



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

**ENFERMEDADES
INFECCIOSAS: CUANDO LOS
MICROORGANISMOS PONEN
EN RIESGO A LA SALUD**

Alumno/a: Simón Fernández, Simón

Tutor/a: D.^a Marta Romero Ariza

Dpto: Didáctica de las Ciencias Experimentales

Junio, 2020

Antes de comenzar con la lectura de este Trabajo de Fin de Máster (TFM) debemos tener en cuenta algunas consideraciones:

- La unidad didáctica desarrollada en este TFM se ha elaborado durante el curso académico 2019/2020, el cual ha estado marcado por la crisis sanitaria a causa de la pandemia del coronavirus. En educación, una de las grandes consecuencias de esta pandemia ha sido el cierre de los centros educativos y la adaptación de las clases a la modalidad telemática. La presente unidad didáctica se ha elaborado suponiendo que no se hubiesen cerrado los centros educativos. No obstante, ante la situación imperante y dado que los contenidos tratados en la unidad didáctica lo permiten, se ha utilizado el coronavirus como recurso didáctico en algunas de las sesiones en las que se divide el desarrollo de la unidad didáctica.
- De acuerdo con las recomendaciones de la Real Academia Española de la Lengua, a lo largo del TFM se hace un uso genérico del masculino sin connotaciones sexistas (ver <http://www.rae.es/consultas/los-ciudadanos-y-las-ciudadanas-los-ninos-y-las-ninas> y <http://www.rae.es/noticias/el-pleno-de-la-rae-suscribe-un-informe-del-academico-ignacio-bosque-sobre-sexismo>).
- Las citas en el texto, tablas, figuras y referencias bibliográficas están adaptadas a la 7ª edición de las normas APA (ver <https://normas-apa.org/>).

ÍNDICE

RESUMEN	4
PALABRAS CLAVE	4
ABSTRACT.....	5
KEYWORDS.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA.....	7
2.1. ANTECEDENTES DEL BINOMIO SALUD-ENFERMEDAD, LA MICROBIOLOGÍA Y LA INMUNOLOGÍA	7
2.1.1. <i>Evolución histórica de la concepción de salud y enfermedad</i>	8
2.1.2. <i>De “animálculos” a microorganismos: el desarrollo de la microbiología</i>	11
2.1.3. <i>El papel de los microorganismos en la enfermedad</i>	20
2.1.4. <i>De la mano con la enfermedad: el nacimiento de la inmunología</i>	22
2.2. DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS.....	25
2.2.1. <i>Microbiología y salud: enfermedades infecciosas</i>	25
2.2.2. <i>Agentes infecciosos más comunes: características principales y patologías asociadas</i>	26
2.2.2.1. Virus.....	26
2.2.2.2. Bacterias	32
2.2.2.3. Protozoos.....	39
2.2.2.4. Hongos.....	43
2.2.3. <i>Mecanismos de defensa del organismo</i>	46
2.2.3.1. Inmunidad innata	47
2.2.3.2. Inmunidad adaptativa	49
3. FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA	52
3.1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN (TIC) EN EDUCACIÓN.....	52
3.2. ANÁLISIS DE IDEAS PREVIAS	54
3.3. APRENDIZAJE O TRABAJO COOPERATIVO	55
3.4. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y NOTICIAS FALSAS	57
4. PROYECCIÓN DIDÁCTICA.....	58
4.1. LEGISLACIÓN EDUCATIVA DE REFERENCIA	58
4.2. JUSTIFICACIÓN	59
4.3. CONTEXTUALIZACIÓN	60
4.3.1. <i>Contextualización del centro escolar</i>	60
4.3.2. <i>Contextualización del aula</i>	61
4.3.3. <i>Contextualización de la unidad didáctica</i>	62
4.4. OBJETIVOS.....	64
4.4.1. <i>Objetivos de etapa</i>	64
4.4.2. <i>Objetivos generales de la materia de Cultura Científica</i>	65
4.4.3. <i>Objetivos específicos de la unidad didáctica</i>	66
4.5. CONTENIDOS.....	67
4.6. METODOLOGÍA.....	68
4.6.1. <i>Sesión 1</i>	70
4.6.2. <i>Sesión 2</i>	71
4.6.3. <i>Sesiones 3, 4 y 5</i>	72
4.6.4. <i>Sesión 6</i>	73
4.6.5. <i>Sesión 7</i>	73
4.6.6. <i>Sesión 8</i>	74
4.7. COMPETENCIAS CLAVE	74
4.8. EVALUACIÓN	77
4.8.1. <i>Relación entre los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables</i>	77
4.8.2. <i>Procedimientos, técnicas e instrumentos de evaluación</i>	79

4.8.3. <i>Recuperación de la unidad didáctica</i>	80
4.9. ELEMENTOS TRANSVERSALES	81
4.10. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD	83
5. CONCLUSIONES	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO I	94
ANEXO II	95
ANEXO III	97
ANEXO IV	99
ANEXO V	102
ANEXO VI	104
ANEXO VII	105
ANEXO VIII	107

RESUMEN

La salud es uno de los engranajes más importantes que mantienen el correcto funcionamiento de un organismo desde el momento en el que nace. Por ello, tener un buen estado de salud físico, mental y social es de vital importancia para sentirse bien con uno mismo y con la sociedad. No obstante, esto no siempre es posible.

Existen multitud de causas que pueden alterar la salud de un individuo, siendo las enfermedades infecciosas una de ellas. Conocer los agentes que las provocan y sus características es crucial, ya que así se pueden adoptar las medidas necesarias para su prevención y control y se pueden desarrollar métodos que nos ayuden a combatirlas.

Ante la necesidad de formar a las nuevas generaciones en estos aspectos, se ha desarrollado la presente unidad didáctica titulada “Enfermedades infecciosas: cuando los microorganismos ponen en riesgo a la salud”, destinada a alumnos de 4º ESO de la asignatura de Cultura Científica. En esta se trabajan temas relacionados con la salud, las enfermedades y los agentes infecciosos y la inmunología. Su desarrollo se hará a lo largo de ocho sesiones en las que se utilizarán varios recursos didácticos como las ideas previas, las TIC, el trabajo cooperativo y el análisis de noticias falsas, estas últimas como medio para alfabetizar científicamente al alumnado.

El desarrollo de la unidad didáctica no solo permitirá que los alumnos adquieran conocimientos relativos a los temas tratados, sino que ayudará a alcanzar otros resultados de aprendizaje interesantes a través de metodologías didácticas alternativas, entre ellos, la interdependencia positiva y el pensamiento científico.

PALABRAS CLAVE

Salud, enfermedades infecciosas, ideas previas, trabajo cooperativo, noticias falsas, alfabetización científica.

ABSTRACT

Health is one of the most important gears that keep the correct functioning of an organism from the moment it is born. Therefore, having a good state of physical, mental and social health is vital to feel good about yourself and with society. However, this is not always possible.

There are many causes that can alter an individual's health and infectious diseases is one of them. Knowing the agents that cause the diseases and their characteristics is crucial to adopt the necessary measures for their prevention and control and to develop methods that help us to combat them.

Given the need to train new generations in these aspects, this Teaching Unit entitled "Infectious diseases: when microorganisms are at risk to health" has been developed for students in 4th course of Secondary Education in the subject of Scientific Culture. This covers topics related to health, diseases and infectious agents and immunology. Its development will take place over eight sessions in which various educational resources will be used, such as previous ideas, ICT, cooperative work and the analysis of false news as a means of scientifically literating students.

The development of the Didactic Unit will help students to acquire specific knowledge of the topics covered and to achieve other interesting learning outcomes derived from the application of alternative pedagogical approaches, among them, positive interdependence and scientific thinking.

KEYWORDS

Health, infectious diseases, previous ideas, cooperative work, fake news, scientific literacy.

