplos de vacunas contra virus en humanos.		
Virus	Componentes de la vacuna	Personas que deben recibir las vacunaciones.
Hepatitis A	Inactivada	Niños, educadores, viajeros a zonas endémicas, indios, americanos nativos y habitantes de Alaska.
Adenovirus	Atenuada	Militares
Fiebre amarilla	Atenuada	Viajeros con riesgo de exposición, militares
Rabia	Inactivada	Cualquier persona expuesta al virus Preexposición: Veterinarios, personas en contacto con animales
Viruela	Virus atenuado de la vacuna	Protección frente a ataques bioterroristas militares
Encefalitis japonesa	Inactivada	Viajeros con riesgo de exposición

Nota. Elaboración propia.

Cuando existe un brote de una nueva enfermedad viral, se consideran tres elementos para el nombre del virus: la enfermedad, el virus y la especie; la OMS se encarga del primero; los expertos virólogos, del segundo; y el ICTV, del tercero. Algunas familias importantes de virus patógenos para la especie humana y las enfermedades que provocan son las siguientes:

Tabla 1.4 Familias importantes de virus patógenos para la especie humana y las enfermedades que provocan.		
Familia de Virus ARN	Especie (s) o género (s) representativos	Enfermedad que causa
<i>Arenaviridae</i>	1. Género <i>Mammarenavirus</i> . a) <i>Lassa mammarenavirus</i> . b) <i>Argentinian mammarenavirus</i>	Fiebre Lassa. Fiebre hemorrágica argentina
<i>Caliciviridae</i>	I. Género <i>Norovirus</i> . a) <i>Norwalk virus</i> .	Infección gastrointestinal del virus de Norwalk, Ohio.
<i>Coronaviridae</i> (Subfamilia <i>Orthocoronavirinae</i>)	I. Género <i>Alphacoronavirus</i> . Subgéneros 1. <i>Duvinacovirus</i> . a) <i>Human coronavirus 229E (HCoV-229E)</i> . 2. <i>Setracovirus</i> . a) <i>Human coronavirus NL63 (HCoV-NL63)</i> . II. Género <i>Betacoronavirus</i> . Subgéneros 1. <i>Embecovirus</i> : a) <i>Human coronavirus HKU1 (HCoV HKU1 N1)</i> . b) <i>Betacoronavirus 1</i> . 2. <i>Merbecovirus</i> : a) <i>Middle East respiratory syndrome-related coronavirus (MERS-CoV)</i> . 3. <i>Sarbecovirus</i> . a) <i>Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus (SARS-CoV)</i> . b) <i>Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2 (SARS-CoV-2)</i> .	Enfermedades del tracto respiratorio inferior como: resfriados, neumonías y bronquitis. Síndrome respiratorio del Oriente Medio. Coronavirus relacionado con el síndrome respiratorio agudo severo SARS. Enfermedad del Coronavirus 2019 o COVID-19.

Tabla 1.4 Familias importantes de virus patógenos para la especie humana y las enfermedades que provocan.		
Familia de Virus ARN	Especie (s) o género (s) representativos	Enfermedad que causa
<i>Flaviviridae</i>	I. Género <i>Flavivirus</i> . a. <i>Dengue virus</i> . b. <i>Zika virus</i> . c. <i>Yellow fever virus</i> . d. <i>Saint Louis encephalitis virus</i> . e. <i>West Nile virus</i> .	Dengue. Zika. Fiebre amarilla. Encefalitis de San Luis. Encefalitis del Nilo Occidental.
<i>Matonaviridae</i>	Género <i>Rubivirus</i> . a) <i>Rubella virus</i> .	Rubéola.
<i>Orthomyxoviridae</i>	I. Género <i>Alphainfluenzavirus</i> . a) <i>Influenza A virus (A/PR/8/34 H1N1)</i> . II. Género <i>Betainfluenzavirus</i> . a) <i>influenza B virus</i> . III. Género <i>Deltainfluenzavirus</i> . a) <i>Influenza D virus</i> . IV. Género <i>Gammainfluenzavirus</i> . a) <i>Influenza C virus</i> .	Influenza H1N1. Gripe estacional.
<i>Paramyxoviridae</i>	I. Género <i>Orthorubulavirus</i> . a) <i>Mumps orthorubulavirus</i> . II. Género <i>Morbillivirus</i> . a) <i>Measles morbillivirus</i> .	Parotiditis o Paperas. Sarampión.
<i>Picornaviridae</i>	I. Género <i>Coxsackievirus</i> . II. Género <i>Enterovirus</i> . III. Género <i>Rhinovirus</i> . IV. Género <i>Enterovirus</i> . V. Género <i>Hepatovirus</i>	Enfermedad de Boca Mano Pie. Enfermedades oportunistas. Resfriado común. Infecciones estacionales (entre las mas importantes la poliomielitis). Hepatitis A, B, C, D, E, F, G, H, I.
<i>Pneumoviridae</i>	I. Género <i>Orthopneumovirus</i> . a) <i>Human orthopneumovirus</i>	Enfermedades estacionales de nariz, garganta y pulmones en niños.
<i>Reoviridae</i>	I. Género <i>Rotavirus</i> . II. Género <i>Coltivirus</i> . a) <i>Colorado tick fever coltivirus</i> .	Gastroenteritis estacional (primavera o invierno). Fiebre por garrapata del Colorado.
<i>Retroviridae</i>	I. Género <i>Lentivirus</i> a) <i>Human immunodeficiency virus 1</i> b) <i>Human immunodeficiency virus 2</i>	Inmunodeficiencia humana 1 (Sida). Inmunodeficiencia humana 2.
<i>Rhabdoviridae</i>	I. Género <i>Lyssavirus</i> . a) <i>Rabies lyssavirus</i> . II. Género <i>Vesiculovirus</i> . a) <i>Piry vesiculovirus</i> .	Rabia. Virus de la estomatitis vesicular.

Tabla 1.4 Familias importantes de virus patógenos para la especie humana y las enfermedades que provocan.		
Familia de Virus ARN	Especie (s) o género (s) representativos	Enfermedad que causa
<i>Hepadnaviridae</i>	I. Género <i>Orthohepadnavirus</i> . a) <i>Hepatitis B virus</i> .	Virus de la Hepatitis B.
<i>Herpesviridae</i>	I. Género <i>Simplexvirus</i> . a) <i>Human alphaherpesvirus 1</i> . b) <i>Human alphaherpesvirus 2</i> . II. Género <i>Varicellovirus</i> . a) <i>Human alphaherpesvirus 3</i> . III. Género <i>Cytomegalovirus</i> . a) <i>Human betaherpesvirus 5</i> . b) <i>Human betaherpesvirus 6</i> . IV. Género <i>Roseolovirus</i> . a) <i>Human betaherpesvirus 7 (VHH-7)</i> . b) <i>Human betaherpesvirus 6A y 6B</i> . V. Género <i>Lymphocryptovirus</i> . a) <i>Human gammaherpesvirus 4</i> . VI. Género <i>Rhadinovirus</i> . a) <i>Human gammaherpesvirus 8</i> .	Ambos causan Herpes simple. Varicela y herpes zóster. Infección por citomegalovirus. Exantema súbito. Convulsiones febriles y encefalitis. Encefalitis viral esporádica. Mononucleosis infecciosa. Sarcoma de Kaposi
<i>Papillomaviridae</i>	I. Género <i>Alphapapillomavirus</i> . II. Género <i>Betapapillomavirus</i> .	Infecciones benignas y malignas de Papiloma humano.
<i>Parvoviridae</i>	Género <i>Alphapolyomavirus</i> . a) <i>Human polyomavirus 5 (MCPyV)</i> . II. Género <i>Betapolyomavirus</i> . a) <i>Bk polyomavirus (BKPyV)</i> . b) <i>JC polyomavirus (JCPyV)</i> .	Carcinoma de células de Merkel o carcinoma neuroendocrino de la piel. Nefropatía. Leucoencefalopatía multifocal progresiva.
<i>Poxviridae</i>	I. Género <i>Parapoxvirus</i> . a) <i>Orf virus</i> . II. Género <i>Molluscipoxvirus</i> . b) <i>Mollusum contagiosum virus</i> .	Dermatitis pustulosa contagiosa o boca costrosa. Molusco contagioso.

Nota. Elaboración propia.

Bacterias

Saprófitos

Flora bacteriana que coloniza diversas regiones del cuerpo humano sin causarle daño, superan en cantidad a las células corporales en relación 10:1.

Las bacterias se conocen desde el siglo XVII, gracias a Leeuwenhoek y su microscopio, y han convivido como organismos **saprófitos** con el ser humano desde épocas remotas, algunas esperan el momento oportuno para infectar y otras, al igual que los virus, han provocando pandemias históricamente importantes como la plaga de Justiniano (siglo IV) y la peste negra (siglo XIV), ambas en diferentes épocas, pero siendo la misma enfermedad: la peste bubónica provocada por el microorganismo *Yersinia pestis*.

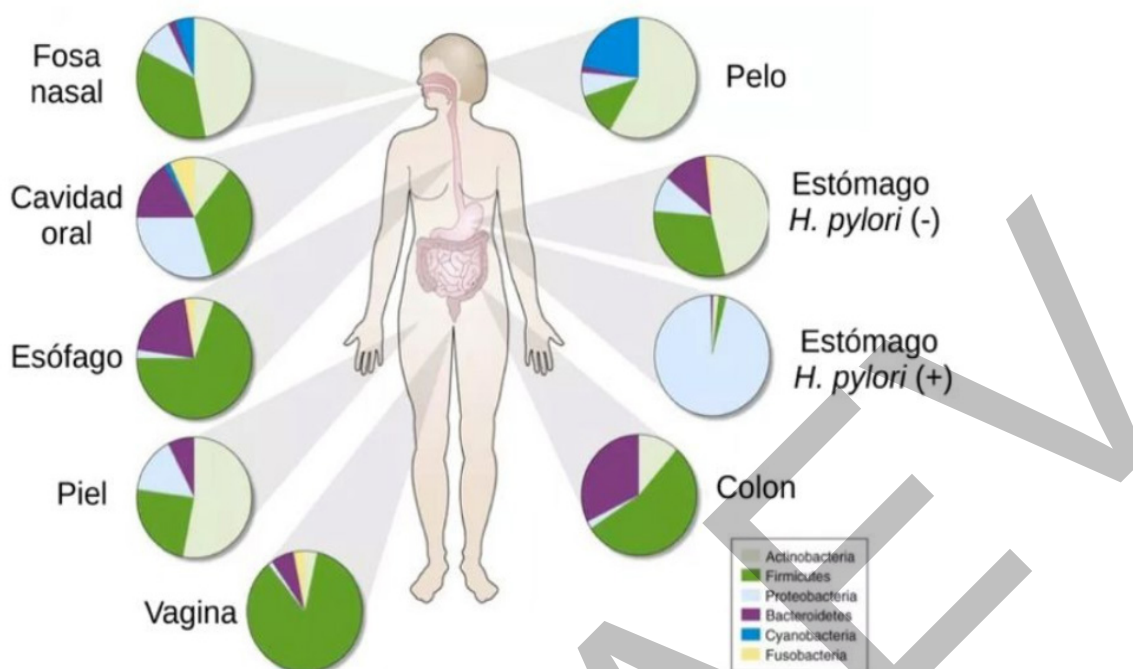
Tabla 1.5 Género de virus ADN.

Piel	Vías respiratorias superiores	Tubo digestivo	Aparato genitourinario
<i>Acinetobacter</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Actinomyces</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Actinobacillus</i>	<i>Actinomyces</i>	<i>Bacteroides</i>
<i>Clostridium</i>	<i>Actinomyces</i>	<i>Bacteroides</i>	<i>Bifidobacterium</i>
<i>Corynebacterium</i>	<i>Cardiobacterium</i>	<i>Bifidobacterium</i>	<i>Clostridium</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>Corynebacterium</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Corynebacterium</i>
<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Eikenella</i>	<i>Clostridium</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>
<i>Propionibacterium</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Corynebacterium</i>	<i>Enterococcus</i>
<i>Staphylococcus</i>	<i>Eubacterium</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Eubacterium</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Fusobacterium</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Fusobacterium</i>
	<i>Haemophilus</i>	<i>Eubacterium</i>	<i>Gardnerella</i>
	<i>Kingella</i>	<i>Fusobacterium</i>	<i>Haemophilus</i>
	<i>Moraxella</i>	<i>Haemophilus</i>	<i>Lactobacillus</i>
	<i>Mycoplasma</i>	<i>Helicobacter</i>	<i>Mobiluncus</i>
	<i>Neisseria</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Mycoplasma</i>
	<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Mobiluncus</i>	<i>Peptostreptococcus</i>
	<i>Porphyromonas</i>	<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Porphyromonas</i>
	<i>Prevotella</i>	<i>Porphyromonas</i>	<i>Prevotella</i>
	<i>Propionibacterium</i>	<i>Prevotella</i>	<i>Propionibacterium</i>
	<i>Staphylococcus</i>	<i>Propionibacterium</i>	<i>Staphylococcus</i>
	<i>Treponema</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Streptococcus</i>
	<i>Veillonella</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>Treponema</i>

Nota. Elaboración propia.

Aunque no lo parezca, el ser humano es un extenso territorio habitado por gran diversidad de poblaciones bacterianas (figura 1.12.). El conocer estas poblaciones en el equilibrio de salud-enfermedad o por el hecho de querer sacarles provecho a su existencia, ha llevado al ser humano a la realización de una caracterización exhaustiva a través del proyecto microbioma humano HMP (por sus siglas en inglés). El ambicioso proyecto HMP es iniciativa del Instituto de Salud de Estados Unidos de América (NIH), que comenzó en 2008 y concluyó en 2017, con excelentes resultados que dieron pie a nuevas e interesantes investigaciones: el microbioma humano posee un papel relevante en el metabolismo, neoplasias y sistema nervioso central humano, así como en la salud materna e infantil.

Figura 1.12
Microbioma humano por sitio anatómico. Porcentaje de distribución por *Phylum* o filos.



Nota. Adaptado de *Microbiota intestinal* [Fotografía], por Seqc, 2016 (<https://seqc.esdownald/tema>). Obra de Dominio Público.

Las tinciones son técnicas de estudio que han servido para clasificar fenotípicamente y/o diferenciar a las bacterias. Las técnicas de teñido más utilizadas son la tinción de Gram; tinta china; tinciones ácido-alcohol resistentes como la de Ziehl-Neelsen, la tinción en frío (método Kinyoun) o la tinción fluorocrómica (método auramina-rodamina).

Por años, la tinción de Gram era el estándar de oro en la clasificación de las bacterias en dos grandes grupos: gram-positivas y gram-negativas. Actualmente, gracias a los avances científicos en el campo de la biología molecular, sobre todo en las proporciones de guaninacitosina (G+C) en el ADN bacteriano, ahora se identifican dos grupos de gram-positivas: las de alta proporción G+C (más del 50% de nucleótidos G+C) que pertenecen a la clase Actinobacteria y las de baja proporción G+C (menos del 50% de nucleótidos G+C) que incluyen a las clases Clostridiales, Bacilli, Erisipelotricales, Mycoplasmatales y Ureaplasmas (de éstas últimas, hasta el momento, no se han reportado casos que afecten al ser humano).

El desarrollo de una infección depende de algunos factores como la herencia genética, la sensibilidad del huésped a la infección (**inmunodeprimidos**, inmunocomprometidos), la virulencia del patógeno, el estado nutricional y las complejas interacciones entre el organismo hospedero y el o los microorganismos infectantes. Los mecanismos por medio de los cuales las bacterias producen alteraciones en el huésped, provocando enfermedades, pueden ser: invasión de tejidos, efecto toxigénico (por producción de toxinas) y por mecanismo inmunopatológico (respuesta inmune del huésped debida a la infección).