1. INTRODUCCIÓN

En este Trabajo de Fin de Máster se ha desarrollado una unidad didáctica titulada “Enfermedades infecciosas: cuando los microorganismos ponen en riesgo a la salud”, la cual está enfocada al alumnado de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (4º ESO) de la asignatura de Cultura Científica. Concretamente, se encuadra dentro del “Bloque 4. Calidad de vida”, según lo dispuesto a nivel nacional en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre y en la Orden de 14 de julio de 2016 a nivel autonómico. El objetivo que se pretende alcanzar a través de la impartición de los contenidos es que los estudiantes adquieran conocimientos generales de microbiología, haciéndoles comprender las características básicas de los organismos objeto de estudio de esta ciencia y, más concretamente, de como pueden actuar como vehículos transmisores y productores de enfermedades. Así mismo, también se pondrá en conocimiento como funcionan los principales mecanismos de defensa que posee el organismo ante el ataque de agentes patógenos que supongan un riesgo para la salud. Todos estos contenidos, además de complementar a los que han sido abordados en cursos anteriores, servirán como base para adentrarse más profundamente en las ciencias de la microbiología y la inmunología de forma posterior.

Muchas de las enfermedades que sufrimos diariamente, así como en situaciones de emergencia, como la actual crisis sanitaria a causa del Covid-19, están causadas por microorganismos patógenos. Conocer las características de los microorganismos que las provocan y los mecanismos empleados para generar infección son de vital importancia. De esta manera, podremos adoptar medidas útiles de prevención que eviten una propagación mayor de la enfermedad, comprender por qué un antibiótico es ineficaz frente a una infección viral, o ser capaces de diferenciar entre una noticia verdadera y una falsa en los medios de comunicación, entre otras cosas. Por tanto, con los contenidos desarrollados en esta unidad didáctica también se pretende que los alumnos adquieran algunos conocimientos acerca de las Ciencias de la Salud, de cuestiones relacionadas con la salud pública y que comiencen a desarrollar el pensamiento y criterio científicos.

Gran parte del conocimiento que tenemos actualmente acerca de las enfermedades infecciosas, de los agentes infecciosos y de los mecanismos que utiliza el organismo para defenderse de estos, y que, a su vez, es el pilar fundamental que ha posibilitado el avance de la microbiología y la inmunología actuales, ha sido posible gracias a las aportaciones realizadas por multitud de científicos a lo largo de la historia, entre otras causas, en su empeño por encontrar una explicación ajena a causas sobrenaturales de la aparición de enfermedades.

En concordancia con lo descrito hasta ahora, en esta unidad didáctica se trabajarán contenidos relacionados con la salud, con las enfermedades y los agentes infecciosos, así como con la inmunología. Todo esto se desarrollará a lo largo de ocho sesiones en las que se hará uso de las TIC, las ideas previas, el aprendizaje cooperativo y las noticias falsas (estas últimas como medio de alfabetización científica del alumnado) como metodología didáctica.

Mediante la aplicación de las citadas técnicas, además de trabajarse los contenidos propios del temario y los conocimientos derivados de estos, se promoverá en los alumnos el desarrollo de otras destrezas ajenas a los contenidos. Con el uso de las TIC, los alumnos trabajarán la competencia digital y la comprensión lectora. A través de la actividad del rompecabezas, la técnica de aprendizaje cooperativo empleada en esta unidad didáctica, se promoverán, entre otras competencias, la interdependencia positiva, la comunicación lingüística, la gestión del tiempo y la adquisición de competencias cívicas y sociales. Mediante el análisis de noticias falsas, se trabajarán, principalmente, el pensamiento científico y el pensamiento crítico.

El trabajo realizado por los alumnos durante el desarrollo de las sesiones será evaluado de diferentes maneras. Para ello, se hará uso de cuestionarios y exámenes, aunque no serán los medios de evaluación más importantes ni con mayor peso. Las observaciones del profesor, la evaluación entre los alumnos, la entrega de actividades y la exposición de trabajos serán las principales vías que determinarán, en mayor parte, el esfuerzo realizado por los alumnos.

Para comprender la sociedad en la que vivimos, para tomar decisiones sobre nuestra salud y nuestra vida, debemos entender la ciencia. Esta unidad didáctica contribuye a ello a través de la adquisición de conocimientos de Ciencias de la Salud y otras competencias, no solo necesarias para la actividad científica, sino también para la vida en general.

2. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA

2.1. Antecedentes del binomio salud-enfermedad, la microbiología y la inmunología

El esclarecimiento de las causas que ocasionan la aparición de enfermedades siempre ha suscitado preocupación en el hombre. Muchas han sido las explicaciones dadas al respecto a lo largo de la historia, aunque no fue hasta la entrada de la Edad Moderna cuando se comenzó a establecer una causalidad natural de la enfermedad, entendiendo como natural todo aquello inherente a la vida.

Este proceso, entre otras razones, se hizo posible gracias al desarrollo de la microbiología y al descubrimiento de los microorganismos como agentes causales de enfermedades. De forma concomitante a los progresos realizados en el campo de la microbiología surgió la inmunología, que más tarde se consolidó como una ciencia especializada.

A continuación, se hace una revisión de los cambios que ha experimentado a lo largo de la historia el binomio salud-enfermedad, así como de los acontecimientos más relevantes que han posibilitado el desarrollo de la microbiología y la inmunología.

2.1.1. Evolución histórica de la concepción de salud y enfermedad

La salud, la enfermedad y la muerte han suscitado inquietud y temor en la humanidad desde tiempos remotos. Las primeras evidencias de ello datan de las civilizaciones prehistóricas, las cuales atribuían la aparición de dolencias a causas sobrenaturales, concretamente, a procesos mágico-religiosos (Lips-Castro, 2015).

Las culturas de Mesopotamia que existieron hace entre cuatro mil y cinco mil años son un ejemplo representativo de estas creencias. En ellas predominaba la idea de que las enfermedades eran enviadas por los dioses a todas aquellas personas que quebrantaran sus normas, o bien, como consecuencia de maleficios de brujas o demonios errantes. La única manera de recobrar la salud pasaba por restaurar la armonía con el dios ofendido, realizar exorcismos o rituales de magia, empleando uno o varios métodos en función de la forma en que se creyera que la persona cayó enferma (Vega-Franco, 2002).

En el antiguo Egipto también se observaban tendencias similares. Para los egipcios, la enfermedad y la muerte estaban encarnadas en objetos inanimados que representaban a seres vivos o a espíritus demoníacos. Atendiendo a la idea predominante en esta cultura, según la cual los hombres nacían a voluntad de los dioses a causa de la interacción de fuerzas materiales y espirituales, la salud quedaba relegada al correcto equilibrio existente entre ambas fuerzas. Por tanto, cualquier alteración de ese equilibrio suponía la aparición de un proceso patológico, siendo este más grave conforme mayor fuese la desestabilización generada entre las ya citadas fuerzas (Sendrail, 1983).

A pesar de la prevalencia sobrenatural de los orígenes de la enfermedad, fue en el seno de la civilización egipcia, con el surgimiento, hace unos cinco mil años, de la teoría de los residuos putrefactos, cuando se empezó a considerar que la enfermedad estaba ligada a causas naturales (Lips-Castro y Urenda-Arias, 2014).

Dicha teoría planteaba la existencia de una sustancia nociva denominada *wechdu* o *whdw*, que se generaba en el intestino grueso a causa de la descomposición de los alimentos. Desde ahí podía pasar a la sangre y producir la coagulación y supuración de esta, originando así numerosas enfermedades. No obstante, los egipcios daban por hecho que la descomposición intestinal era un proceso totalmente inevitable, pues los alimentos eran necesarios para mantener la vida (Lips-Castro, 2015).