Inmunodeprimido
Aquel ser humano que no produce una respuesta inmunitaria ante una infección o enfermedad.

Resistencia a los antibióticos

Es un fenómeno natural que se produce cuando las bacterias mutan en respuesta al uso recurrente o incompleto de un tratamiento con antibióticos.

Es posible limitar la acción nociva de las bacterias con métodos como la esterilización, la pasteurización, la desinfección, la antisepsia o prevenir su invasión con vacunas; y cuando los microorganismos ya han causado infección, se eliminan con el uso de medicamentos llamados antibióticos; éstos bien utilizados, dan como resultado la eliminación definitiva, de lo contrario sólo se provoca la **resistencia** de las bacterias lo que es altamente peligroso.

En 2017, la OMS publica una lista de atención prioritaria a patógenos, por las infecciones recurrentes que provocan y la resistencia a los antibióticos que presentan, entre las que se encuentran las siguientes bacterias:

- Importancia crítica: *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y familia *Enterobacteriaceae*.
- Importancia elevada: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Helicobacter pylori*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Campylobacter* spp. y *Salmonella*.
- Importancia media: *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* y *Shigella* spp.

Otros patógenos que no aparecen en la lista de la OMS, pero se les puede considerar de importancia epidemiológica, por los efectos adversos que pueden provocar en el ser humano, son los siguientes:

Figura 1.13
Infecciones humanas por bacterias.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Tabla 1.6 Bacterias gram-positivas.

Clasificación	Subclasificación	Necesidad de oxígeno	Morfología	Nombre	Enfermedades
De alto G+C	Actinobacterias				
	Actinomyces	Anaerobios	Bacilos	Actinomyces israelii y spp.	Actinomycosis pélvica, abdominal, torácica, cervicofacial y del sistema nervioso central.
	Propionibacterium			Propionibacterium acnes	Acné.
	Mycobacterium	Aerobios	Bastones curvos	Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis (pulmonar y extrapulmonar que se disemina por todos los órganos del cuerpo).
				Mycobacterium leprae	Lepra.
	Gardnerella		Cocobacilos	Gardnerella vaginalis	Vaginitis.
	Nocardia		Filamentos	Nocardia spp.	Neumonía, encefalitis, lesiones y abscesos cutáneos.
	Corynebacterium		Pleomorfas	Corynebacterium diphtheriae	Difteria.
Corynebacterium urealyticum				Infecciones del tracto urinario, incluida la pielonefritis con cálculos; Bacteriemia.	
De bajo G+C	Clostridiales	Anaerobios	Bacilos	Clostridium botulinum	Botulismo.
				Clostridium tetani	Tétanos.
	Bacilli				
	I. Bacillales	Anaerobios	Bacilos	Bacillus anthracis	Carbunco.
				Bacillus anthracis	Intoxicación por alimentos.
	I. Bacillales	Aerobios y/o anaerobios facultativos	Cocos en racimos	Staphylococcus aureus	Infecciones supurativas: impétigo, foliculitis, forúnculos, ántrax, heridas Infecciones diseminadas: bacteriemia, endocarditis, neumonía, osteomielitis, artritis. Infecciones mediadas por toxinas: síndrome del shock tóxico, síndrome de la piel escaldada, intoxicación alimentaria.

Tabla 1.6 Bacterias gram-positivas.

Clasificación	Subclasificación	Necesidad de oxígeno	Morfología	Nombre	Enfermedades
De bajo G+C	II.Lactobacillales	Aerobios y/o anaerobios facultativos		Staphylococcus coagulasa-negativo	Infecciones de heridas, infecciones del tracto urinario, infecciones de catéteres y derivaciones, infecciones de prótesis
			Cocos en cadenas	Streptococcus pneumoniae	Neumonía, sinusitis, otitis media, meningitis, bacteriemia, endocarditis, peritonitis bacteriana espontánea, artritis séptica.
				Streptococcus pyogenes (grupo A)	Infecciones supurativas: faringitis, escarlatina, sinusitis, infección de la piel y de tejidos blandos (impétigo, erisipelas, celulitis, fascitis necrosante), síndrome del choque tóxico; bacteriemia Infecciones no supurativas: fiebre reumática, glomerulonefritis.
				Streptococcus viridans	Formación de abscesos; septicemia en pacientes neutropénicos; endocarditis subaguda; infecciones odontogénicas; caries dental
			Diplococos	Enterococcus faecium y Enterococcus faecalis	Infecciones urinarias, intraabdominales, pélvicas, de piel, tejidos blandos y heridas, endocarditis, bacteriemia
			Bacilos	Listeria monocytogenes	Enfermedad neonatal temprana: granulomatosis Linfantiséptica Enfermedad neonatal tardía: meningitis con septicemia; enfermedades seudogripal en adultos; bacteriemia o enfermedad diseminada en mujeres embarazadas o pacientes con defecto inmunitario celular, meningitis.

Tabla 1.6 Bacterias gram-positivas.					
Clasificación	Subclasificación	Necesidad de oxígeno	Morfología	Nombre	Enfermedades
De bajo G+C	Erysipelotricales	Aerobias y anaerobias facultativas	Pleomor- ficas	Erysipelothrix rhusiopathiae	Erisipelotricosis (lesión cutánea localizada), septicemia.
	Mycoplasmatales	Aerobio	Pleomor- fica	Mycoplasma pneumoniae	Pneumonía ambulante o pneumonía atípica.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 1.7 Bacterias gram-negativas.					
Clasificación	Subclasificación	Necesidad de oxígeno	Morfología	Nombre	Enfermedades
Proteobac- terias	Alfaproteobac- terias	Aerobia e intracelular obligada	Cocos ovoides	Chlamydia trachomatis	Tracoma (ceguera irreversible), cervicitis, uretritis, conjuntivitis
			Bacilos	Coxiella burnetii	Fiebre Q: aguda (fiebre, cefalea, mialgias, hepatitis granulomatosa) o crónica (endocarditis, disfunción hepática).
			Pleomor- fas	Rickettsia rickettsii	Fiebre maculosa de las Montañas Rocosas
		Rickettsia prowasekii		Tifus exantemático epidémico	
		Aerobia e intracelular facultiva	Pleomór- ficas	Legionella pneu- mophila	Enfermedad de los legionarios.
		Aerobia	Cocoba- cilos	Brucella spp.	Brucelosis
	Betaproteobac- terias	Aerobia	Cocoba- cilos	Bordetella, pertussis y Bor- detella paraper- tussis	Tosferina
		Anaerobia	Cocos	Neisseria menin- gitidis	Meningitis, septicemia, neunomía, artritis, uretritis
				Neisseria gonorr- hoeae	Gonorrera, artritis séptica, perihepatitis, septicemia.
		Aerobia	Bacilo	Pseudomonas aeruginosa	Infección ótica y del tracto urinario; infección de piel y tejidos blandos, bacteriemia; endocar- ditis.

Tabla 1.7 Bacterias gram-negativas.

Clasificación	Subclasificación	Necesidad de oxígeno	Morfología	Nombre	Enfermedades
Proteobacterias	Betaproteobacterias	Aerobia	Bacilo curvado	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera (diarrea acuosa grave) y septicemia.
		Aerobia y anaerobia facultativa	Bacilos	<i>Escherichia coli</i> ; Enteropatógena Enterohemorrágica Enterotoxigénica Enteroagregante Enteroinvasiva Uropatógena Asociada a meningitis	Diarrea aguda, vómito Colitis hemorrágica, diarrea Diarrea acuosa-Diarrea con moco Colitis hemorrágica, diarrea Cistitis, pielonefritis -Meningitis aguda de neonatos
				<i>Salmonella</i> entérica	Diarrea, fiebre entérica (serotipo typhi).
				<i>Shigella</i> spp.	Disentería (diarrea con sangre).
				<i>Aeromonas</i> spp	Gastroenteritis e Infecciones de heridas
				<i>Serratia marcescens</i>	Infecciones nosocomiales o intrahospitalarias
			Cocobacilos	<i>Haemophilus influenzae</i>	Meningitis purulenta
				<i>Haemophilus ducreyi</i>	Úlceras genitales (chancre) y cutáneas
				<i>Francisella tularensis</i>	Tularemia
			Bacilos	<i>Yersinia pestis</i>	Pestes: pulmonar, bubónica y septicémica
				<i>Proteus mirabilis</i>	Infecciones de heridas y del tracto urinario
				<i>Legionella pneumophila</i>	Enfermedad de los legionarios.
				<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Neumonía; infecciones del tracto urinario.
	Deltaproteobacterias	Anaerobia	Bacilos	<i>Desulfovibrio orale</i>	Enfermedades periodontales.
				<i>Desulfovibrio</i> spp	Apendicitis, abscesos cerebrales
		Microaerófilas (poco oxígeno)	Espirilos	<i>Campylobacter jejuni</i> y <i>Campylobacter coli</i>	Gastroenteritis
				<i>Helicobacter pylori</i>	Úlcera péptica y duodenal, gastritis, adenocarcinoma gástrico.

Tabla 1.7 Bacterias gram-negativas.					
Clasificación	Subclasificación	Necesidad de oxígeno	Morfología	Nombre	Enfermedades
No proteo-bacterias	Espiroquetas	Aerobia	Espiroque-tas	Borrelia recurrentis	Fiebre recurrente epidémica
		Aerobia		Borrelia burgdor-feri	Enfermedad de Lyme
		Microaerófila o anaerobia		Leptospira interro-gans	Leptospirosis.
		Anaerobia		Treponema pallidum	Sífilis
	Grupo CFB				
	Citofagos	Anaeróbico	Bacilos	Por el momento no se han encontrado especies patógenas para el ser huma-no. Son acuáticas.	
	Fusiobacterium			Fusiobacterium spp	Infecciones orales, de tejidos blandos, abdomi-nal, pleuropulmmonar, pélvica, postquirúrgica, entre otras.
	Bacteroides			Bacteroides fragilis	Diarrea infecciosa
				Prevotella melani-nogénica	Enfermedad periodontal. Abscesos cerebrales
	Planctomicetos		Ovoides	Por el momento no se han encontrado especies patógenas para el ser humano . Son acuáticas.	

Nota. Elaboración propia.

Aplico lo aprendido

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

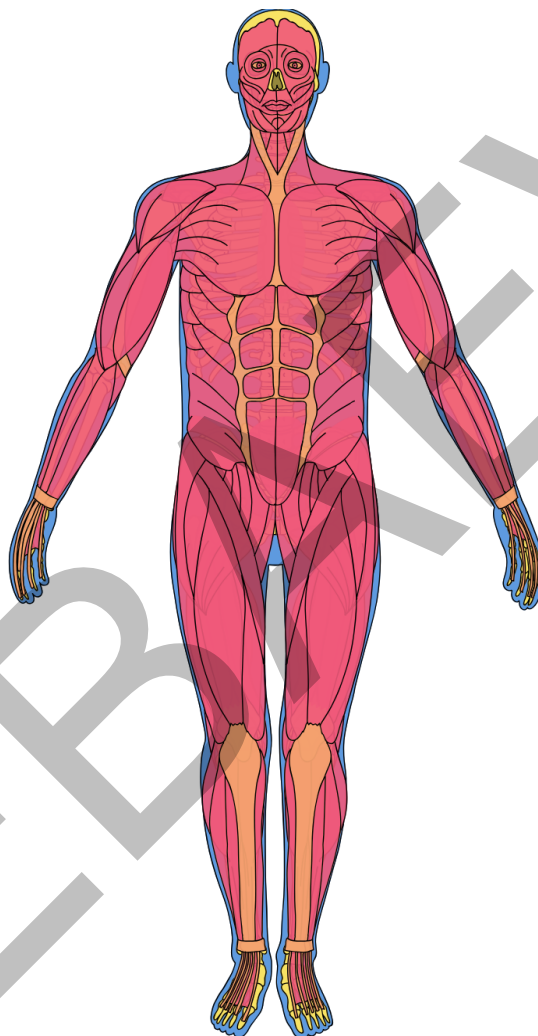
1. Investiga el esquema de vacunas que aparecen en la cartilla nacional de vacunación, mismas que se encuentra en la siguiente dirección de internet: <https://www.gob.mx/salud/articulos/esquema-de-vacunación>.
2. Anota el nombre de las vacunas e investiga contra qué virus están dirigidas.
3. Analiza por qué algunas vacunas están escritas sólo con letras abreviadas y cuál es su significado, por qué está dividida en edades y refuerzos
4. Socializa con tus compañeros la información y anoten tus conclusiones.

Aplico lo aprendido

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

En el siguiente cuerpo humano, realiza lo siguiente:

Esquema 1.2



Nota. Elaboración propia por Canva.

- Anota el nombre de dos bacterias que afecten cada región y realiza un dibujo representando a la bacteria, si es un coco, diplococo, estreptococo, etc. Si la bacteria es gram-positiva, colorea su dibujo con tono morado, y si es gram- negativa con rosa. También anota si es aerobia o anaerobia.
- Socialicen sus actividades y anoten sus conclusiones.

Técnicas de cultivo en el laboratorio

El cultivo de virus o microorganismos en el laboratorio posee diversos propósitos como son el conocer su metabolismo, efectos patogénicos en el hospedero, la elaboración de vacunas y de medicamentos, etcétera.

Virus

El cultivo de un virus no es una tarea fácil, debido a sus características de “saltar” entre especies o de producir mutaciones en su genoma al pasar de un huésped a otro, sin embargo, se han podido aislar e identificar cada vez con más precisión apoyados por las técnicas de biología molecular y ensayos inmunológicos.

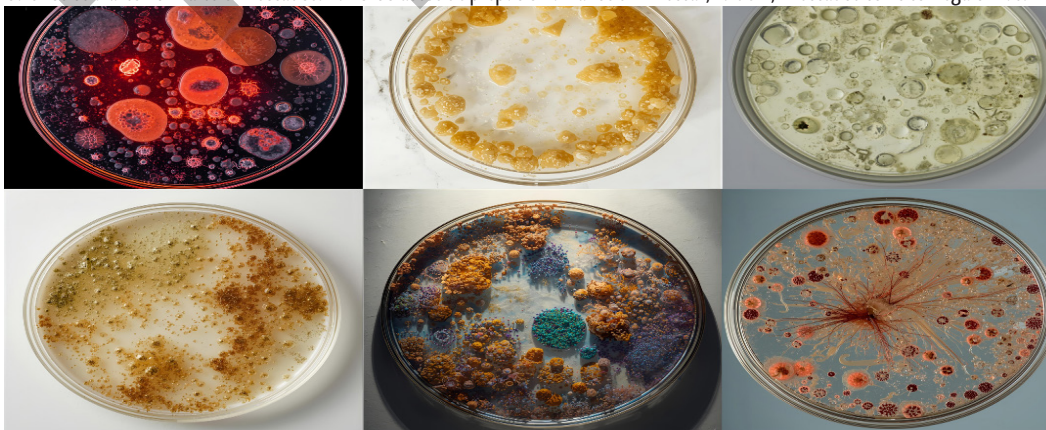
Las técnicas con las cuales se puede cultivar a los virus son las siguientes:

1. In vitro: Se considera sólo una parte de un organismo biológico. Son los más utilizados en la actualidad, pues permiten descubrir nuevos virus o diferenciarlos y también producir vacunas.
 - a) Cultivos celulares. Un cultivo celular se prepara a partir de una muestra específica de tejido, que posteriormente es disgregado por métodos mecánicos, químicos y enzimáticos para obtener células individuales adecuadas y adicionadas con nutrientes y factores de crecimiento. Los hay de tipo primario: tejido original trasplantado a condiciones artificiales, como el de células de riñón humano; líneas celulares: derivadas del cultivo primario que pueden subcultivarse repetidamente in vitro, como las células de riñón de mono Rhesus LLC- MK2 o las células de cáncer cervico uterino HeLa; y las cepas celulares: es el cultivo “seleccionado” por clonación de una célula proveniente de un cultivo primario o de una línea celular.

Efecto citopático
Efecto de la infección viral en un cultivo celular que puede observarse a simple vista o través de un microscopio. Los cambios incluyen: la morfología celular, lisis (destrucción), vacuolización, células con varios núcleos (sincitios), etcétera.

El desarrollo viral es observable en estos cultivos celulares cuando existe un **efecto citopático**. Algunos virus identificados por cultivos celulares son: herpes virus, virus de la influenza, virus de la rubéola, citomegalovirus, entre otros. (figura 1.14).

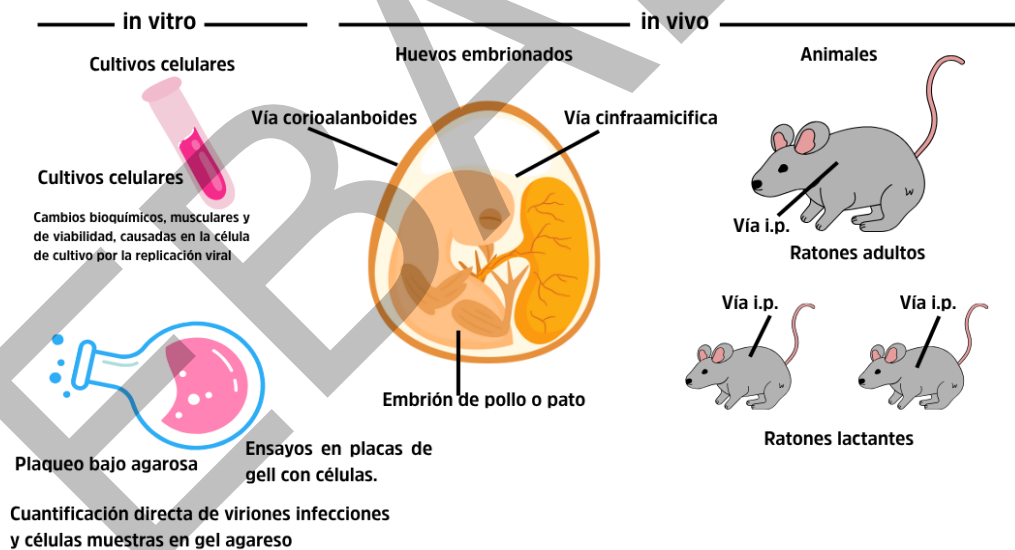
Figura 1.14
Cultivos celulares normales e infectados. A. Fibroblastos de prepucio humanos sin infectar; B. idem, infectados con citomegalovirus.



Nota. Elaboración propia por Canva.

- b) Cultivos de órganos. Para el cultivo de algunas especies de virus se pueden utilizar cortes de tejidos embrionarios mantenidos en condiciones especiales de nutrientes y temperatura que conservan su utilidad por cierto tiempo.
2. *In vivo*: Para ello es necesario un organismo vivo. Permiten ver claramente los efectos de un virus en una especie.
- a) A través de modelos animales específicos como ratón, conejo, cobayo, aves o primates. Hoy en día, por consideraciones éticas, altos costos de instalación y mantenimiento, se utilizan cada vez menos o como última opción. Algunos virus cultivos por este método son mixovirus, togavirus, arenavirus y flavivirus.
- b) Huevos embrionados, que pueden ser de pollo o pato, con una vida promedio de 7 a 14 días de gestación. Virus que se estudian de esta forma son los mixovirus, paramixovirus, herpes virus y poxvirus entre otros.

Figura 1.15
Cultivo de virus, *in vitro* e *in vivo*.



Nota. Elaboración propia por Canva.

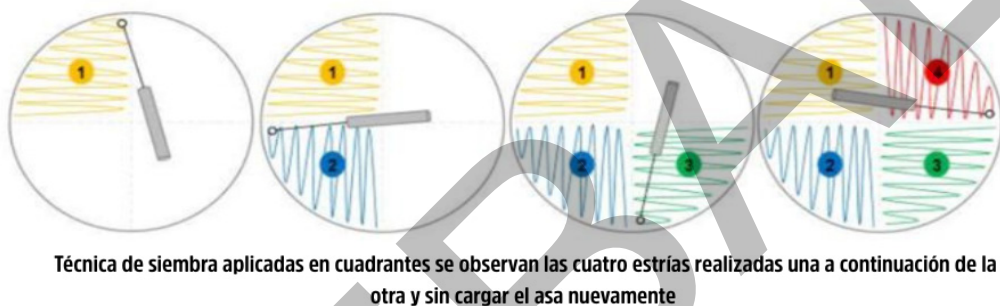
Otras formas de estudio de virus que pueden dilucidar las formas de interacción con las células vivas o la capacidad de los mismos de infectar, es a través de procedimientos fisicoquímicos como son la detección de partículas virales a través de microscopía e inmunomicroscopia electrónica; inmunotinciones; detección de virus por hemaglutinación; detección de proteínas (estructurales y no estructurales) virales; así como técnicas de hibridación y secuenciación de nucleótidos.

Una forma útil de identificar y aislar bacterias es la que se basa en el principio de lo que ocurre de forma natural en el medio ambiente, brindarles una superficie (sólida o líquida) que les proporcione soporte y nutrientes, en el cual puedan reproducirse.

Las características que debe poseer ese medio son las siguientes: entorno apropiado de presión, temperatura, pH y saturación de oxígeno o ausencia del mismo; rico en bioelementos (C, H, N, O, F, S, K, Na, Fe, Mg, Ca y Cl); sangre, aceites especiales, etc. Estos medios se venden comercialmente en polvo y se preparan con agua o sangre (de una especie animal). Una vez preparado, dicho medio de cultivo es necesario contenerlo en recipientes especiales de vidrio o plástico, llamados cajas de Petri o tubos de cultivo.

A la acción de colocar una pequeña cantidad de bacterias en el medio de cultivo se le llama “siembra” y existen diversas técnicas para llevarla a cabo (figura 1.16 a figura 1.18.).

Figura 1.17
Técnica de siembra por cuadrantes en placa.



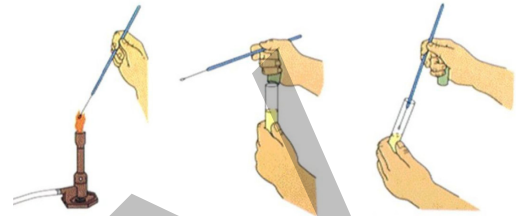
Nota. Adaptado de *Microbiología*[Fotografía], por Prezzi, 2021 (<https://prezzi.com/microbiologia-siembra>). Obra de Dominio Público.

Dependiendo de los objetivos que se persigan, los medios para hacer crecer bacterias, se pueden clasificar en:

- No selectivos: Contienen nutrientes básicos para el desarrollo de casi todas las especies de bacterias.
- De enriquecimiento: Son medios líquidos y brindan los nutrientes necesarios a las bacterias, que provienen de una muestra muy pequeña, para que se desarrollen ampliamente para su posterior cambio a un medio sólido.
- Selectivos: Favorecen el crecimiento de algunas especies e inhiben el de otras, para lograr ese objetivo se le añaden antibióticos, colorantes, metales pesados, etcétera.

Figura 1.16
Técnica aséptica para cultivo de microorganismo.

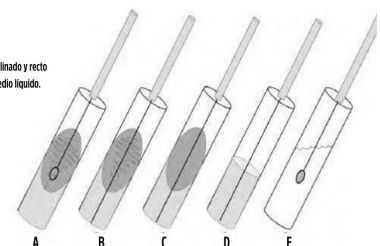
Técnica aséptica para cultivo de microorganismos



Nota. Adaptado de *Microbiología*[Fotografía], por Prezzi, 2021 (<https://prezzi.com/microbiologia-siembra>). Obra de Dominio Público.

Figura 1.18
Técnicas de siembra en tubo.

- 1. Siembra por estría simple
- 2. Siembra mixta (picadura y estría)
- 3. y 4. Siembra por picadura en agar inclinado y recto
- 5. Siembra con asa bacteriológica en medio líquido.



Nota. Adaptado de *Microbiología*[Fotografía], por Prezzi, 2021 (<https://prezzi.com/microbiologia-siembra>). Obra de Dominio Público.

- Diferenciales: Brindan información de la bioquímica bacteriana, a través de sustancias específicas, no producidas por otra especie, producto de su metabolismo.
- De transporte: Como su nombre lo indica, conservan a las bacterias durante un corto periodo de tiempo, durante el traslado del lugar de la toma de la muestra hasta el laboratorio de cultivo.
- Especializados: Se han creado para hacer crecer una especie en particular, que difícilmente crecen en otro medio, pues requieren de sustancias específicas para su desarrollo.
- Complejos: Contienen extractos y digestiones de levaduras, carne o plantas. No se conoce la composición química exacta de estos medios (tabla 1.8).

Tabla 1.8 Tipos de medios de cultivo.

Tipo	Medio de cultivo (ejemplos)	Objetivo
No selectivo	Agar sangre. Agar chocolate. Agar Mueller-Hinton. Caldo tioglicolato. Agar dextrosa de Sabraud.	Recuperación de bacterias y hongos. Recuperación de bacterias, incluidas Haemophilus y Neisseria gonorrhoeae. Medio para estudio de la susceptibilidad bacteriana. Caldo enriquecido para las bacterias anaerobias. Recuperación de Hongos.
Selectivos diferenciales	Agar MacConkey. Agar sal manitol. Agar xilosa-lisina-desoxato. Medio de Lowenstein-Jensen. Agar Middlebrook CHROMagar. Agar Inhibidor de hongos filamentosos.	Selectivos para las bacterias gramnegativas; diferencial para las especies que fermentan la lactosa. Selectivo para los estafilococos; diferencial para Staphylococcus aureus. Agar diferencial selectivo para Salmonella y Shigella en cultivos entericos. Selectivo para microbacterias. Selectivo diferencial para las levaduras. Selectivo para los hongos filamentosos.
Especializados	Agar extracto de levadura con carbon vegetal tamponado (BCYE). Agar cistina-telurito. Caldo de cultivo Lim. Agar sorbitol de MacConkey. Agar Regan Lowe. Agar sacarosa, sales biliares, tiosulfato y citrato (TTCBS).	Recuperación de Legionella y Nocardia. Recuperación de Corynebacterium diphtherium. Recuperación de Streptococcus agalactiae. Recuperación de Escherichia coli O157. Recuperación de Bordetella pertussis. Recuperación del género vibrio.

Las bacterias intracelulares estrictas, requieren forzosamente de un cultivo en células y una técnica para cultivar patógenos intracelulares como *Legionella*, *Micobacterias* y organismos similares a *Chlamidia*, es a través de dos variantes: cocultivo amebial y enriquecimiento amebial. El cocultivo permite la recuperación de bacterias intracelulares al inocular la muestra en una capa de amibas que puede ser infectado y lisado por las bacterias. El enriquecimiento amebial permite recuperar a las bacterias utilizadas en el proceso.

Recientemente se ha observado que las bacterias en la naturaleza no crecen en colonias de la misma cepa, sino que cohabitan en comunidades de diversas especies de microorganismos, formando un biofilm o una biopelícula.

La composición del biofilm es de polisacáridos (elaborados por las bacterias), proteínas, ácidos nucleicos y lípidos todos suspendidos en una especie de gel hidratado que posee canales de agua que distribuyen la humedad y nutrientes; se considera de importancia sobre todo porque representa una matriz adhesiva protectora y ha sido una estrategia de sobrevivencia.

Las bacterias en el biofilm crecen y se desarrollan como en los medios de cultivo, excepto porque cuando éstas llegan a su estadio de madurez, se desprenden del biofilm para colonizar nuevas superficies (lo que no hacen en los cultivos).

Cuando una bacteria forma un biofilm intercambia información genética con otras y eso las hace más fuertes y tenaces, por lo que se cree que la resistencia a los antibióticos sea resultado de la formación de biofilms (figura 1.19).

Figura 1.19
Etapas de formación de un biofilm.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Cabe destacar que cuando del estudio de laboratorio de los virus y microorganismos se trata, existen niveles de riesgo (1, 2, 3 y 4) relacionados con la patogenicidad hacia el ser humano, lo que ha llevado a implementar en los laboratorios de estudio, barreras de bioseguridad, para disminuir el riesgo de contagio entre los trabajadores, los cuales también evitan la contaminación de los cultivos con bacterias u otros microorganismos presentes en el medio ambiente. El manual de bioseguridad en el laboratorio de la OMS en su tercera edición del 2005 (no ha cambiado hasta el momento), clasifica a los microorganismos por grupos de riesgo para el trabajo en el laboratorio de la siguiente forma:

- Grupo de riesgo 1 (riesgo individual y poblacional escaso o nulo). Microorganismos que tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales.
- Grupo de riesgo 2 (riesgo individual moderado, riesgo poblacional bajo). Agentes patógenos que pueden provocar enfermedades humanas o animales pero que tienen pocas probabilidades de entrañar un riesgo grave para el personal del laboratorio, la población, el ganado o el medio ambiente. La exposición en el laboratorio puede provocar una infección grave, pero existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces y el riesgo de propagación es limitado.
- Grupo de riesgo 3 (riesgo individual elevado, riesgo poblacional bajo). Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades humanas o animales graves, pero que de ordinario no se propagan de un individuo a otro. Existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces.
- Grupo de riesgo 4 (riesgo individual y poblacional elevado) Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves en el ser humano o los animales y que se transmiten fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Normalmente no existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces.

Aplico lo aprendido

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

1. Elabora un tríptico con la información sobre el cultivo de los virus y de las bacterias. Puedes sacar fotocopias para distribuirlas en la clase.
2. Investiga sobre las armas biológicas y el proyecto microbioma humano.
3. Socializa con tus compañeros y anoten sus conclusiones.

Parasitología

La parasitología es la ciencia que estudia a los parásitos, sean protozoarios (unicelulares del reino Protista) o helmintos (multicelulares del reino animalia). A diferencia de las enfermedades por virus y bacterias que se denominan infecciosas, las causadas por parásitos se consideran invasivas o parasitogénicas, pues el hospedero es el hábitat del parásito; el hospedero le proporciona un hogar y alimento, recibiendo a cambio una influencia desfavorable que lo afecta en su salud.

Las formas en que un parásito puede entrar al hospedero son diversas: alimentos crudos o mal cocinados; contacto directo con un paciente infectado; a través de picadura o inoculación, con ayuda de un portador como los mosquitos o los artrópodos chupadores de sangre; a través de acción mecánica en la piel como rascar; por vía percutánea, donde el parásito atraviesa por sí mismo la dermis del hospedero; vía transfusional, por instrumentos contaminados o no estériles en transfusiones sanguíneas; vía sexual, por las membranas mucosas de los genitales y vía intrauterina, que es a través de la placenta de la madre a su bebé.