La teoría de los residuos putrefactos se fue difundiendo, poco a poco, a otras civilizaciones. De especial importancia fue su llegada a la Grecia antigua, donde, bajo su influencia, grandes filósofos como Tales de Mileto (624-546 a.C.) y Anaximandro (611-546 a.C.) asentaron las bases para iniciar la transición hacia un enfoque natural y racional del mundo y, por ende, de los orígenes de la enfermedad. Posteriormente, Hipócrates (460-370 a.C.), influenciado por este contexto, estableció los cimientos que permitieron desarrollar una medicina técnica basada en la razón y en la experiencia (Lips-Castro y Urenda-Arias, 2014).

Siete siglos después del nacimiento de la doctrina hipocrática, durante el apogeo del Imperio Romano (siglo II d.C.), la etiología de la enfermedad volvió a ponerse en cuestión. Bajo la concepción naturalista que se había engendrado tiempo atrás, el universo fue nombrado artífice de las enfermedades humanas. Se extendió la creencia de que el universo era el administrador de todo y debía estar en armonía, aunque esa armonía dependiera de la salud o la vida de las personas. Por tanto, había que aceptar todo lo que sucediera por muy duro y desagradable que fuese, ya que así se contribuía a mantener la salud y el bienestar del universo (Vega-Franco, 2002).

Tras la caída del Imperio Romano se abandonó la concepción natural de la enfermedad, dando paso a una Edad Media que volvió a estar dominada por el influjo de la religión y la voluntad de los dioses (Quevedo, 1993).

Los postulados instaurados en la Edad Media, sin embargo, se vinieron abajo con la llegada de la Edad Moderna. Este hecho se vio favorecido por el auge de la ciencia, el desarrollo de varias disciplinas científicas y el creciente interés por el conocimiento del cuerpo humano. Además, gracias a la invención del microscopio y a otros avances científico-técnicos promovidos por la Revolución Industrial, se profundizó en los aspectos biológicos de la enfermedad (Vergara, 2007).

Entrados ya en la Edad Contemporánea, entre finales del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX, estudios llevados a cabo por médicos, economistas, filósofos y políticos pusieron de manifiesto que la salud estaba relacionada con factores como el tipo de vida, las condiciones de trabajo, la economía, la política y la sociedad (Vélez,

1990). Además, tras el nacimiento de la teoría microbiana en 1876, el medioambiente quedó también señalado como un factor limitante de la salud humana (Vergara, 2007).

El resto del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX estuvieron marcados por la realización de investigaciones en temas referentes a agentes infecciosos e inmunidad, los cuales posibilitaron el desarrollo multicausal de la epidemiología (Vergara, 2007). En adición, a lo largo del siglo XX se produjo también un refuerzo del vínculo entre la medicina y la biología, lo que hizo que aumentasen mucho los conocimientos acerca del sustrato material de la enfermedad. Así mismo, fueron descritos multitud de procesos que ocurren en los órganos, tejidos, células y componentes bioquímicos del organismo humano, tanto sano, como enfermo (Lips-Castro, 2015).

En base a los conocimientos que se habían ido construyendo hasta entonces, la Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió en 1948 la definición del concepto de salud: “La salud es un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. Esta concepción, a pesar de haber sido acuñada en el siglo pasado, sigue teniendo hoy en día gran importancia institucional, ya que sirve de base para que se cumplan las competencias de la OMS (Alcántara, 2008).

De manera más cercana a nuestros días cabe destacar las aportaciones que ha hecho la genética a la interpretación y al tratamiento de las enfermedades, así como los procesos de manipulación genética, muchos de los cuales están arrojando resultados prometedores (Lips-Castro, 2015).

Por último, hay que mencionar una tendencia que se está imponiendo de forma progresiva y que apunta hacia una comprensión multicausal del proceso salud-enfermedad: la perspectiva ecogenética de la enfermedad (Olden, 2009).

La ecogenética estudia las variaciones genéticas presentes en las respuestas emitidas por los organismos frente a diversos factores ambientales. El resultado es la aparición de vulnerabilidad genética ante un determinado factor ambiental. Por tanto, según esta perspectiva, las enfermedades son causadas por la interacción de la vulnerabilidad genética con el entorno (Tudose et al., 2005).

Es por ello por lo que, para la ecogenética, el análisis de la interacción entre los genes y el medio ambiente es un factor clave para comprender la aparición y el desarrollo de enfermedades, así como para tener cierto poder predictivo sobre los efectos terapéuticos y adversos que pudiesen presentar los fármacos empleados en el tratamiento de las patologías (Olden, 2009).

2.1.2. De “animálculos” a microorganismos: el desarrollo de la microbiología

Los aspectos prácticos y teóricos de la microbiología han necesitado bastante tiempo para fundamentarse y acoplarse entre sí de manera adecuada. Además, esta disciplina ha estado siempre supeditada al desarrollo y la mejora de los microscopios. Por ello, a pesar de que los primeros microorganismos se observaron en el siglo XVII, la microbiología no se consolidó como ciencia especializada hasta casi comienzos del siglo XX (Brock, 1961).

De acuerdo con el clásico esquema de Collard (1985), se pueden distinguir cuatro etapas en el desarrollo de la microbiología: en primer lugar, la etapa de la especulación, que se extiende desde la antigüedad hasta 1675; en segundo lugar, la era de la observación, desde 1675 hasta la segunda mitad del siglo XIX; en tercer lugar, la era del cultivo, que abarca el resto del siglo XIX y principios del siglo XX; y por último, desde comienzos del siglo XX hasta nuestros días, la era del estudio de los microorganismos en toda su complejidad (fisiológica, bioquímica, ecológica, etc.), etapa que supone la aparición de una amplia variedad de disciplinas microbiológicas especializadas y una estrecha conexión de la microbiología con el marco general de las Ciencias Biológicas.

Durante la era de la especulación, algunos investigadores como el filósofo romano Lucrecio (98-55 a.C.) o el médico Girolamo Fracastoro (1478-1533) propusieron que las enfermedades estaban causadas por criaturas vivas invisibles. Por tanto, incluso antes de llegar a saber de su existencia, se tenía ya la sospecha de que muchas enfermedades eran originadas por microorganismos (Prescott et al., 2004).

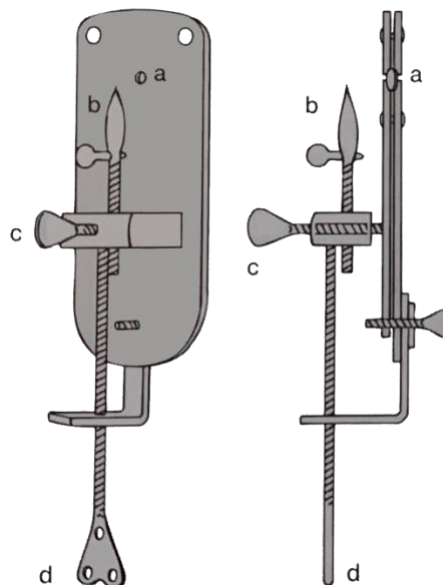
Fracastoro fue el principal impulsor de la idea de que existían enfermedades contagiosas que se transmitían de persona a persona. También sugirió que dichas enfermedades se propagaban a través de pequeñas partículas que podían recorrer largas distancias flotando en el aire. Esas partículas eran lo suficientemente pequeñas como para no poder ser vistas ni detectadas por otros sentidos, pero tenían la capacidad de asentarse en los tejidos, infectarlos e invadir zonas anexas, propagando así la infección (Wainwright, 2003). No obstante, a causa de las condiciones dominantes en la época, tanto esta hipótesis como otras que se propusieron no llegaron a fructificar (Collard, 1985).

Las primeras observaciones de microorganismos y, por ende, el inicio de la era de la observación, llegaron un siglo después de la muerte de Fracastoro, en 1675, de manos de Antony van Leeuwenhoek (1632-1723). Leeuwenhoek era un pañero y mercero de Delft (Holanda) y también un científico aficionado. Uno de sus mayores pasatiempos era la microscopía, de hecho, pasaba su tiempo libre construyendo microscopios sencillos compuestos por lentes de vidrio biconvexas, los cuales podían

aumentar entre cincuenta y trescientas veces el tamaño de los objetos (Figura 1) (Prescott et al., 2004). Leeuwenhoek observó con esos microscopios fluidos corporales, preparados de infusiones varias y otros muchos materiales (Schaechter, 2009), entre ellos y de gran importancia, las gotas de lluvia: “¡En el agua de lluvia hay unos bichitos!... ¡Nadan! ¡Dan vueltas! ¡Son mil veces más pequeños que cualquiera de los bichos que podemos ver a simple vista!” (Kruif, 2013). A esos bichitos se les pasó a denominar entonces como “animálculos”, término acuñado por Leeuwenhoek para referirse a lo que hoy conocemos como microorganismos (Schaechter, 2009).

Figura 1

Representación gráfica de un microscopio de Leeuwenhoek



Nota. (a) lentes; (b) aguja de montaje para la colocación de la muestra; (c y d) tornillos para enfocar. Adaptado de *Microbiología* (edición nº 5, p. 5), por L.M. Prescott et al., 2004, McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.

Todos estos descubrimientos fueron remitidos a través de cartas escritas por el propio Leeuwenhoek a la Royal Society de Londres. Gracias a las descripciones que hacía en ellas de sus “animálculos” se sabe que fue capaz de observar tanto bacterias como protozoos (Prescott et al., 2004).

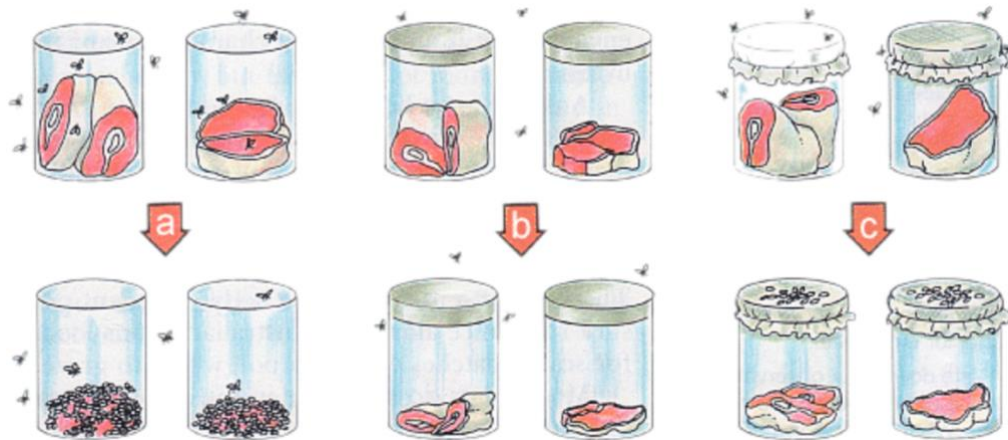
Hasta unos doscientos años después de los descubrimientos de Leeuwenhoek se siguieron haciendo observaciones de “animálculos”. Sin embargo, dichas observaciones quedaron solo en descripciones de lo visto, pues no se generó conocimiento acerca de las funciones que podrían desempeñar esos organismos (Collard, 1985).

No obstante, los hallazgos de Leeuwenhoek sí tuvieron una función relevante en la época, ya que reavivaron la teoría de la generación espontánea (Prescott et al., 2004). De acuerdo con esta teoría, los seres vivos se originaban a partir de la materia inerte. Se pensaba, por ejemplo, que podían surgir gusanos a partir de carne putrefacta o ratones a partir de granos de trigo (Schaechter, 2009).

Pocos años antes de los descubrimientos de Leeuwenhoek, la teoría de la generación espontánea había sido puesta en entredicho por algunos investigadores, entre ellos y de mayor relevancia, el médico y naturalista italiano Francesco Redi (1626-1697). En 1668, Redi demostró que los gusanos que crecían en la carne putrefacta procedían de huevos depositados por moscas y que no surgían, como hasta entonces se pensaba, por generación espontánea. Para ello, realizó el siguiente proceso experimental: en primer lugar, colocó varios trozos de carne de pescado en tarros, unos abiertos, otros tapados con una gasa y otros cerrados herméticamente; a continuación, dejó la carne en reposo dentro de los tarros durante varios días; finalmente, transcurrido el tiempo, Redi observó que la carne se había podrido en todos los tarros y que, aunque había larvas de mosca en las gasas empleadas para tapar algunos de los tarros, los gusanos solo habían proliferado en los tarros abiertos (Figura 2). En consecuencia, Redi dedujo que las moscas, atraídas por el olor de la carne, se habían dirigido a los tarros abiertos y a los tapados con gasa, pues eran los únicos que dejaban pasar el aire, aunque solo pudieron depositar los huevos en la carne de los frascos abiertos, ya que, en los otros, las gasas les impidieron el acceso (Schaechter, 2009). Este y otros experimentos similares terminaron por refutar la teoría de la generación espontánea para plantas y animales (Prescott et al., 2004).

Figura 2

Representación gráfica del experimento de Redi sobre la generación espontánea



Nota. (a) Tarros abiertos. (b) Tarros cerrados herméticamente. (c) Tarros tapados con una gasa. Tomado de “Experimento Redi”, por Colectivo07903, 2016 (<http://colectivo7903.blogspot.com/2016/05/experimento-redi.html>). Obra de Dominio Público.

A pesar de las evidencias aportadas en contra de la teoría de la generación espontánea en organismos superiores, no todos sus seguidores estaban dispuestos a dejarla en el olvido, de modo que la propusieron como mecanismo a partir del cual surgían los “animáculos”, resucitando así, de nuevo, la controversia (Schaechter, 2009).

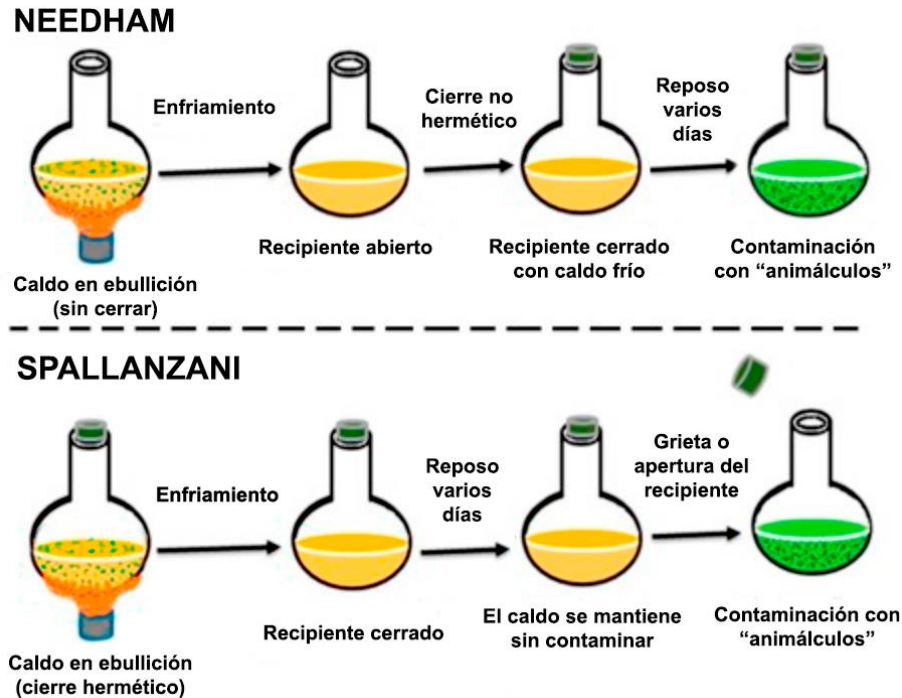
La teoría de la generación espontánea de los “animáculos” cobró mucha más fuerza en 1745 con los experimentos llevados a cabo por el sacerdote inglés John Needham (1713-1781). Tras calentar caldos de pollo y cereales, Needham vertió los caldos calientes en frascos, los dejó enfriar a temperatura ambiente y luego los cerró de forma no hermética. Al poco tiempo todos los caldos se enturbiaron, síntoma de que habían sido contaminados con microorganismos (Figura 3). Como resultado de estas experiencias, Needham afirmó que en el aire había una “fuerza vital” que hacía que los “animáculos” aparecieran espontáneamente en los líquidos (Tortora et al., 2007).