Generalmente, los parásitos poseen un ciclo de vida complejo, aquellos que poseen un ciclo de vida con un solo huésped para completar su desarrollo se define como ciclo de vida directo; pero si el parásito requiere dos o más especies para completar su desarrollo se denomina ciclo de vida indirecto. Debido a que puede haber más de un tipo de huéspedes, éstos se clasifican como:

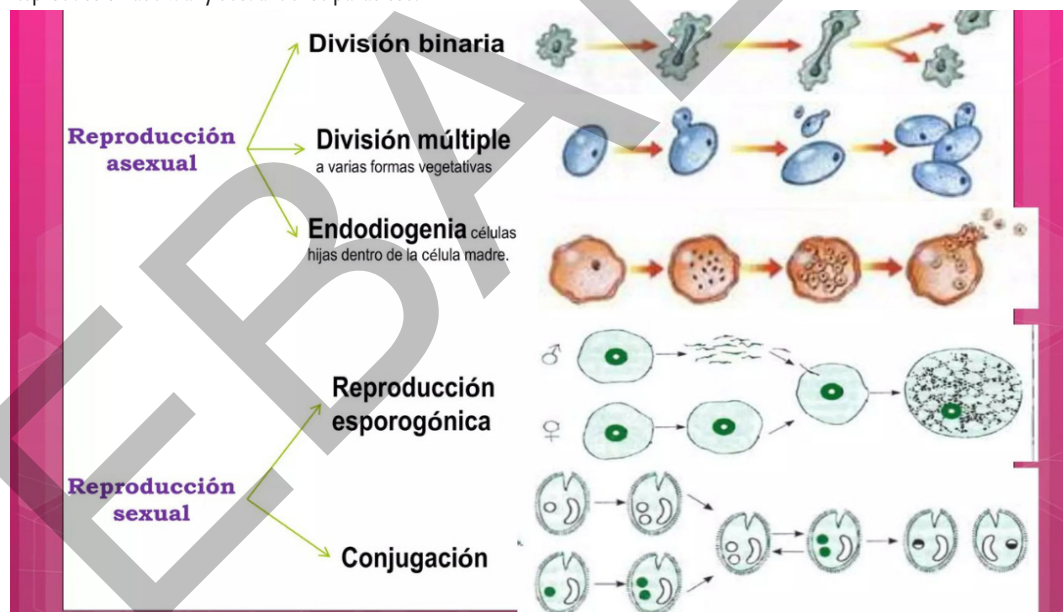
- Definitivo: es aquel en el que habita el parásito adulto y en él lleva a cabo su reproducción sexual.
- Intermediario: en el cual habita la etapa larvaria o en donde lleva a cabo reproducción asexual. En varios tipos de parásitos, pueden requerir de dos diferentes hospederos intermediarios para completar varios estadios larvarios. Reciben el nombre de hospedero 1 y hospedero 2 respectivamente.
- Paraténico: Es aquel donde la etapa larvaria permanece viva, sin un mayor desarrollo o evolución; sin embargo este hospedero puede transmitir la infección a otro.
- Reservorio: alberga al parásito, y éste vive normalmente, sin causar daño. Son portadores del parásito sin presentar signos ni síntomas. En este huésped se acumulan las etapas invasivas de un parásito, pero no logran desarrollarse a su madurez, lo hará si salta a su hospedero definitivo. Cuando un animal es un reservorio, las enfermedades infecciosas producidas al transmitir el parásito se denominan zoonosis. En general, las zoonosis se producen entre animales, pero los humanos se pueden infectar, convirtiéndose en huéspedes accidentales.
- Accidental o incidental: Es aquel en el que no se suele encontrar normalmente al parásito, no forma parte de su ciclo de vida, sin embargo, cuando lo infecta puede causarle infecciones.

Según las condiciones del ambiente, la etapa de vida en su desarrollo o el periodo del ciclo de vida, los parásitos protozoarios se reproducen de dos formas:

- Asexual: Fisión binaria, un parásito se divide longitudinal o transversalmente de forma equitativa en dos o más (amibas, ciliados, flagelados). Fisión múltiple o esquizogonia: El núcleo del protozooario sufre varias divisiones sucesivas (esquizonte) y produce grandes cantidades de merozoítos infectantes (Plasmodium). Endodiogenia: es un tipo de gemación interna que da lugar a dos células hijas (Toxoplasma).
- Sexual: Conjugación, en los ciliados, dos organismos se unen y recíprocamente intercambian material nuclear (Balantidium coli). Gametogonia o singamia, en los esporozoos, machos y hembras producen gametocitos, que después de la fertilización forman un cigoto que da lugar a numerosos esporozoítos por esporogonia (Plasmodium).

Algunos parásitos se presentan como huevecillos o larvas, otros como quistes (forma inactiva que no se alimenta, no se mueve ni se reproduce) o como trofozoítos (forma activamente móvil), etcétera (figura 1.20).

Figura 1.20
Reproducción asexual y sexual de los parásitos.



Nota. Adaptado de *Protozoarios [Fotografía]*, por Sildeshare, 2023 (<https://es.sildeshare.net/protozoarios-622148/>). Obra de Dominio Público.

Clasificación

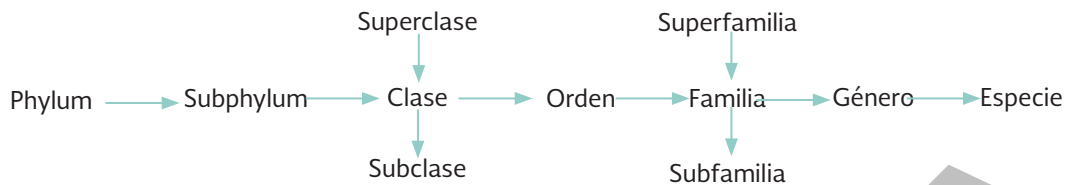
De acuerdo con la localización del parásito en el huésped se clasifican en:

1. Ectoparásitos. Viven fuera del huésped, en la piel o cabellos.
2. Endoparásitos. Viven dentro del hospedador. Se subdividen su vez en:
 - a) De cavidades. Aparato digestivo, respiratorio, vaginal y urinario.
 - b) Tisulares. Se ubican en tejidos como el muscular o en cavidades cerradas como el sistema circulatorio.
 - c) Intracelulares. Viven dentro de las células.

La taxonomía de los parásitos está bajo el mando de la Sociedad Internacional de Protistologistas (ISOP), sigue las mismas reglas de Linneo anteriormente descritas para los microorganismos como bacterias y virus:

Esquema 1.3

Categorías taxonómicas de los parásitos.



Nota. Elaboración propia.

Un ejemplo de taxonomía para la *Entamoeba histolytica*, sería:

Dominio *Eucariota*; Reino *Animalia*; Subreino *Protozoa*; *Phylum*: *Sarcomostingophora*; Clase *Sarcodina*; Subclase *Rhizopodea*; Superorden *Lobosia*; Orden *Amoebida*; Genero *Entamoeba*; especie *E. histolytica*.

Los protozoarios son parásitos unicelulares y se clasifican en tres *Phylum*: *Sarcomastigophora* (clases *Sarcodina* y *Mastigophora*), *Apicomplexa* y *Ciliophora*. En la siguiente tabla se pueden observar los tres *Phylum* de los protozoarios, subdivisiones de los mismos y algunas especies representativas con las formas típicas en su ciclo de vida y reproducción:

Figura 1.21

Morfologías de los protozoarios.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Tabla 1.9 Protozoarios.

Phylum	Clase	Reproducción	Formas en su ciclo de vida	Especies representativas
Sarcomastigophora	Lobosea			
	Orden: Amebida			
	Suborden: Tubulina	Asexual: fisión binaria (mitosis)	Trofozoíto (activo) Quiste (inactivo)	Entamoeba histolytica E. gingivalis E. coli
	Suborden: Acanthopodina			Género Acanthamoeba
	Suborden: Schizopyrenida	Asexual: fisión binaria (mitosis)	Trofozoíto (activo) Quiste(inactivo) y una etapa ameboflagelar temporal que no se alimenta ni se reproduce	Naegleria fowleri
	Zoomastigophorea			
	Orden: Kinetoplastida			
	Suborden: Tripanosomatina	Asexual: Fisión binaria (mitosis)	Amastigote Promastigote Epi- mastigote Tripo- mastigote Metacíclica	Trypanosoma cruzi T. brucei gambiense T. brucei rhodesiense
	Suborden: Diplomonadina		Amastigote Promastigote	Leishmania donovani L. brasiliensis L. tropica major L. tropica minor
	Orden Trichomonadida		Trofozoíto (forma vegetativa que desarrolla la infección) Quiste (infectivo)	Giardia lamblia
			Trofozoíto flagelado	Trichomonas vaginalis T. hominis
Apicomplexa	Sporozoea			
	Orden Eucoccidia			
	Suborden Eimeriina	Asexual: esquizogonia y esporogonia. Sexual: gametogénesis produce ooquiste	Trofozoítos, pseudoquiste y quiste en los dos hospederos intermediarios que pueden ser: ratón, rata, conejos, cerdos, vacas, algunas aves. Ooquiste en el huésped final que es el gato	Toxoplasma gondii Cryptosporidium spp.

Tabla 1.9 Protozoarios.				
Phylum	Clase	Reproducción	Formas en su ciclo de vida	Especies representativas
	Suborden Hemosporina	Asexual: esquizogonia y esporogonia Sexual: gamontes	Esporozoito en el mosquito del género Anopheles (vector y hospedero definitivo) Trofozoito en el hospedero intermedio (humano)	Plasmodium vivax P. malariae P. falsiparum P. ovale
Ciliophora		Asexual: fisión binaria Sexual: conjugación	Trofozoito (Huésped incidental humano) Quiste (Reservorio cerdo)	Balantidium coli

Los helmintos son parásitos pluricelulares con simetría bilateral. Según su forma de vivir, se dividen en geohelmintos, cuyo ciclo de vida está relacionado con las condiciones ambientales o se desarrolla en alguna parte del ambiente y biohelmintos cuyo ciclo de desarrollo pasa por dos o mas especies animales diferentes. El ser humano infectado por helmintos no es infeccioso para otros por si mismo, sin embargo, cuando estos parásitos ponen huevos que salen con las excretas, los huevos un foco de infección de un humano a otro.

Los dos *Phylum* representativos para el ser humano son los Platelmintos (gusanos planos) y Nematelminos (gusanos redondos).

- En la siguiente tabla se pueden observar los dos *Phylum* de los protozoarios, subdivisiones de los mismos y algunas especies representativas con las formas típicas en su ciclo de vida y reproducción:

Figura 1.22
Platelmintos y nematelminos. Huevillo y parásitos adultos.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Tabla 1.10 Protozoarios.

Phylum	Clase	Reproducción	Formas en su ciclo de vida	Especies representativas
Platelmintos	Trematoda (geohelmin- tos).			
	Superfamilia: Echinostomatoidea.	Sexual: Son hermafroditas, excepto los que son sanguíneos, éstos son unisexuales.	Gusano adulto quien pone huevecillos en huésped definitivo (ser humano). Hay de 2 a 3 huéspedes intermedios con diversas formas como Esporoquistes o Cercaria.	Fasciola hepática
	Trematoda (biohelmin- tos).			
	Superfamilia: Schistosomatoidea.	Sexual: macho y hembra.	Gusano adulto quien pone huevecillos en huésped definitivo (ser humano). Hay de 2 a 3 huéspedes intermedios con diversas formas como Esporoquistes o Cercaria.	Schistosoma mansoni S. japonicum S. mekongi S. haematobium.
	Superfamilia: Plagior- chioidea.	Sexual: Son hermafroditas.		Paragonimus westermani.
	Superfamilia: Opistor- chidae.	Sexual: macho y hembra.		Opisthorchis felis.
	Cestoda (biohelmin- tos).			
	Orden: Pseudophylli- dea.			
	Familia: Diphyllorhyn- chidae.		Coracido: huevo con larva. Diversas etapas larvares o quísticas (cisticerco, cisticercoide, quiste hídrico, multilocular, pleocercarioide)	Diphyllorhynchium latum (tenia del pescado).
	Orden: Cyclophylli- dea.			
	Familia. Taeniidae.	Sexual: hermafroditas.	Completan su ciclo de vida en dos diferentes huéspedes.	Taenia solium (tenia del cerdo). T. saginata (tenia de la carne). Echinococcus granulosus. E. multilocularis.
	Familia: Hymenolepi- didae			Hymenolepis nana.

Tabla 1.10 Protozoarios.

Phylum	Clase	Reproducción	Formas en su ciclo de vida	Especies representativas
Nematelmintos	Nematoda (biohelminintos).			
	Subclase: Adenophorea.			
	Orden: Enoplida Familia: Trichinellidae.	Sexual: macho y hembra.	Estados huevecillo, larvario y parásito adulto.	Trichinella spiralis.
	Familia: Trichuridae (único geohelminto de la familia).			Trichuris trichiura.
	Subclase: Secernentea.			
	Orden: Rhabditida. Familia: Strongyloididae.	Asexual Hembra por Partenogénesis Sexual: macho y hembra.	Estados huevecillo, larvario y parásito adulto.	Strongyloides. Stercoralis.
	Orden: Strongylida Familia: Ancylostomatidae.	Sexual: macho y hembra.	Estados huevecillo, larvario y parásito adulto.	Ancylostoma duodenale.
	Familia: Metastrongylidae.			Necator americanus.
	Orden: Ascaridida Familia: Ascarididae.			Ascaris lumbricoides.
	Orden: Oxyurida Familia: Oxyuridae.			Enterobius vermicularis.
	Nematoda (biohelminintos).			
	Orden: Spirurida Familia: Onchocercidae.	Sexual: macho y hembra.	Estados huevecillo, larvario y parásito adulto.	Wuchereria bancrofti.
	Familia: Dracunculidae.			Dracunculus medinensis.

¿Sabías que...?

El Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) reúne información epidemiológica de todas las instituciones del Sistema Nacional de Salud (SNS) que es de utilidad en la salud pública, para la toma de decisiones en cuanto a programas de salud y vigilancia epidemiológica, sobre brotes de parasitosis o cualquier otro tipo de enfermedades, a través de la páginas de internet de la Secretaría de Salud y del boletín Epidemiológico del SINAVE.

Patologías relacionadas a los parásitos

Durante su estadio en el huésped, un parásito inicia un proceso de adaptación a su “hogar”, pero si el hospedero comienza a “rechazarlo” (que en todo caso es un proceso normal) el parásito se defiende de las siguientes formas: secretando sustancias tóxicas para el hospedero; desarrollando órganos de fijación como ganchos o ventosas; se recubre de una membrana o cutícula; secreta proteasas que destruyen células de sistema inmune. Si los mecanismos de defensa del hospedero son fuertes y resisten a todas las trampas del parásito, éste muere, pero si el parásito es altamente patógeno o el sistema de defensa del huésped falla, la enfermedad si no se atiende pronto, puede causar la muerte del hospedador. Es una posibilidad el que exista un equilibrio de estas relaciones entre parásito y huésped, y ello genera portadores asintomáticos, los cuales portan al parásito, pero no desarrollan ningún síntoma clínico de enfermedad.

La primera reacción del organismo humano cuando detecta al parásito, es matarlo, a través de secreción de hidrolasas y radicales libres, al mismo tiempo que intenta neutralizar las sustancias agresivas como proteasas e inhibidores enzimáticos; si estas acciones no resultan útiles, se desencadenan niveles de protección en el hospedero. La influencia del huésped sobre un parásito se manifiesta como una reacción celular (aumento de tamaño y forma de las células afectadas), reacción tisular (aparición de una cápsula de tejido conectivo que aísla al parásito de los tejidos circundantes) y reacción humoral con respuesta del sistema inmune (producción de anticuerpos como reacción al entrar antígenos del parásito, fagocitosis y activación de linfocitos).

Por la forma en que transmiten las enfermedades parasitarias, éstas se pueden clasificar como sigue:

1. Zoonosis: Pasan de un animal a otro.
2. Antroponosis: transmisión entre organismos humanos.
3. Vector: transmisión de un organismo a otro a través de portadores chupadores de sangre.
4. Transmisibles: a través de agua y/o alimentos contaminados, así como por sangre.