Veinte años después, el naturalista Lazzaro Spallanzani (1729-1799) rebatió esta idea. Spallanzani repitió los experimentos de Needham, pero primero cerró los recipientes herméticamente para impedir la entrada de aire y luego los calentó durante algo más de tiempo de lo que hizo Needham. Las infusiones tratadas de esta manera eran capaces de mantenerse estériles durante mucho tiempo. No obstante, aparecían “animáculos” si se producía una pequeña grieta en el recipiente o se abría (Figura 3). La conclusión que extrajo Spallanzani de estas experiencias fue que los “animáculos” se

encontraban en el aire y eran transportados por él, negando la existencia de cualquier “fuerza vital” generadora de “animálculos” (Stanier et al., 1992).

Figura 3

Representación gráfica de los experimentos de John Needham y Lazzaro Spallanzani



Nota. Adaptado de “EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO”, por Proenem, s.f. (<https://www.proenem.com.br/enem/biologia/evidencias-da-evolucao/>). Obra de Dominio Público.

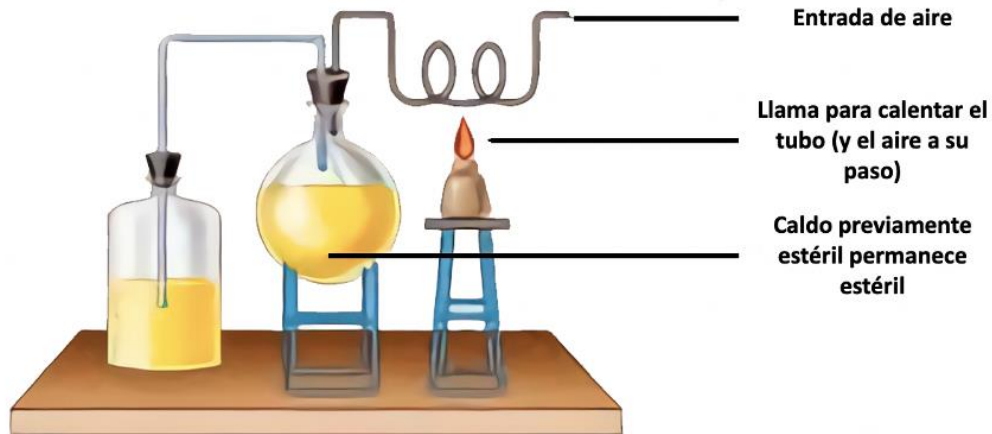
Las pruebas aportadas por Spallanzani, sin embargo, no fueron suficientes para desechar la supuesta “fuerza vital” contenida en el aire. De hecho, esta idea se reforzó aún más cuando Anton Laurent Lavoisier (1743-1794) demostró la importancia del oxígeno para la vida (Tortora et al., 2007). A la luz de este nuevo descubrimiento, los defensores de la generación espontánea afirmaron que el calentamiento de caldos orgánicos contenidos en recipientes herméticos evitaba la aparición de “animálculos” y la putrefacción de los caldos porque eliminaba el oxígeno del aire necesario para que tuviesen lugar estos procesos (Stanier et al., 1992).

Varios investigadores intentaron refutar este argumento. Franz Schulze (1815-1873) y Theodore Schwann (1810-1882) posibilitaron la entrada de aire a un matraz que contenía caldo estéril a través de un tubo incandescente. Como resultado, el caldo no se contaminó (Figura 4). Los defensores de la generación espontánea sostenían que al

calentar el tubo se había eliminado el oxígeno del aire que pasaba a través de él y, por tanto, la “fuerza vital” (Aneja, 2003).

Figura 4

Representación gráfica del experimento de Franz Schulze y Theodore Schwann



Nota. Adaptado de “TEMAS DE AYUDA BIOLOGÍA”, por DAVID PRECIAD, 2014. (<http://temasdeayudabiology.blogspot.com/2014/06/origen-de-la-vida-objetivos-entender.html>). Obra de Dominio Público.

Posteriormente, Georg Friedrich Schroeder (1810-1885) y Theodor von Dusch (1824-1890) repitieron el experimento de Schulze y Schwann, aunque en lugar de aplicar calor pusieron un algodón en la entrada del tubo por el que circulaba el aire hacia la solución estéril. El resultado obtenido fue el mismo que en el caso de Schulze y Schwann, ya que el caldo no se contaminó. En esta ocasión, los defensores de la generación espontánea alegaron que el algodón había impedido el paso de la “fuerza vital” del aire (Aneja, 2003).

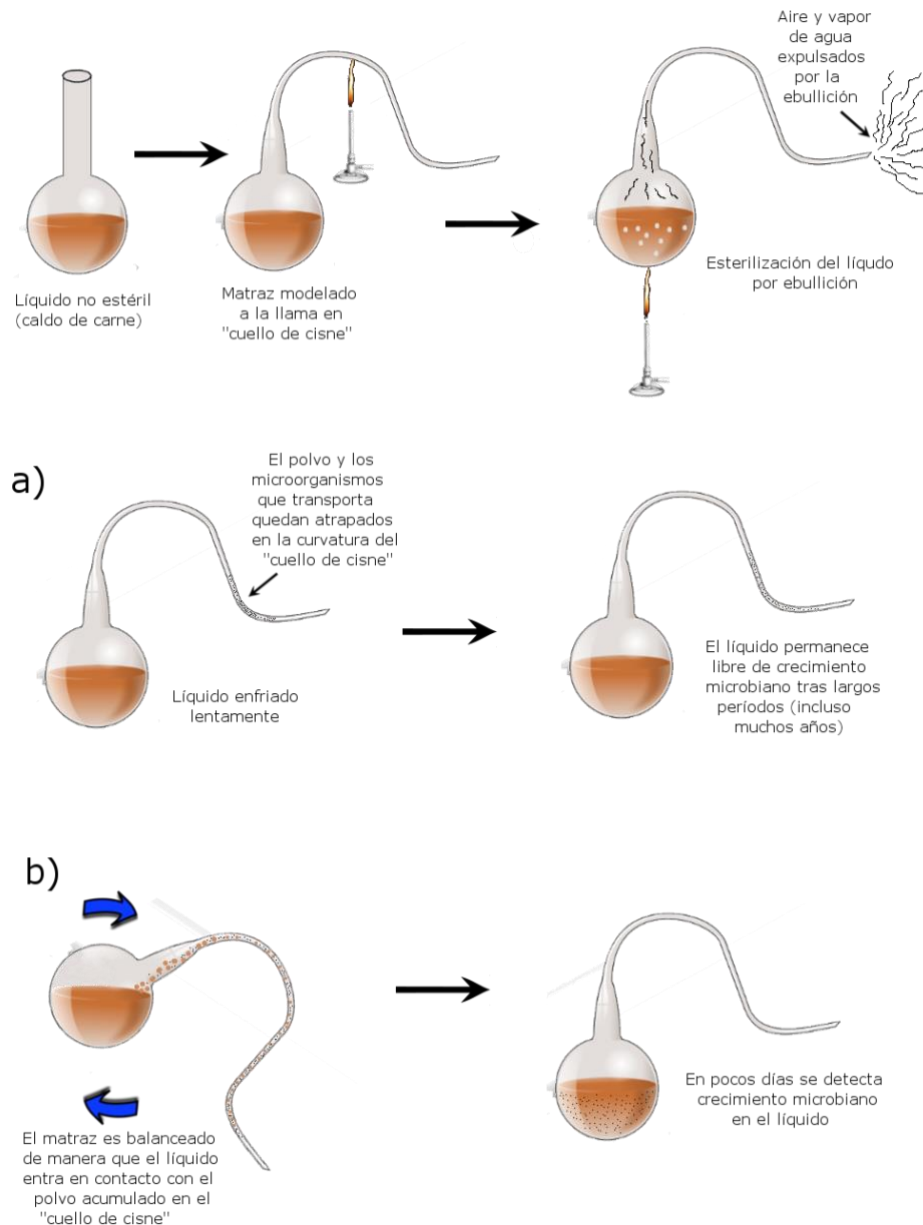
Para tratar de acabar con esta polémica, en 1861, ya comenzada la era del cultivo de la microbiología, el químico y bacteriólogo francés Louis Pasteur (1822-1895) realizó una serie de experimentos con los que demostró que los todavía conocidos como “animálculos” se originaban a partir de otros preexistentes y no por fuerzas subyacentes a los materiales inertes (Tortora et al., 2007).