Para que tengas un mejor conocimiento de cómo lucen físicamente algunos parásitos, se sugiere visites la siguiente dirección de la web:

<https://www.youtube.com/watch?v=8lfxDUZCKwU>

Dentro de las parasitosis más destacadas en México, por el tipo de efectos que ocasionan en el huésped, están las siguientes:

Figura 1.23
Platelmintos y nematelmintos. Huevillo y parásitos adultos.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Tabla 1.11 Los parásitos más destacados en México.			
Parasitosis	Parásito	Ubicación	Datos importantes
Amibiasis	Entamoeba histolytica.	Todo el País.	Afectados: niños y personas de la tercera edad. En 2016 se registraron 47 mil casos.
Giardiasis	Giardia lamblia.	Todo el país.	Es el principal protozoario causante de diarrea. En 2016 se registraron 2000 casos en México.
Tracoma	Chlamydia trachomatis.	No solo en México, también es de importancia en zonas rurales de África, Asia, Australia y Medio Oriente.	Se transmite por contacto por secreciones oculares y nasales del infectado, especialmente niños pequeños; también lo transmiten las moscas que se han postrado sobre un infectado.
Amiba “come cerebros”	Naegleria fowleri.	Distribución mundial.	Es un parásito de vida libre, en suelo y agua dulce o salada. Causa grave meningoencefalitis que lleva a la muerte de 3 a 7 días.
Paludismo o Malaria	Plasmodium vivax y falciparum principalmente.	Regiones tropicales y subtropicales. En África hay mayor prevalencia y muertes; en México también se presenta en altas tasas, principalmente en los estados fronterizos del sur del país.	Transmitida por vector hembra del mosquito Anopheles. Casos 517 en 2015 según la OMS. Según el ministerio de salud de México para septiembre de 2020 se habían reportado 208 casos. Es una de las enfermedades infecciosas a las que la OMS ha puesto interés en erradicar.

Tabla 1.11 Los parásitos más destacados en México.

Parasitosis	Parásito	Ubicación	Datos importantes
Leptospirosis (también conocida como enfermedad de Weil).	Leptospira interrogans.	Zonas tropicales y subtropicales. Destaca con más casos la Altiplanicie y zonas costeras.	Zoonosis de difícil diagnóstico pues se confunde con otros padecimientos. Transmitida por contacto con orina o líquidos corporales de animales infectados (perros, animales de granja o salvajes) o contacto con agua o tierra contaminadas.
Helmintiasis intestinales transmitidas por suelo.	Diversas especies de gusanos.	Regiones tropicales y subtropicales, así como lugares con malos sistemas de saneamiento o malos hábitos en el desecho de las heces fecales.	Son las parasitosis más comunes en comunidades pobres y desfavorecidas, cerca del 24% de la población mundial las padece. Transmitidas por los huevecillos de los parásitos eliminados en las heces fecales de las personas infestadas.
Estrongiloidiasis.	Strongiloides stercoralis.	Regiones tropicales y subtropicales, así también en áreas rurales o donde haya exposición a tierra contaminada.	Esta infección es una de las que se agravan por autoinfección: los descendientes reinfectan al mismo huésped, lo que puede provocar infecciones diseminadas peligrosas.
Trichuriasis o tricuriasis.	Trichuris trichiura.	Grados variables en todo el país.	Es la tercera causa más frecuente de infección por gusanos redondos. Común en lugares donde usan heces humanas como fertilizantes o donde las personas defecan en suelo. Es común principalmente a niños pequeños, pues su vía de transmisión es fecal-oral. Causa falta de apetito, lo que lleva a un estado desnutrición.
Ascariasis.	Ascaris lumbricoides.		Es una de las infecciones intestinales más frecuentes. La prevalencia más alta es en niños de 2 a 10 años, lo que contribuye a la desnutrición infantil. Las infecciones leves pueden ser asintomáticas, sin embargo, las infecciones severas han provocado la muerte de muchos debido a la obstrucción intestinal o biliar que provoca este parásito.
Cisticercosis.	Taenia solium.		Producida tras la ingesta de carne de cerdo contaminada con larvas enquistadas. Suele ser una parasitosis asintomática. Es diagnosticada casi exclusivamente por los oftalmólogos y neurocirujanos (por la migración y ubicación de las larvas en el cuerpo del huésped).

Tabla 1.11 Los parásitos más destacados en México.			
Parasitosis	Parásito	Ubicación	Datos importantes
Infección por tenia enana.	Hymenolepis nana.	Grados variables en todo el país.	Se detecta con mayor frecuencia en poblaciones con higiene inadecuada, donde abundan las pulgas. Es peligrosa si se presenta una autoinfección, cuando los parásitos se incuban en el intestino e inician una segunda generación sin salir del huésped, lo que da lugar a un número masivo de parásitos.
Enterobiasis o infestación por oxiuros.	Enterobius vermicularis.		Se presente principalmente en niños pequeños. Su principal síntoma es la comezón anal. Por lo general no producen lesiones intestinales. La infección en mujeres es de cuidado ya que del ano donde habitan las larvas, pueden migrar a la vulva y vagina, o en casos más raros a útero, trompas de Falopio y peritoneo donde provoca granulomas que obligan a intervención quirúrgica.
Enfermedad de Chagas.	Tripanosoma cruzi.	México es considerado endémico de la enfermedad.	La condición principal para la prevalencia de la zoonosis es el hacinamiento. La fase aguda de la enfermedad casi siempre pasa desapercibida; la fase crónica se presenta con miocardiopatía y lesiones en sistema nervioso autónomo.
Leishmaniasis.		Sur de México, Estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Yucatán.	La incidencia es baja sólo se reporta lesión cutánea. Afecta principalmente a los trabajadores dedicados a la extracción del chicle o maderas tropicales. Aunque en Veracruz y Chiapas los casos fueron en personas dedicadas al campo.
Esquistosomiasis.	Schistosoma mansoni.	Regiones tropicales y subtropicales.	Endémica de poblaciones rurales y pobres (agrícolas o pesqueras). Las tasas más elevadas de prevalencia se han observado en niños entre 10 y 12 años y adultos jóvenes.
Oncocercosis.	Onchocerca volvulus.	Regiones montañosas, como Chiapas y Oaxaca.	Comunidades rurales que se dedican al cultivo del café. Para 2015 la OMS declara a México libre de esta parasitosis.

Tabla 1.11 Los parásitos más destacados en México.

Parasitosis	Parásito	Ubicación	Datos importantes
Triquinosis o Triquinelosis.	Trichinella spiralis.	Tuvo su origen en Asia, pero con las importaciones de cerdos desde China, se presentó a finales del siglo XIX. Hasta el 2016, los estados con mayor número de casos registrados son Hidalgo, Chihuahua, Veracruz, Jalisco y Oaxaca.	Son reservorios animales domésticos como perros, gatos, caballos, cerdos y algunos salvajes como zorro, jabalí, lobo, lince, puma. Esta zoonosis se presenta en forma de brotes localizados debido a comercialización de productos infectados. Raras veces es grave, pero en cadáveres ha habido un 16% de casos positivos en hospitales.
Hidatidosis, equinocosis o quiste hidatídico.	Equinococcus granulosus.	Regiones de clima templado, como la altiplanicie.	Personas en contacto con animales parasitados por ser zoonótica.

Técnicas de cultivo en el laboratorio

La ayuda del laboratorio es de suma importancia en el diagnóstico de las parasitosis, así como de la elección del tipo de muestra biológica, dadas las características diversas de las parasitosis (si es por quistes, trofozoítos, larvas o gusanos adultos) y las regiones fisiológicas donde se ubican (tejidos, sangre, líquido cefalorraquídeo, expectoración, etc.) (tabla 1.12 y 1.13)

Tabla 1.12 Diversas formas morfológicas de parásitos observadas en nuestras biológicas.

Spécimen	Merphotogical form	Parasite
Cerebrospinal.	Trypomastigote.	• Trypanosoma spp.
	Larva.	• Angiostrongylus spp.
	Trophozoite.	• Naegleria fowleri. • Acanthamoeba.
Urine.	Trophozoite.	• Trichomonas vaginalis.
	Microfilaria.	• W. bancrofti.
	Egg.	• Schistosoma haematobium. • Diactophyma renale.
Sputum.	Adult worm.	• Paragonimus spp.
	Egg.	• Paragonimus spp. • Capillaria aerophila.
	Larva (migrating).	• A. lumbricoides. • Strongyloides stercoralis. • A. duodenalis. • N. americanus.
	Trophozoite.	• E. histolytica.

Tabla 1.12 Diversas formas morfológicas de parásitos observadas en nuestras biológicas.		
Specimen	Morphotological form	Parasite
Duodenal aspirate.	Trophozoite.	• G. lamblia.
	Larva.	• S. stercoralis.
Cornel scrapings.	Trophozoite.	• Acanthamoeba spp.
Skin.	Amastigote.	• Leishmania spp.
	Microfilaria.	• Onchocerca volvulus.
	Larva in skin ulcer fluid.	• Dracunculus medinensis.
Muscle tissue.	Encysted Larva.	• Trichinella spiralis.
	Cysticercus ceilulosae.	• T. solium.
Perlanal area.	Egg.	• Enterobius spp. • T. saginata.

Tabla 1.13 Diversas formas morfológicas de parásitos observadas en nuestras biológicas.		
Specimen	Morphotological form	Parasite
Feces.	Trophozoite.	• Entamoeba histolytica.
		• Giardia lamblia.
		• Blastidium coli.
		• Trichomonas hominis.
	Cyst.	• E. histolytica.
		• G. lamblia.
		• B. coli.
	Adult worm.	• Ascaris lumbricoides.
		• Enterobius vermicularis.
		• Fasciolopsis busky.
	Adult worm segments.	• Taenia solium, T. saginata. • Diphyllbothrium latum.
	Egg.	• Schistosoma spp.
		• Fasciola hepatica.
		• Fasciolopsis buski.
		• Clonorchis sinensis.
		• Opisthorchis felineta.
		• Heterophyes heterophyes.
		• Metagoniums yokogawai.
		• D. latum.
		• Taenia spp.
		• Hymenolepis nana.
		• H. diminuta.
		• Dpylidium canium.
		• A. lumbricoides.

Tabla 1.13 Diversas formas morfológicas de parásitos observadas en nuestras biológicas.

Specimen	Morphotological form	Parasite
Peripheral blood smear.	Ring form, schizjont and gametocyte.	• Plasmodium spp.
	Amastigote.	• Leishmania spp.
	Trypomastigote.	• Trypanosoma spp.
	Microfilaria.	• Wuchereria bancrofti. • Brugia malayi. • Loa Loa. • Mansonella spp.
Bone, marrow, liver, lymph node and spleen aspirate.	Tachyzoite.	• Toxoplasma gondii.
	Amastigote.	• Leishmania donovani.
Liver aspirate.	Trophozoite.	• Entamoeba histolytica.
Lymph node aspirate.	Trypomastigote.	• Trypanosoma spp.
Lymph node biopsy.	Adult worm.	• W.bancrofti.
		• B.malayi.

Las técnicas de cultivo de parásitos permiten estudiar de manera dinámica su fisiología, comportamiento y metabolismo, así como investigar y analizar la naturaleza de las moléculas antigénicas de sus productos excretores y secretores, lo que ha favorecido enormemente al diagnóstico, manejo, control y prevención de enfermedades parasitarias humanas, por lo que tienen más fines de investigación y enseñanza que de rutina diagnóstica.

Por ser los ciclos de vida de los parásitos bastante complejos, su cultivo es una tarea un tanto liosa. Los diferentes parásitos requieren distintas condiciones de cultivo como nutrientes, temperatura y condiciones de incubación, todas sumadas a sus estadios larvales, quísticos, de parásito adulto, etcétera.

Como los protozoos se alimentan de bacterias, los medios utilizados para su cultivo se complementan con crecimiento bacteriano y se pueden clasificar en cuatro tipos:

1. Cultivos axénicos. Los parásitos se cultivan como cultivo puro sin ningún asociado bacteriano. Son útiles cuando la flora bacteriana interfiere con el resultado, como en estudios de patogenicidad, prueba de susceptibilidad a fármacos o preparación de antígeno para pruebas serológicas.
2. Cultivos xénicos. los cultivos de parásitos que crecen en asociación con un microbio desconocido.
3. Cultivo monoxénico. Los parásitos se cultivan con una sola bacteria conocida.
4. Cultivo polixénico. Contiene múltiples suplementos bacterianos, almidón y suero nutritivo. Son utilizados en casos de pacientes sospechosos de parasitosis.

En comparación con los cultivos en virus y bacterias, que en general se busca su identificación y visualización morfológica; en el caso de los parásitos, el propósito es distinto. El cultivo in vitro de los protozoarios generalmente tiene una finalidad diagnóstica, para aumentar su número por unidad de volumen y ser detectados con mayor precisión.

En el caso de los helmintos, la intención del cultivo es principalmente el desarrollo de las larvas o de los parásitos adultos, para posterior obtención de antígenos de excreción-secreción que se utilizan en pruebas de diagnóstico inmunológico, creación de vacunas, pruebas de sensibilidad a fármacos, detección de farmacoresistencia, inoculación animal, estudios epidemiológicos.

Algunos datos importantes sobre los cultivos parasitarios que no podrían dejarse de lado son los siguientes:

1. Los helmintos son más difíciles de cultivar que los protozoarios. La complejidad de la configuración y el metabolismo del cuerpo de los helmintos, y la incapacidad para cumplir con las condiciones ambientales esenciales explican la imposibilidad de completar sus ciclos de vida en condiciones artificiales.
2. Los cultivos celulares se utilizan para los parásitos intracelulares obligados.
3. En los medios de cultivo se utilizan diversidad de nutrientes como sangre, suero, huevo, peptona, minerales y carbohidratos.
4. La temperatura óptima es de 37°C en la gran mayoría
5. La incubación es aerobia, con algunas excepciones

Los medios de cultivo para parásitos se clasifican en: medios definidos, de los que se conoce su composición exacta; semidefinido, del cual se conoce una parte de los componentes y lleva adicionalmente un fluido o extracto biológico, cuya composición exacta no se sabe (están en esta categoría los medios para protozoarios y los cultivos celulares); y los medios indefinidos, donde se usan extractos o infusiones de tejidos y órganos, y no se conocen las cantidades exactas en su composición.

El estado físico de estos medios que suelen utilizarse (sólido, líquidos, semisólidos y de doble fase) dependen del tipo de parásitos a cultivar. Algunos ejemplos de medios de cultivo y cultivos celulares utilizados con parásitos se muestran a continuación:

Tabla 1.14 Medias de cultivo y cultivos celulares.			
Clasificación	Parásito	Medio de cultivo	Cultivos celulares
Protozoarios.	Amibas spp.	Bifásico: Boeck-Drbohlav; Monoxénico difásico: Cleveland Monofásico Líquido: Balamuth; Medio axénico TYI-S-33; Medio PEHP; Medio PET.	
	Acanthamoeba.	-Sólo para aislamiento: Agar no nutritivo. -Para cultivo: Peptona extracto de levadura glucosa (PYG); placas de agar con líquido cerebroespinal sembrado junto con Escherichia coli. -Agar sin nutrientes con bacterias vivas o muertas.	Cultivos en tejidos de líneas celulares de riñón de mono HEp2 y línea celular de macrófagos diploides.
	Naegleria fowleri.	-Para cultivo: Medio líquido de Nelson; placas de agar con líquido cerebroespinal sembrado junto con Escherichia coli. - Agar sin nutrientes con bacterias vivas o muertas.	Cultivos en tejidos de líneas celulares de riñón de mono HEp2 y línea celular de macrófagos diploides.
	Giardia Lamblia.	Monofásico Líquido: Balamuth; Axénico de Diamond.	
	Blastocystis.	Bifásico: Boeck-Drbohlav modificado MBDM; Monofásico: Jones; Pavlova.	
	Entamoeba coli.	Monofásico Líquido: Balamuth.	
	Trichomonas vaginalis.	-Anéxico y medio definido: Sistema comercial InPouch TV (transporte y cultivo). - Monoxénico difásico: Cleveland. -Medio de suero tripticasa. -Medio de suero hidrolizado de cisteína de Lash. -Cisteína peptona maltosa de hígado CPLM. -Medio de maltosa de levadura tripticasa de Diamond TYM. -Modificación del medio TYM de Hollander. Axénico de Diamond.	Líneas celulares McCoy (son altamente sensible para el parásito).
	Tripanosoma cruzi.	Medio bifásico Nouy-MacNeal-Nicolle NNN (posee como base sólida agar y la líquida sangre de caballo o conejo inactivada). Medio líquido Drosophila de Schneider. Medio LIT de Yaeger. Medio semidefinido MTL (medio tripanosoma líquido); Grace's Insect medium. Medios semidefinidos enriquecidos con orina humana: LIT triptosa infusión de hígado; TAU (orina artificial de triatomina); medio F-69; medio libre de células ML15HA	Cultivo en células cardíacas humanas.

Tabla 1.14 Medias de cultivo y cultivos celulares.			
Clasificación	Parásito	Medio de cultivo	Cultivos celulares
Protozoarios.	Leishmania.	Medio bifásico Nouy-MacNeal-Nicolle NNN (posee como base sólida agar y la líquida sangre de caballo o conejo inactivada). Medio líquido Drosophila de Schneider. Medio bifásico agar sangre USAMRU.	
	Plasmodium vivax y P. falciparum.	Medio Instituto Conmemorativo Roswell Park 1640. (RPMI).	
	Cryptosporidium spp.	-Para etapas asexuales: HRT, BHK. -Estudio de ciclo de vida completo: Chicken CAM; HFL; PCK, MDCK.	-Cultivo sobre células HCT-8 (carcinoma humano ileocecal). -Cultivo en células de adenocarcinoma colorectal humano Human Caco-2.
Parásitos tisulares y localizados en otras regiones.	Toxoplasma gondii.		Cultivo sobre: células HeLa (adenocarcinoma uterino humano); células Vero (riñón de mono verde) en medio MEM suplementado; Células MRC-5.
Nematelmin- tos.	Anquilostoma spp.	Coprocultivo por: -Técnica de Harada-Mori. -Cultivo inclinado en caja Petri. -Cultivo con carbón.	
	Strongyloides stercoralis.	Cultivo en agar enriquecido con extracto de carne. Coprocultivo por: -Técnica de Bahemann. -Cultivo inclinado en caja Petri. -Cultivo con carbón. -Técnica de Harada-Mori	
	Trichinella spiralis.		Cultivo en células de adenocarcinoma colorectal humano Human Caco-2.
	Wuchereria bancrofti.		-Células de riñón de mono. -Líneas celulares de mosquito.
	Taenia spp.	Medio Leibovitz.	Línea celular monocapa de riñón de ternero.
	Larvas de Nematel- mintos.	Coprocultivo por: -Técnica de Harada-Mori. -Cultivo inclinado en caja Petri. -Cultivo con carbón.	

Si aparecen espacios sin datos en la tabla es debido a que, como se mencionó anteriormente, no todos los medios de cultivo o cultivos celulares se pueden utilizar con toda la gama de parásitos existentes, debido a sus características; sin embargo, uno de los métodos estándar para el cultivo parásitos es el coprocultivo. Entre los métodos comunes del coprocultivo están:

- Técnica de Harada-Mori: Utiliza una tira de papel filtro en la que se inocula la muestra de heces en tercio medio. Las tiras se guardan en tubos de centrifuga de tapón con agua en el fondo. Se mantienen a temperatura ambiente de 7 a 10 días, en el cual las larvas se desarrollan y caen al fondo del agua, de donde se recolectan. Se usa para especies de *Ancylostoma* y *Necator*.
- Cultivo en placa de agar para recuperar larvas de *S. stercoralis* que son sensibles. Se inocula una muestra de aproximadamente 2 g. de heces fecales en la placa. Se sella con cinta para evitar contaminación. Se dejan a temperatura ambiente por dos días. Las larvas que crecen se moverán sobre el agar dejando huellas visibles al ojo o bajo el microscopio.
- Cultivo en carbón. Las heces se mezclan con 5 a 10 partes de gránulos de carbón húmedo. Se envasan y se mantienen tapados por 7 a 10 días. En ese tiempo las larvas eclosionan y salen a la superficie. Las larvas se recolectan por filtración sobre un paño de algodón durante media hora. La tela se quita y se mantiene boca arriba, se lleva a un matraz de sedimentación lleno de agua tibia hasta el borde y se voltea. Las larvas caen al fondo del matraz mientras que el carbón permanece en la tela.

Algunos parásitos humanos que hasta ahora no se han podido cultivar *in vitro*, es posible su desarrollo *in vivo* en tejidos de animales apropiados: *Toxoplasma gondii* se inocula intraperitoneal en ratones; *Leishmania* spp. por vía intraperitoneal o intranasal se infecta a hámsteres y en el caso de *Trypanosoma* spp. se infunde vía intraperitoneal o venosa a ratones, cerdos de guinea o ratas.

El xenodiagnóstico es otra forma de cultivo de parásitos la cual es una técnica para detectar y desarrollar parásitos. La detección se lleva a cabo al alimentar al huésped intermediario (vector) con material que se presupone infectado (sangre) y luego se examina el contenido intestinal del vector en busca del parásito, posteriormente se puede inocular a ratones con la muestra obtenida como confirmación. En el caso de *Tripanosoma cruzi*, se ha utilizado como intermediario a un insecto vector, la chinche, alimentada con la sangre del paciente sospechoso. En 4-5 semanas pueden observarse las formas flageladas del parásito en las heces de los insectos.

Para que puedas apreciar algunos parásitos en cultivo, se te sugiere visites las siguientes direcciones de internet:

1. https://www.youtube.com/watch?v=Fdj5_Thh7Jw.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=IhTUGSxVTuY>.

Aplico lo aprendido

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

1. Realiza un cuadro sinóptico con los tipos de clasificación de los parásitos, colocando un recorte o dibujo de un parásito representativo de cada clasificación.
2. Realiza un organizador gráfico sobre los tipos de medios de cultivo para parásitos.
3. Intercambia con tu compañero de al lado para que comparen su cuadro sinóptico y así se retroalimenten mutuamente.
4. Investiga acerca de la ameba *Naegleria fowleri* y describe por qué actualmente ha cobrado importancia como microorganismo patógeno.
5. Formen equipos de trabajo.
6. Elijan un tipo de parásito que más haya llamado su atención.
7. Investiguen todo lo relacionado a la enfermedad que provoca dicho parásito: si es un endoparásito o ectoparásito, si es protozooario, platelminto o nematelminto, si produce zoonosis o antroponosis, si requiere de uno o más vectores, su epidemiología, el ciclo de vida del parásito, las medidas para evitar su contagio y la forma de combatir la infección.
8. Preparen una exposición y expónganla ante el grupo.

A continuación, haremos una lectura en inglés sobre los principales agentes etiológicos de las enfermedades de transmisión alimentaria y cómo prevenirlos, así como de las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. El texto es el siguiente:

WHO estimates of the global burden of foodborne diseases.

Key foodborne diseases and hazards.

Bacteria:

- *Listeria* can result in blood poisoning and meningitis, and is usually spread by consuming contaminated raw vegetables, ready-to-eat meals, processed meats, smoked fish, or soft cheeses.
- *Brucella*, commonly from unpasteurized milk or cheese of infected goats or sheep, can cause fever, muscle pain or more severe arthritis, chronic fatigue, neurologic symptoms, and depression.
- Cholera can be caused by consuming food contaminated with *Vibrio cholerae*. It causes watery diarrhoea that can be fatal within hours if left untreated

Virus:

- Hepatitis A is a liver disease caused by the hepatitis A virus, transmitted through food contaminated by the faeces of an infected person. It causes jaundice, nausea, anorexia, fever, malaise and abdominal pain.

Parasites:

- Toxoplasmosis, caused by *Toxoplasma gondii*, spread through undercooked or raw meat and fresh produce, can result in impaired vision and neurological conditions.
- Pork tapeworm (*Taenia solium*) can cause cysts to develop in the brain (cysticercosis), which is the most frequent preventable cause of epilepsy worldwide.
- Echinococcus tapeworms can infect humans through food contaminated with dog or fox faeces. They can cause tumours to form in the liver, lungs and brain.
- Chinese liver fluke (*Clonorchis sinensis*) commonly contracted through raw and incorrectly processed or cooked fish, can cause bile duct inflammation and cancer

FOODBORNE DISEASES ARE PREVENTABLE. EVERYONE HAS A ROLE TO PLAY.

Nota. Adaptado de https://www.who.int/docs/default-source/infographics-pdf/food-safety/the-burden-of-foodborne-diseases-en-factsheet.pdf?sfvrsn=6ab6291c_38

Micología

La micología es una ciencia que estudia a los hongos, los cuales están presentes de forma ubicua en el aire, el agua, el suelo y en los organismos o en su superficie. Los hongos son muy diversos taxonómicamente y con muchas especies diferentes. Son heterogéneos en tamaño, desde levaduras con solo algunas micras de diámetro, hasta polímeros que pueden crecer hasta varios metros de diámetro; sin embargo, comparten algunas características comunes, como las siguientes:

- Son eucariotas y poseen núcleos pequeños con muy pocos nucleótidos en su genoma; por ejemplo, la cantidad de nucleótidos de los hongos es ocho veces mayor que las bacterias, pero sólo representa 1% de la cantidad en los humanos.
- Son heterótrofos (sin clorofila) y viven como saprófitos, parásitos o mutualistas. Los hongos secretan enzimas digestivas en su fuente de alimento, la disuelven en moléculas solubles más pequeñas y luego las ingieren (por esta cualidad se dice que son quimiótrofos).
- Las células fúngicas tienen paredes celulares formadas principalmente de quitina.
- La mayoría poseen hifas o talos, que es la estructura básica de una red de filamentos cilíndricos que le dan cuerpo del hongo (hifomicetos o mohos). El conjunto de hifas se llama micelio. Dos excepciones son los hongos que no poseen hifas, que se llaman cenocíticos y las levaduras (blastomicetos) que son unicelulares y se reproducen por gemación o fisión.
- Los hongos patógenos son especies zootrópicas y los oportunistas son **necrotróficos** o **saprofíticos** (Estrada y Ramírez, 2019).
- Presentan dimorfismo, que es la capacidad de crecer en forma de hongo con micelios en un hábitat natural y convertirse en levaduras al vivir como parásitos de otra especie.

Los hongos pueden reproducirse asexual y sexualmente y ambas formas poseen diversas características. La reproducción asexual puede ser a través de las siguientes estructuras: esporangiosporas, conidios, artroconidias o artrosporas, clamidosporas, gemación, blastosporas, simpodulosporas, fialosporas, Anelosporas, porosporas y aleurioconidios.

Los hongos son actores importantes en la naturaleza: participan en el proceso de descomposición de restos biológicos o materias orgánicas, acelerando el ciclo y uso de sustancias naturales.

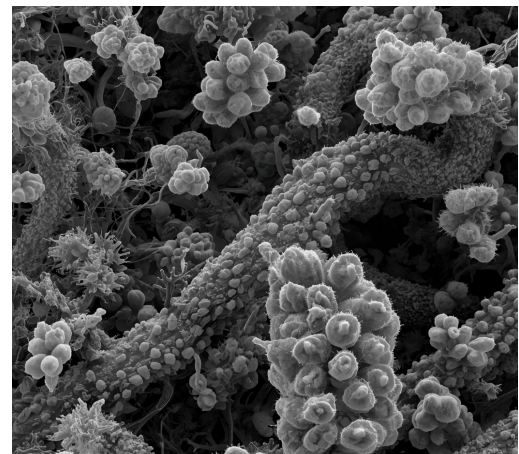
Necrotróficos

Hongos que llegan a un huésped como parásito, pero posteriormente se alimentan poco a poco de él hasta matarlo. Aún después de muerto el huésped se alimentan de él.

Saprofíticos

Todo su ciclo de vida lo llevan a cabo sobre materia orgánica sin vida, pues crecen en cualquier tipo de sustrato.

Figura 1.24
Imagen de hongos vista por microscopio.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Sin embargo, también está el lado oscuro de los hongos, pues algunas especies son patógenas para el ser humano y la micología médica provee información sobre estas especies y las enfermedades que producen.

Clasificación

En un principio los hongos se consideraron plantas inferiores, en la categoría de las criptógamas y en el filo Thallopites (Arenas, 2008). EN 1969, con un poco más de información e investigación, Robert H. Whittaker, los ubicó en el reino Fungae. En 2002, Bryce Kendrick, utilizando técnicas de biología molecular e inmunología, clasificó a los hongos en el reino Fungi (Arenas, 2011), quedando los otros reinos con los nombres de Archaeobacteria, Eubacteria (éstos dos tienen células procariontes), Chromista, Protozoa, Plantae y Animalia (poseen células eucariontes). La Asociación Internacional de Micología (IMA) se encarga de promover el estudio de los hongos y procura su clasificación y taxonomía.

La condición de la clasificación taxonómica de los hongos es inestable. El seguir el método de clasificación en reinos, división (phylum en el reino animal), clase, orden, familia, género, etc. están aún sujetos a discusión, aún se encuentran discrepancias entre autores e investigadores (tabla 1.15.).

Tabla 1.15 Ejemplo de clasificación y taxonomía de los hongos.		
Clasificación general de los hongos		
Superreino	Reino	División
Eucariotes.	Fungae.	Myxomycota. Clytridiomycota. Onmycota. Zygomycota. Axcomycota. Basiidiomycota. Dentemycota.
Taxonomía de los hongos		
División.	-cota.	(Eumycota).
Subdivisión.	-cotina.	(Ascomycotina.
Clase .	-mycetes.	(Plectomycetes).
Orden.	-ales.	(Eurotiales).
Familia.	-acecae.	(Gymnoascaceae).
Género.		(Nannizzia).
Especie.		(Nannizzia incurvada).

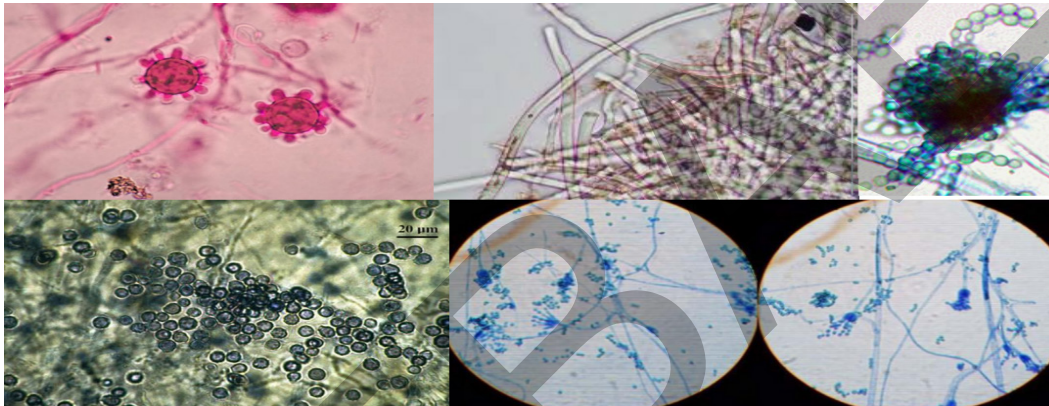
El factor de la variabilidad genética, como punto de partida en su taxonomía conduce a una clasificación imprecisa, puesto que los hongos también están cambiando constantemente su genotipo y fenotipo influenciado por el medio ambiente que les rodea o a las condiciones a las que se les expone. Actualmente, para análisis de taxonomía, de identificación y diagnóstico, es preciso el análisis molecular de ADN y ARN fúngico en su forma parasitaria o en cultivo.