Pasteur vertió caldo de carne en matraces de cuello largo con el extremo abierto y los curvó en forma de “S” o de “cuello de cisne” con ayuda de una fuente de calor. A continuación, hirvió el caldo contenido en los frascos y dejó que se enfriara. El caldo frío permaneció sin contaminar durante largos períodos de tiempo, ya que el aire con

microorganismos quedaba retenido en el cuello del matraz. Si el matraz se volcaba ligeramente y el caldo contactaba con el cuello, aparecía contaminación (Figura 5). Algunos de estos matraces, aunque ya sellados, todavía se conservan sin contaminar en el Instituto Pasteur de París (Tortora et al., 2007).

Figura 5

Representación gráfica de los experimentos de Pasteur sobre la generación espontánea



Nota. Tomado de "El revolucionario experimento de Pasteur", por BIOELIS, 2016. (<https://bioelis.wordpress.com/2016/09/14/el-revolucionario-experimento-de-pasteur/>). CC BY-NC-ND 4.0.

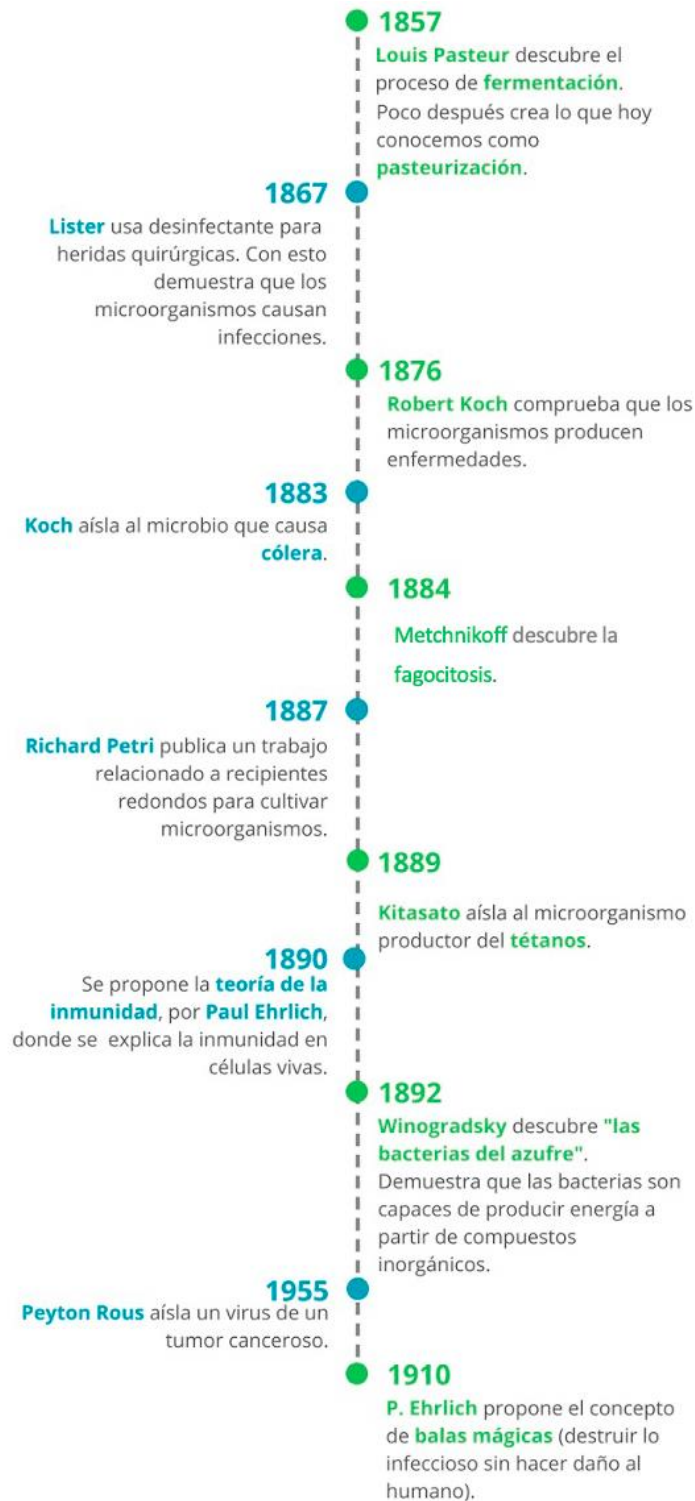
Los experimentos llevados a cabo en 1877 por el físico inglés John Tyndall (1820-1893), sumados a los de Pasteur, terminaron por zanjar definitivamente la controversia de la generación espontánea. Tyndall utilizó un diseño de caja aséptica para probar que las partículas de polvo contenidas en el aire son las que transportan a los microorganismos. Introdujo caldos estériles en el interior de la caja y demostró que, en ausencia de polvo, los caldos seguían estando estériles, aún si eran expuestos directamente al aire (Aneja, 2003).

Poco antes de las investigaciones de Pasteur acerca de la generación espontánea, con el descubrimiento de la fermentación y la creación de la pasteurización, la microbiología había entrado en una fase temprana de lo que se conoce como la Edad de Oro de la Microbiología (1857-1914). Durante estos años se descubrieron los agentes causales de muchas enfermedades y se reconoció la importancia de la inmunología en la prevención y curación de patologías. Además, se realizaron estudios acerca la actividad química de los microorganismos, se mejoraron las técnicas de estudio microscópico y de cultivo de los microorganismos y se desarrollaron vacunas y procedimientos quirúrgicos. Todos estos avances condujeron al establecimiento de la microbiología como ciencia especializada (Tortora et al., 2007). La Figura 6 muestra un breve resumen de algunos de los acontecimientos más significativos que tuvieron lugar en dicho período.

También cabe destacar que durante la Edad de Oro de la Microbiología a los “animálculos” se les dejó de conocer como tales, para empezar a designarlos microbios y, más tarde, microorganismos. La palabra microbio fue acuñada en 1878 por el médico cirujano militar Charles E. Sédillot (1804-1883) en su obra *De l'influence des découvertes de M. Pasteur sur les progrès de la Chirurgie, dans Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. A partir de entonces se fueron formando nuevos términos, entre ellos, microorganismos y microbiología, ambos en 1880 (Anders, 2001-2020).

Figura 6

Esquema de algunos eventos significativos de la Edad de Oro de la Microbiología



Nota. Adaptado de “La edad de oro de la Microbiología”, por Divulgación Científica UG, s.f. (<https://medicinainternafase2ug.blogspot.com/2018/03/la-edad-de-oro-de-la-microbiologia.html>). CC BY-NC-SA.

El final de la Edad de Oro de la Microbiología dio paso a la cuarta y, por ahora, última etapa de la microbiología, de acuerdo con lo propuesto por Collard (1985). Durante todo el siglo XX, gracias a la multitud de trabajos desarrollados en la época precedente, aparecieron nuevas ramas de la microbiología y otras, como la inmunología, que ya habían comenzado su andadura tiempo atrás, terminaron de asentarse. Así mismo, el desarrollo de la tecnología del ADN recombinante supuso una gran revolución en la forma de hacer investigación y aplicaciones prácticas en todas las áreas de la microbiología (Tortora et al., 2007). Gracias a ello, la microbiología hizo grandes aportaciones a lo largo del siglo XX a otras áreas como la bioquímica, la genética y la biología molecular (Prescott et al., 2004).

Hoy en día, la microbiología es una disciplina que está integrada por multitud de campos que tienen repercusiones muy importantes en la sociedad, entre ellos, la microbiología médica, la salud pública, microbiología industrial, alimentaria, de ecosistemas, etc. Por ello, entre los retos actuales que plantea la microbiología y que supondrán las principales vías de evolución de esta disciplina en un futuro próximo, encontramos, entre otros muchos: la búsqueda de nuevas formas de tratar enfermedades; reducir la contaminación ambiental; o mejorar la producción de alimentos para satisfacer las necesidades nutricionales de la población mundial (Prescott et al., 2004).

2.1.3. El papel de los microorganismos en la enfermedad

Aunque en la era de la especulación ya se pensaba que los microorganismos podían estar implicados en la aparición de enfermedades, no fue hasta el siglo XIX cuando se estableció la relación causal entre los microorganismos y el desarrollo de patologías (Ameri, 2004). Gracias a los avances técnicos que se produjeron en el siglo, en especial al desarrollo de las lentes y los microscopios, algunas enfermedades que hasta entonces eran virales (no porque se conociesen todavía a los virus, sino por la etimología de la palabra, pues virus significa veneno), pasaron a ser bacterianas, micóticas y, posteriormente, cuando se descubrieron los virus, víricas, ya en referencia al agente causal de la enfermedad (Rojas-Espinosa, 2006).

El apoyo a la teoría de que los microorganismos eran agentes causales de la enfermedad comenzó en 1835, cuando el entomólogo y botánico italiano Agostino Bassi (1773-1856) demostró que una enfermedad del gusano de seda se debía a una infección micótica. Además, Bassi también afirmó que había otras muchas enfermedades que eran originadas por microbios. Diez años más tarde, en 1845, el clérigo y científico inglés Miles Joseph Berkeley (1803-1889) probó que la denominada Gran Hambruna de Irlanda

(1845-1849), debida a la plaga de la patata, fue causada por el hongo microscópico *Phytophthora infestans* (Aneja, 2003).

El cirujano británico Joseph Lister (1827-1912), a partir de sus estudios acerca de la prevención de heridas, aportó evidencias de que los microorganismos del ambiente podían causar enfermedades. Además, en 1867, influenciado por los trabajos de Pasteur acerca de los procesos de fermentación y putrefacción, desarrolló una serie de trabajos que le permitieron establecer el sistema de asepsia que tantos éxitos habría de reportar a la cirugía (Prescott et al., 2004).

Poco a poco, gracias a estas y a otras investigaciones, se fue engendrando lo que Pasteur denominó como “La Teoría Germinal de las Enfermedades”. Según esta teoría, todas las enfermedades infecciosas están causadas por gérmenes que pueden transmitirse de una persona a otra, propagando así la infección (González y Calvo, 2005).

Otra figura relevante de este período fue el médico y microbiólogo alemán Robert Koch (1843-1910), que estableció el papel de las bacterias como agentes causales de la enfermedad. Tras aislar el bacilo del ántrax de la sangre de vacas y ovejas fallecidas por carbunco, Koch siguió las indicaciones de su antiguo profesor, Jacob Henle (1809-1885), para dilucidar una relación causal entre la presencia de *Bacillus anthracis* (bacilo del ántrax) y el desarrollo del carbunco (Prescott et al., 2014). En primer lugar, preparó cultivos de las bacterias y los inoculó en ratones sanos. Como resultado, los ratones enfermaron. Una vez que los animales murieron, extrajo muestras de su sangre, aisló las bacterias y las comparó con las aisladas inicialmente, corroborando que, en ambos casos, las bacterias eran las mismas (Tortora et al., 2007).

Como resultado de estas experiencias, Koch estableció en 1876 una serie de pasos secuenciales que permiten determinar si una patología concreta está causada por un microorganismo específico. Estos pasos, conocidos como postulados de Koch, se pueden resumir de la siguiente forma (Fuentes, 2007):

- 1) El microorganismo patógeno debe estar presente en los organismos enfermos, pero nunca en los sanos.
- 2) El patógeno presente en el organismo enfermo debe aislarse en cultivo puro.
- 3) Al inocular el microorganismo aislado a un organismo sano, este debe desarrollar la enfermedad.
- 4) El microorganismo debe aislarse otra vez a partir del nuevo huésped enfermo.

Estos postulados, sin embargo, no siempre pueden aplicarse en el estudio de las enfermedades humanas. Es el caso, por ejemplo, de algunos patógenos oportunistas, ciertos microorganismos que todavía no se han podido aislar ni cultivar (ej. *Mycobacterium leprae*) u otros que tienen un tiempo de latencia muy grande (ej. *Lentoviridae*). Para intentar salvar estos obstáculos, se reformularon los postulados de Koch en términos moleculares cuando se comenzaron a identificar los genes de virulencia de los organismos patógenos. No obstante, esta reformulación molecular sigue presentando algunos problemas como la indisponibilidad de un modelo animal adecuado o la incompleta caracterización genética del agente patógeno (Prescott et al., 2004).

En las dos décadas siguientes a los trabajos de Pasteur y Koch se descubrieron los agentes causales de la mayoría de las enfermedades bacterianas, seguido por los antibióticos, a mediados del siglo pasado (Belloso, 2009).

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, de forma paralela a las bacterias, se identificaron también a los virus, protozoos, rickettsias y micoplasmas como microorganismos patógenos causantes de enfermedades infecciosas (Ameri, 2004).

2.1.4. De la mano con la enfermedad: el nacimiento de la inmunología

La historia de la inmunología como ciencia puede dividirse en dos períodos: desde 1796 hasta 1958, años en los que se realizaron importantes contribuciones científicas gracias a los trabajos llevados a cabo por varios investigadores; y desde 1959 hasta la actualidad, la era molecular de la inmunología, caracterizada por una rápida adquisición de conocimientos y el desarrollo de nuevas tecnologías para el estudio de esta disciplina (Palomo et al., 2002).

El hito que marca el comienzo de la inmunología fue el descubrimiento de la vacuna contra la viruela en 1796. Hasta entonces, la única manera de prevenir la viruela consistía en inyectar a un sujeto sano material infectado procedente de una persona con un ataque leve de viruela. No obstante, muy pocas personas superaban la enfermedad y la mayoría acababan muriendo. El médico inglés Edward Jenner (1749-1823) observó que las lecheras de la época desarrollaban en las manos y en los brazos unas pústulas de carácter benigno tras estar en contacto continuado con vacas que padecían la viruela de las vacas o viruela vacuna, una enfermedad que generaba en las ubres unas erupciones similares a las producidas por la viruela humana en el cuerpo de las personas. Al cabo del tiempo, las lecheras quedaban protegidas de enfermar de la viruela humana. Tras estas observaciones, Jenner decidió recoger el material procedente de las lesiones de los brazos de estas lecheras y lo inyectó en personas sanas. El primer humano que se sometió a este proceso fue un niño sano de ocho años, James Phipps, que quedó

inmunizado frente a la viruela humana tras llevar a cabo la experiencia. Con el paso del tiempo, resultó mucho más eficaz la inyección del material infectado procedente directamente de las lesiones de las vacas en lugar de los brazos. Aunque Jenner recibió muchas críticas al respecto de una gran parte de la sociedad, en especial del clero, por resultar estas prácticas repulsivas e inmorales, finalmente se acabó imponiendo su método de vacunación. Casi un siglo después, Pasteur, en honor a los trabajos de Jenner sobre la viruela vacuna y la viruela humana bautizó a esta forma de protección como vacunación (Rojas-Espinosa, 2006).