Un ejemplo de clasificación morfológica, los divide en:

1. Filamentosos o mohos.
2. Levaduriformes.
3. Transformaciones del micelio: *Plasmodio*, *Plecténquima*, *pseudoparénquima*, *Haustorios*, *Rizomorfos*, *Conidiomorfos*, *Esporangiomorfos*, *Esporangióforos*, *Esporodoquios*, *Rizoide*, *Picnidio*, *Acérvulo*, *Clamidospora* y *Esclerocios* (figura 1.25).

Figura 1.25

Algunas morfologías de los hongos al microscopio.



Nota. Elaboración propia por Canva.

Una clasificación general mencionada en Estrada y Arenas (2019) es en dos grandes grupos dependiendo de la presencia de pared celular:

- *Myxomycota*, en la cual se considera a los hongos mucilaginosos sin pared celular. En ésta se encuentran las divisiones *Acrasiomycota*, *Hidromyxomycota*, *Plasmodiophoromycota*.
- *Eumycota* que incluye a los hongos con pared celular. Incluye a las divisiones *Mastigomycota* (*Chytridiomycota*), *Zygomycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota*.

Otra clasificación, es dividirlos en: hongos verdaderos o perfectos, cuya característica es que presentan etapas de reproducción sexual y asexual en su ciclo de vida; y hongos imperfectos, sólo se reproducen asexualmente durante toda su vida.

Finalmente, mencionamos una clasificación simple de los hongos:

- Inferiores o cenocíticos: *Myxomycota*, *Chytridiomycota*, *Oomycota* y *Zygomycota*.
- Superiores o septados: *Ascomycota*, *Basidiomycota* y *Deuteromycota*.

De esta clasificación, los *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Basidiomycota* y *Deuteromycota* poseen importancia médica.

Patologías

Las primeras patologías por hongos que se estudiaron fueron las tiñas, en el campo de la dermatología; sin embargo, en los últimos años, la incidencia de las infecciones por hongos intrahospitalarias por hongos oportunistas, en pacientes inmunodeprimidos e inmunocomprometidos, ha puesto a las infecciones fúngicas o micosis en un nuevo e importante panorama médico.

Entre los mecanismos de infección por hongos están la transmisión entre humanos por uso de objetos en común como sábanas, peines, toallas, calzado, ropa interior mal lavada, instrumentos de manicura y pedicura; transmisión animal a humano a través de las especies zoofílicas que habitan la piel, pelo y uñas de animales y son capaces de parasitar al hombre; endógena, cuando los saprófitos se tornan patógenos en un paciente con problemas en el sistema inmune. Para que un organismo fúngico logre infectar a un ser humano, no sólo los mecanismos de transmisión son importantes, también las siguientes determinantes:

- Referentes al hospedero: enfermedades latentes, defensas, edad, sexo, ocupación, tratamientos hormonales, grupo sanguíneo y antígenos de histocompatibilidad.
- Referentes al parásito: Micotoxinas, enzimas, dimorfismo, diferencias de cepas, adherencia, tamaño, componentes de la pared celular.
- Referentes al ambiente: tipo de suelo y vegetación, humedad, temperatura, viento, zoonosis.

Si consideramos las edades de los pacientes, los niños son más afectados por las tiñas, los jóvenes por la pitiriasis y las candidiasis, los adultos mayores por las tiñas y toda la población está expuesta con los de tipo oportunista. Existen algunos reportes de que hay cierta predisposición por la raza, como en el caso de la coccidiomicosis en Filipinas y en los descendientes asiáticos afroamericanos, o las tiñas concéntricas de Guatemala.

Cuando un hongo ya ha pasado la barrera de defensa del sistema inmune, y parafraseando a Estrada y Ramírez (2019), se puede decir que produce enfermedades bajo tres mecanismos principales:

- Inducción de respuestas inmunitarias. Se pueden producir reacciones de hipersensibilidad por la exposición a los hongos, y ello conduce a las alergias.
- Producción y acción de micotoxinas. Las micotoxinas son exotoxinas, entre las cuales están las aflatoxinas, y si estas están presentes en granos con que se alimenta a las aves, pueden inducirles tumores.
- Infecciones. Que pueden variar entre inocuas o graves. Llevan el nombre del hongo que las causa (Candidiasis por *Cándida albicans*) o por la región o parte corporal que infectan (onicomicosis de raíces griegas *onyx*-uña y *myke*-hongo)

A continuación, se resumen algunas micosis de importancia médica y el hongo que las causa.

1. Micosis de distribución Universal.

- a) Histoplasmosis. También llamada Enfermedad de Darling, enfermedad de las cavernas. Producida por el agente dimórfico *Histoplasma capsulatum* variedad *capsulatum* el cual posee cierta afinidad por el sistema reticuloendotelial. También clasificada como micosis profunda. Se desencadena por exposición pasiva a suelos ricos en excretas de aves y guano de murciélagos, cuando se hace limpieza a las aves de corral o edificios antiguos, remoción de tierra, visita a cuevas donde habitan murciélagos. Afecta más a hombres que a mujeres en relación 6:1, no hay edad específica en pacientes, pero es más severa en niños, adultos mayores y personas con VIH. Ataca los pulmones de manera progresiva o puede presentarse en forma cutánea crónica.
- b) Coccidiomicosis. Causada por los dimórficos ascomicetos *Coccidioides immitis* y *C. posadasii* habitantes del suelo de zonas endémicas semiáridas del continente americano. Se le considera además una micosis profunda. Afecta a los pulmones y se disemina por sangre hacia las meninges, huesos, articulaciones, piel y tejidos blandos; en México recibe el nombre de “Fiebre del Valle”.
- c) Micetoma. También se le conoce como pie de Madura o maduromicosis. El principal agente etiológico en México es la bacteria *Nocardia brasiliensis*, y los hongos filamentosos *Madurella grisea* y *M. mycetomatis*. Aparece en ambientes tropicales y subtropicales caracterizados por estaciones lluviosas breves y largas estaciones secas, se ha reportado como endémica en todos los continentes. Se adquiere probablemente por inoculación traumática o punzante, generalmente del pie, pero también puede afectar cualquier parte del cuerpo causando pérdida de la función. Suele afectar a hombres de entre 15 y 30 años de países en vías de desarrollo trabajadores del campo como peones o pastores, así como amas de casa del campo. Los estados con mas casos reportados en 2012 por la Gaceta Médica de México fueron Jalisco, Morelos, Nuevo León, Guerrero, Veracruz y Michoacán.
- d) Cromomicosis. También conocida como micosis de Carrión, enfermedad de Pedroso y Lane, blastomicosis negra o dermatitis verrugosa cromomycótica. Micosis profunda progresiva y crónica, producida por hongos pigmentados saprófitos de suelo, plantas, flores y madera de la familia Dematiace, clase *Hyphomycetes*, y las principales especies *Fonsecaea pedrosoi*, *F. compactum*, *Cladophialophora carrionii*, *Phialophora verrucosa* y *Rhinocladiella aquaspersa*. Predomina en clima tropical y subtropical. Abunda en México como una micosis subcutánea afectando principalmente extremidades inferiores y siendo la forma verrugosa la más frecuente, en los estados de Sinaloa, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco y Campeche. Afecta especialmente a campesinos que caminan descalzos, en edades de entre 30 y 60 años. Afecta piel de manos y piel y tejidos subcutáneos, en forma de nódulos, verrugosidades y atrofia de evolución crónica. En personas inmunosuprimidas se puede diseminar por vía linfática y estructuras óseas.

Lipofílico

Que disuelve grasas o las absorbe, que tiene afinidad por los lípidos.

Mácula

Lesión cutánea que consiste en la alteración circundante de diferente color al tejido normal que la rodea.

2. Micosis superficiales. Incluyen a las que están limitadas a piel, pelo uñas y/o mucosas. Son infecciones frecuentes y se observan en todos los grupos de edad.

- a) Pityriasis versicolor. Agente etiológico son las levaduras del género *Malassezia* (antes *Pityosporum*) *M. globosa*, *M. sympodialis* y *M. furfur*. Hongo **lipofílico** que provoca múltiples lesiones **maculosas** híper o hipo pigmentadas, con descamación fina, localizadas en tronco y miembros. Se ha encontrado en todo tipo de edades, con máxima incidencia por igual en hombres y mujeres de entre 15 y 25 años, porque a esa edad la piel posee mayor secreción sebácea en las áreas de la piel y cuero cabelludo. Este hongo es flora normal, pero ataca al hombre cuando se modifica el pH, por calor o humedad.
- b) Tiña negra. También llamada tiña palmar, queratomicosis nigricans, microsporiasis nigra, causada por *Phaeoannellomyces werneckii* (*Exophiala werneckii*) levaduriforme habitante del suelo, detritus vegetal y madera. La infección se produce por inoculación debida a traumatismo con material contaminado. Se presenta como una mácula hiperpigmentada de color café oscuro o negro asintomática crónica, que normalmente se localiza en la palma de la mano, planta del pie, brazos, cuello y tronco. Posee una distribución mundial, con mayor incidencia en Sudamérica, India y costas de África. Su incidencia es mayor en mujeres en proporción 4:1, siendo la edad con mayor prevalencia es menores de 18 años.
- c) Piedra blanca. También llamada *Trichosporosis* nodosa o piedra alba. La causa el hongo levaduriforme *Trichosporum beigeli* que se ha aislado del suelo y vegetales y como parte de la flora normal cutánea. Es una micosis superficial crónica de la cutícula del pelo, caracterizada por un nódulo de color claro alrededor del folículo del pelo del cuero cabelludo, barba, axila y pubis. Frecuente en climas secos de América del sur, Europa central, Inglaterra y Japón. Está relacionada a las condiciones de mala higiene y humedad. Frecuente en adultos jóvenes de entre 18 y 35 años sin distinción de sexo.

3. Micosis subcutáneas. Infecciones producidas por hongos saprófitos adquiridos por inoculación directa en piel posterior a un trauma con material contaminado por el hongo, y su localización es limitada al tejido de la dermis y subcutáneo, aunque pueden extenderse a la epidermis o aún mas profundo, alcanzando huesos y diseminación en todo el cuerpo del huésped.

- a) Esporotricosis. También llamada enfermedad por pinchazo de rosa. Causada por saprófito dimórfico *Sporothrix schenckii* cuyo hábitat es el suelo y material de desecho de animales, así como vegetal fresco y seco en su forma filamentosa, pero como habitante parásito del cuerpo humano se presenta como levadura. Posee distribución mundial, pero común en regiones tropicales y subtropicales de América central y Sudamérica con alta humedad y una temperatura de 15 a 25°C. Se considera enfermedad ocupacional de campesinos, agricultores y jardineros, indistinto del sexo. Las edades en que más se presenta son entre los 16 y 35 años. Se caracteriza por nódulos o gomas que dan lugar a lesiones verrugosas, de evolución subaguda o crónica. En escasas ocasiones es extracutánea o sistémica,

- b) Lobomycosis. También llamada Blastomycosis queloideana, Lepra de Caiabi, micosis queloidiforme, lacaziosis, enfermedad de Jorge Lobo. Agente etiológico *Lacazia loboi*. Localizada en regiones selváticas y semiselváticas, húmedas, lluviosas y con temperaturas de 24°C. Es una infección profunda y crónica de la dermis, que puede afectar cualquier parte del cuerpo observada como una lesión nodular de tipo queloide, verrucosas que pueden ulcerarse y llevar a comprometer al sistema linfático. La edad de mayor incidencia es entre los 20 y 40 años, trabajadores agrícolas principalmente, con relación 10:1 respecto al sexo masculino.

4. Micosis profundas o sistémicas:

- a) Paracoccidiomycosis PCM. Los hongos que la causan pertenecen al género *Paracoccidioides*, *P. brasiliensis*, *P. americana*, *P. restrepiensis*, *P. venezuelensis* y *P. lutzii*. Es endémica de Latinoamérica y frecuentes entre los mexicanos. Habita en el suelo de zonas subtropicales húmedas donde forma conidios infecciosos, que son esporas asexuales producidas en la hifa o en una célula conidiógena (que origina conidios) o esporógena (que produce esporas). La enfermedad ocurre cuando se inhalan dichos conidios aerosolizados. Es más común en hombres que trabajan en el campo, que en mujeres dedicadas a la misma actividad. La infección primaria puede ser asintomática o con cuadro respiratorio leve, pero si no se controla por el sistema inmune, puede progresar a una enfermedad crónica del pulmón o diseminarse. Generalmente la forma aguda y subaguda se da en niños, adolescentes y personas inmunocomprometidas. La forma crónica progresiva se observa en adultos.
- b) Blastomycosis. También llamada enfermedad de Chicago o enfermedad de Gilchrist. El agente etiológico es el hongo dimorfo saprófito *Blastomyces dermatitidis* habitante de suelos húmedos y materia orgánica en descomposición, como hojas y madera. Se ha observado generalmente en Estados Unidos en regiones que rodean a los valles de río Ohio, Misisipi, Los Grandes Lagos y río San Lorenzo, y en menor incidencia en Canadá. Se adquiere por inhalación de las esporas y origina una infección primaria pulmonar que puede pasar desapercibida, pero si tienen el sistema inmune débil puede tornarse grave propagándose de los pulmones a otros órganos. Predomina en varones con proporción de 9:1, y se puede presentar a cualquier edad, con predominio de 30 a 60 años. No excluye raza, puede presentarse en zonas rurales o urbanas, aunque se han mencionado más casos en agricultores y cazadores, trabajadores de la construcción o excursionistas.

- 5. Micosis oportunistas. Se producen cuando el sistema inmunológico no está trabajando normalmente, lo que tiene como consecuencia que hongos que son inocuos normalmente, tengan la capacidad de provocar una infección. También están en esta categoría hongos que por sí mismos son capaces de provocar infección, pero que, al encontrarse con un sistema inmune debilitado, aumentan su patogenicidad.

- a) Candidosis o Candidiasis. La provoca el hongo *Cándida albicans*. Es una de las infecciones fúngicas oportunistas más frecuentes y de diversas manifestaciones que atacan al hombre. Se presentan desde el nacimiento en localización cutánea (leves) o sistémica (severas casi mortales), o adquirida a lo largo de la vida en la piel (axilar, inguinal, pliegues abdominales, en el área del pañal, en las uñas) o de las mucosas (oral o algodoncillo, genital) o distribuida en todo el cuerpo (septicemia, meningitis, en tracto urinario). Su patogenicidad está asociada a su capacidad dimorfica de transformarse de la fase levadura a la fase de micelio o pseudomicelio, siendo esta última fundamental para la invadir las células de la epidermis (corneocitos).
- b) Criptococcosis. Conocida también como enfermedad de BusseBuschke, blastomycosis europea o torulopsis. Agente causal la levadura capsulada *Cryptococcus neoformans*. Se adquiere por vía respiratoria siendo su forma pulmonar la que más abunda en 90%; aunque puede afectar cualquier víscera, músculo, hueso, piel o mucosas, pero posee afinidad por el tejido del sistema nervioso central. La evolución puede ser aguda, subaguda o crónica. Posee una distribución mundial. Pero posee un alto porcentaje de incidencia (el cuarto lugar) en los pacientes con VIH e individuos con otras patologías como linfoma de Hodgkin, leucemia o diabetes. Más frecuente en edades entre 30 y 60 años, con predilección por el sexo masculino.
- c) Mucormicosis. También llamada Hifomicosis destruens o saprolegniasis. Causada por hongos Zygomycetos del orden de los *Mucorales*, asociada con inmunosupresión y de curso agresivo y mortal. Se adquiere por vía respiratoria a través de esporas que se encuentran en el ambiente. La infección puede dividirse en varios tipos, dependiendo el lugar donde se localice: rinocerebral (por extenderse desde la rinofaringe o por diseminación por sangre), cutánea (personas con diabetes descontrolada, leucemia o cáncer) y pulmonar entre otras. Es de distribución mundial y se presenta sin distinción en ambos sexos, primordialmente en adultos jóvenes.
- d) Aspergilosis. Provocada por hongos filamentosos del género *Aspergillus*: *A. fumigatus*, *A. Flavus*, *A. nidulans*, *A. niger*, *A. ochraceus* y *A. terreus* que están presentes normalmente en la naturaleza y medio ambiente, pues son saprófitos del suelo, vegetales en descomposición, materia orgánica, paredes, ropa vieja, alimentos enlatados abiertos, paredes de refrigeradores, sistemas de ventilación, etc. La vía de entrada es inhalatoria (conidios) y puede provocar diversas patologías aspergilosas como la pulmonar alérgica (campesinos que trabajan con semillas o granos), pulmonar por colonización (aspergiloma, hongo que crece como masa en pulmones), pulmonar invasiva, diseminada, endocarditis y del SNC; es la infección más frecuente reportada en individuos inmunodeprimidos y responsable de una alta mortalidad en ellos. Posee una distribución mundial y afecta a personas de cualquier edad o sexo. También está clasificada como micosis sistémica o profunda.

- e) Neumocistosis o Pneumocistosis. El agente es el hongo *Pneumocystis jirovecii* (antes *P. carinii*) que parasita el sistema respiratorio del ser humano, generalmente niños y personas inmunocomprometidas. La puerta de entrada es vía inhalatoria. Produce neumonía intersticial en pacientes con VIH. Parasita el tejido alveolar produciendo quistes con esporas, que se puede diseminar a ganglios, bazo, hígado, huesos, glándulas suprarrenales, aparatos digestivo y urinario. De distribución mundial. Se ha encontrado que se puede contagiar por contacto con personas enfermas o a través del ambiente contaminado por pacientes enfermos.

Técnicas de cultivo en el laboratorio

En lo que respecta al cultivo de especies fúngicas de importancia médica, éste representa un gran reto, si se compara con la identificación de los virus, bacterias y parásitos. Las micosis sistémicas son una amenaza para la salud pública, la gran diversidad morfológica de los hongos sumado a su capacidad potente de volverse patógenos en personas con problemas en el sistema inmune, lo convierte en una tarea bastante compleja y sobre todo con desafíos cambiantes a lo largo del tiempo.

El cultivo comienza con la obtención de la muestra, que es todo un reto, pues los hongos no siempre se encuentran en la sangre o fluidos corporales en cantidades suficientes para una muestra, excepto por los que están expuestos en la dermis. En sangre, es más común encontrar a los hongos en los elementos sanguíneos, como suero, por ejemplo, que en la sangre completa. La muestra de esputo no es estéril, puede contener al hongo que infecta, pero también a otros que son inocuos para el paciente, y un largo etcétera de complicaciones para obtener una cantidad suficiente de muestra biológica para analizar, que puede provenir de escamas, cabellos, exudado de mucosas, pus, líquido cefalorraquídeo, líquido pleural, orina, heces, expectoración, sangre, tejidos u órganos.

Para poder cultivarse, el hongo en estudio, debe ser aislado de otros microorganismos y para ello se realizan procedimientos adicionales, por ejemplo, en el caso de aislar levaduras, a la muestra se le adicionan antibióticos como penicilina y estreptomycinina o utilizar medios que contengan cloranfenicol; en el caso de hongos filamentosos, es necesario eliminar las bacterias saprófitas, y esto se realiza colocando la muestra en un líquido especial (Raulín) que tiene un pH tan ácido que mata a las bacterias, sin afectar al hongo; para eliminar hongos saprófitos indeseables de los cultivos, éstos se incuban a 30-37°C pues éstos crecen con lentitud a esas temperaturas; y en el caso de desear la purificación del cultivo de hongos patógenos, basta con adicionar los medios con sangre o vitaminas.

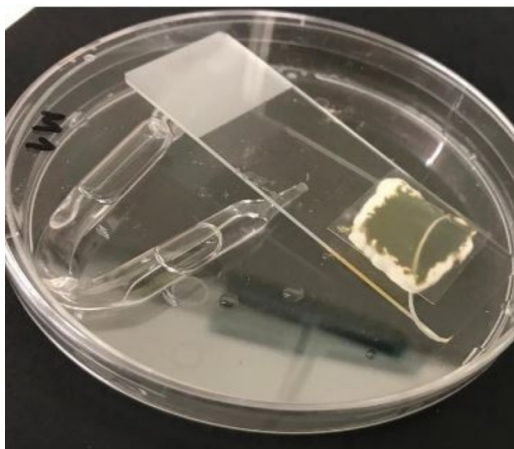
Los medios de cultivo, por su composición pueden ser:

- Naturales. Contienen principalmente en su fórmula leche, huevo, cereales, levadura de cerveza, algunos ejemplos son medio papa-zanahoria (estimula la producción de clamidosporas en *C. albicans* y de **peritecios** en *N. rosatii* y *A. boydii*; medio de conservación y medio de arroz que se utilizan para evitar el pleomorfismo en dermatofitos; medio papa-zanahoria-bilis de buey y agar harina de maíz, estimulan el crecimiento de clamidosporas en *C. Albicans*.

Peritecios

Estructura sexual productora de ascosporas, con forma esférica o de botella, cerrada con un poro en la parte superior. Común en la división Ascomycota.

Figura 1.26.
Representación de un microcultivo.



Nota. Adaptado de *Tipos de microscopio y usos principales. Microscopios electrónicos [Fotografía]*, por Marketing & Business, 2022 (<https://lc.cx/Rx4dct>). Obra de Dominio Público.

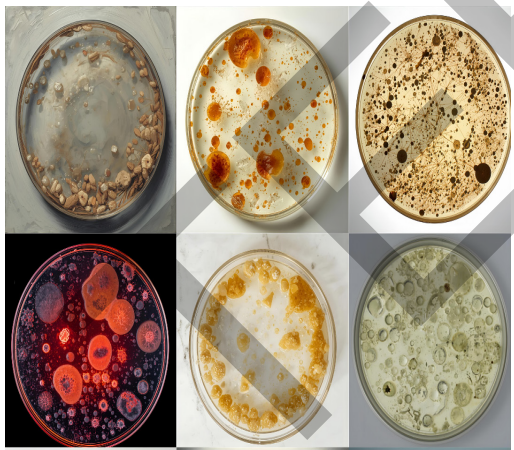
- Los semi sintéticos, como el *Saboraud*, proporcionan carbono y nitrógeno; Medio *Czapek*, medio sabouraud con aceite de oliva, medio con ácido oleico y vitamina A (los dos últimos para la especie lipofílica *Malassezia*).
- Los sintéticos que poseen una fórmula establecida y generalmente usados en investigación.

Medios de cultivo naturales contienen principalmente en su fórmula leche, huevo, cereales, levadura de cerveza y los semi sintéticos, como el *Saboraud*, proporcionan carbono y nitrógeno.

Posterior a la toma de muestra, el cultivo fúngico clásico, puede realizarse a través de diversas técnicas que a continuación se mencionan en Arenas (2008).

1. Cultivo en lámina o microcultivo. Permite observar estructuras fúngicas in situ: talo, esporas asexuadas y aparato conidiógeno, esporas sexuadas y estructuras donde se forman. Se monta un dispositivo como el de la figura 1.26, se siembra en el centro un fragmento del cultivo y se incuba. Posterior al desarrollo del cultivo, se quita el exceso de medio y se coloca una gota de azul de lactofenol, se cubre con una lamina, se sella y se examina al microscopio.
2. Cultivo sobre cabello o método de anzuelo. En una caja Petri, se deposita tierra húmeda y se colocan algunos cabellos. La técnica permite aislar dermatofitos del suelo y estudiar sus formas sexuales.
3. Ataque del pelo *in vitro*, para identificar órganos perforadores. Se despositan pequeños fragmentos de 1 cm de pelo rubio o de niño; se siembra el hongo a estudiar. Se analizan periódicamente los cabellos con colorante azul de lactofenol. Si hay órganos perforadores, se observan como digitaciones perpendiculares a su eje. Técnica útil para dermatofitos como *Trichophyton mentagrophytes*.
4. Métodos de asimilación de nutrientes. Crecimiento selectivo sobre un medio sintético básico al cual se agregan diferentes azúcares o alcoholes, peptona, asparagina, urea, sulfato amónico, nitrato de potasio o aminoácidos diversos, para identificar el crecimiento selectivo de una levadura teniendo a su alcance todos los nutrientes necesarios para su desarrollo.

Figura 1.27
Hogos Cultivados en placa o caja Petri.



Nota. Elaboración propia por Canva.

- a) Auxonograma. Asimilación de alimentos con carbono o nitrógeno. Medios de cultivo utilizados: *Lodder* modificado o *Lodder y Bastide*, entre otros.
- b) Zimograma. Fermentación de azúcares. Medios de cultivo utilizados: Medio de *MarcelouKinti*.

Cuando se tiene el cultivo de un hongo, se estudian sus características macro y microscópicas, así como las fisiológicas para identificar el género y la especie; para ello se prefiere utilizar medio glucosado de *Sabouraud* para estudiar y comparar características estándar en mismas condiciones de humedad y temperatura (Arenas, 2008).

Además del cultivo, la inoculación experimental, con uso más en investigación que de diagnóstico, también es otra forma de cultivar microorganismos fúngicos. Se utilizan conejos, ratas, ratones, cobayos y hámsteres, con inoculación vías subcutánea, intravenosa, intraperitoneal, intratesticular e intracraneal. La observación de una lesión en el sitio inoculado asegura la patogenicidad del agente. Si el animal no muere, se sacrifica y se le practica una necropsia para obtener el cultivo del hongo inoculado (retrocultivo) y algunos órganos del animal se utilizan para estudio histopatológico.

Aplico lo aprendido

Realiza las actividades que se te piden a continuación.

1. Elabora un cuadro sinóptico de las clasificaciones de los hongos.
2. Elige una clasificación de micosis y elabora un mapa mental.
3. Elabora un organizador gráfico con la información sobre los medios de cultivo para hongos, sus usos, características e importancia del cultivo en hongos.
4. Intercambia tu cuadro sinóptico, tu organizador gráfico y tu mapa mental con tres de tus compañeros y retroaliméntense.

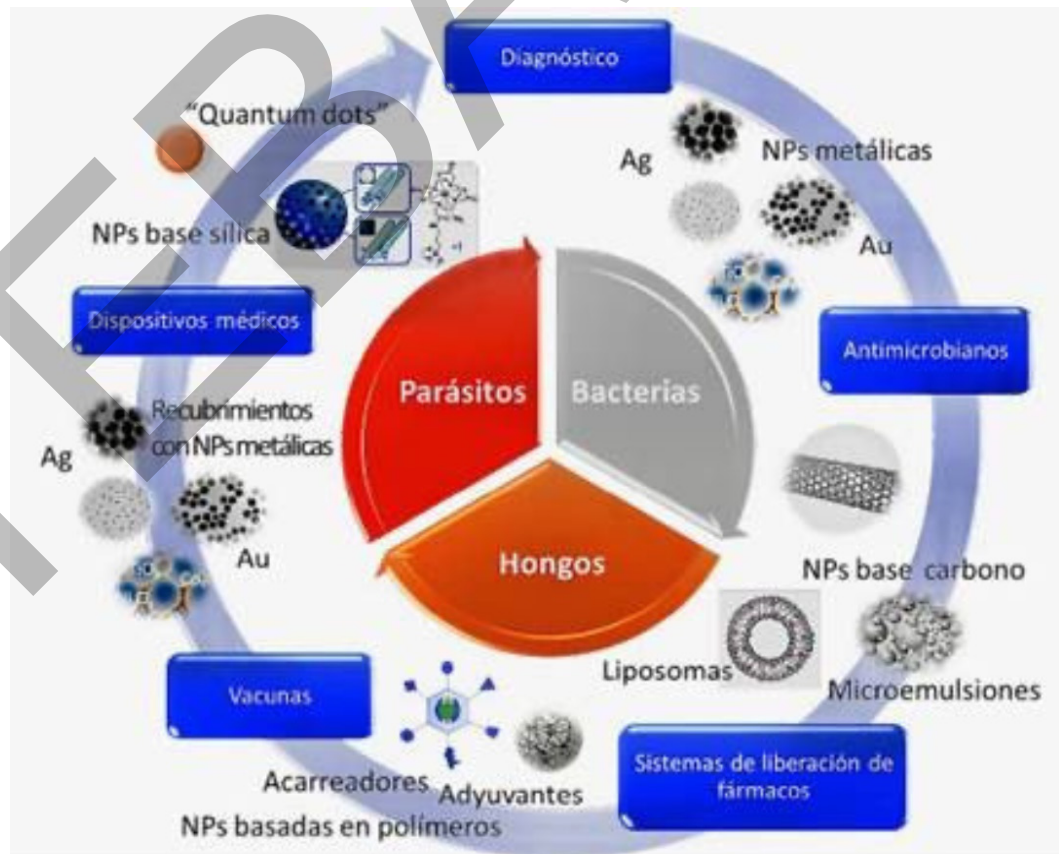
Has analizado hasta el momento todos los agentes patógenos para el ser humano, sus características, formas de infectar y los métodos de cultivo para estudiarlos. Todo lo expuesto aquí sólo es una pequeña parte de las técnicas de análisis, cultivo e investigación que se puede realizar para estudiarlos. Entre otras técnicas que se utilizan y que se basan en análisis más específicos, se encuentran los métodos de inmunodiagnóstico, como la detección de antígenos o de anticuerpos con técnicas de ELISA o ensayos directos de anticuerpos fluorescentes (DFA); y los métodos moleculares como Western Blot, Radioetiquetado de DNA, PCR (reacción en cadena de la polimerasa), PCR-RT (reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real), entre otros.

Es importante señalar que, en 2019, la Secretaría de Salud, a través de la Dirección General de Epidemiología (DGE) y el SUIVE reportan las 20 principales causas de enfermedad en el Estado de Veracruz por fuente de notificación y por grupo de edad, dentro de las cuales figuran diversas infecciones por microorganismos y enfermedades parasitarias y eso nos hace reflexionar sobre las acciones de hábitos de higiene y salubridad, así como el cuidado de la salud que debemos considerar para que éstos índices cambien a una mejor perspectiva.

Si bien es cierto que dichas infecciones o enfermedades se pueden combatir con medicamentos que ha costado el sacrificio de muchas vidas, las nuevas tecnologías, entre ellas, la nanotecnología ha puesto en marcha investigaciones sobre nanomateriales (dimensiones de entre 1 y 100 nanómetros) para combatir enfermedades por bacterias, protozoarios y hongos de una manera más eficaz y oportuna.

Por ejemplo, se utilizan como acarreadores de fármacos, microbicidas de metales especialmente plata, acarreadores y coadyuvantes en vacunas, etc., lo que mejora enormemente la calidad y esperanza de vida en pacientes infectados y que ya no responden a los tratamientos convencionales para erradicar las infecciones (figura 1.28).

Figura 1.28
Nanotecnologías aplicadas al tratamiento de infecciones por agentes patógenos.



Nota. Adaptado de *Revista Ciclo de bacteriología* [Fotografía], por Scielo, 2021 (<https://scielo.or.mx/revistas/mn>). Obra de Dominio Público.

Gracias a los grandes esfuerzos que realizan los países por erradicar estas infecciones junto con la OPS, ésta ha proyectado la eliminación de algunas enfermedades infecciosas en Latinoamérica para el 2030 (figura 1.29).

Figura 1.29
Enfermedades infecciosas candidatas a eliminación para el 2030 por la OPS.



Nota. Adaptado de *Revista Ciclo de enfermedades 2030* [Fotografía], por Scielo, 2023 (<https://scielo.or.mx/revistas/jm-2448/v11n>).
Obra de Dominio Público.