Pasteur fue otro de los científicos remarcables de esta época. En 1879, durante sus estudios sobre el cólera que afectaba al ganado aviar, inyectó a algunos pollos cultivos viejos de bacterias del cólera que tenía guardados en su laboratorio. Las aves enfermaron, pero no murieron. Además, desarrollaron inmunidad. De esta manera, Pasteur descubrió que la inyección de cepas debilitadas de agentes causales de una enfermedad hacía que los animales se volvieran inmunes a la patología (BBC News, 2015).

En línea con la creación de la vacuna para el cólera, Pasteur descubrió en 1885 el agente causal de la rabia y experimentó la vacunación en perros rabiosos empleando tejido medular seco procedente de conejos infectados. Este prototipo de vacuna fue aplicado ese mismo año, de manera arriesgada, aunque, finalmente, con resultado positivo, a Joseph Meister, un niño de nueve años infectado que había sido mordido por un perro rabioso y cuyo futuro inmediato era la muerte. En aquel momento se inició la vacunación contra la rabia en personas y tan solo un año después ya había 2490 vacunados en Francia (González y Calvo, 2005).

A finales del siglo XIX, el zoólogo ruso Elio Metchnikoff (1845-1916) observó en larvas de estrellas de mar y pulgas de agua la existencia de unas células móviles cuya función era de ingerir y destruir a los microorganismos invasores. Estas células, a las que denominó fagocitos, descubrió que también estaban presentes en el resto de las especies animales, incluido el hombre. De esta manera, Metchnikoff estableció en 1884 su teoría de los fagocitos, la cual constituyó el núcleo central de la teoría de la inmunidad celular, pasando a considerarse en la época el principal método de defensa del organismo (Rojas-Espinosa, 2006).

Poco tiempo después, tras el hallazgo de que la difteria y el tétanos eran causados por la liberación de toxinas bacterianas, los bacteriólogos Emil von Behring (1854-1917) y Shibasaburo Kitasato (1852-1931) observaron que el suero de las personas que se habían recuperado de dichas enfermedades era capaz de neutralizar los efectos nocivos del microorganismo patógeno. A estos factores neutralizantes de las

toxinas bacterianas se los denominó antitoxinas. Así, en 1890 tomó forma la teoría humoral de la inmunidad y se comenzaron a practicar métodos de curación de personas enfermas basados en la inyección de suero de animales curados (Palomo et al., 2002).

En 1897, Krauss visualizó por primera vez una reacción antígeno-anticuerpo al producirse turbidez en una mezcla de filtrado de bacterias con su antisuero específico. Durante algún tiempo se pensó que en el suero había distintos elementos que ejercían una función humoral inmunitaria, entre ellos, antitoxinas (neutralización de toxinas), precipitina (precipitación de toxinas), aglutinina (aglutinación de bacterias) y bacteriolisina (lisis bacteriana). No obstante, no fue hasta 1930 cuando se descubrieron los anticuerpos como entidades encargadas de llevar a cabo todas estas funciones (Lee et al., 2015).

A comienzos del siglo XX, tras haberse descubierto algunos elementos de lo que hoy se conoce como el sistema del complemento y después de que el médico alemán Paul Ehrlich (1854-1915) publicase su “Teoría de las cadenas laterales”, en la que proporcionaba una explicación acerca de la formación y especificidad de los anticuerpos, se produjo la conciliación entre las teorías celular y humoral de la inmunidad. En 1904, el médico inglés Almroth Wright (1861-1947) descubrió que en el suero de los animales inmunizados había unas sustancias que favorecían y optimizaban la fagocitosis. A estas sustancias se las llamó opsoninas y al proceso que median, opsonización. En los años 50 se reconoce que los linfocitos son las células responsables de los dos componentes, humoral y celular, de la inmunidad (Rojas-Espinosa, 2006).

Durante la primera mitad del siglo XX se siguió generando conocimiento en el área de la inmunología. Entre algunos de los descubrimientos relevantes que se hicieron, encontramos: los fenómenos de hipersensibilidad y alergia; el papel desempeñado por las células linfoides en la protección de las infecciones y el trasplante; y el estudio en profundidad de la estructura y especificidad de los anticuerpos (Iglesias-Gamarra et al., 2009). Además, nacieron también algunas disciplinas de la inmunología. Es el caso de la inmunoquímica, a partir de los trabajos de Karl Landsteiner (1868-1943) con la descripción mediante reacciones de aglutinación del sistema de antígenos naturales (ABCO) de los eritrocitos humanos; la inmunopatología, con la descripción del proceso de anafilaxia; o la inmunogenética, con los trabajos de Bernstein (1878-1956) acerca de la transmisión hereditaria de los cuatro grupos sanguíneos principales (Palomo et al., 2002).

Durante los últimos años se han producido avances espectaculares en la inmunología, lo que ha posibilitado su establecimiento como ciencia consolidada. De especial importancia fue el descubrimiento, a finales del siglo XX, de la técnica de

producción de anticuerpos monoclonales a partir de hibridomas, que presenta multitud de aplicaciones en biomedicina; o el hallazgo de los fenómenos de reorganización genética responsables de la expresión de los genes de los anticuerpos (Lee et al., 2015).

La inmunología del siglo XXI estará enfocada, probablemente, en estudiar los principios de la susceptibilidad y el condicionamiento genético a desarrollar un determinado tipo de reacción. Así mismo, se producirán avances en las principales ramas de la inmunología y gracias al desarrollo de la bioinformática se podrán analizar en profundidad las interacciones de los organismos consigo mismos y con los factores ambientales (Iglesias-Gamarra et al., 2009).

2.2. Desarrollo de los contenidos

2.2.1. Microbiología y salud: enfermedades infecciosas

La microbiología es la ciencia que se encarga del estudio de los microorganismos, es decir, de todos aquellos organismos que no pueden observarse a simple vista por tener un tamaño inferior a 0,1mm. Debido a la naturaleza de los microorganismos, se requieren microscopios para su observación (Prescott et al., 2004).

El grupo de los microorganismos incluye a las bacterias, los hongos (levaduras y mohos), protozoos y algas microscópicas. También se incluye a los virus, pues, aunque no se consideran seres vivos, ya que se encuentran en el límite entre lo vivo y lo inerte, son estructuras microscópicas y entran en el ámbito de estudio de esta disciplina (Tortora et al., 2007).

A pesar de que el término microorganismo suele tener una connotación negativa, los microorganismos desempeñan multitud de funciones importantes para la vida, entre ellas: implicación en los ciclos biogeoquímicos, como los del nitrógeno, azufre o carbono; en ambientes acuáticos constituyen la base de la cadena alimentaria; son agentes degradantes de residuos en el suelo; se utilizan en la producción de alimentos y productos químicos; participan en procesos de digestión y síntesis de vitaminas en animales; y un largo etcétera (Tortora et al., 2007).

No obstante, algunos microorganismos sí desempeñan funciones perjudiciales, como la putrefacción de alimentos, la destrucción de bienes o, en el caso de los microorganismos patógenos, la producción de enfermedades en plantas, animales y el ser humano (Picazo y Prieto, 2016).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud se define como un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades (Alcántara, 2008). Por tanto, en base a las

implicaciones del término, los microorganismos patógenos actúan como agentes disruptores de la salud a través de la producción de enfermedades.

Las enfermedades causadas por microorganismos patógenos, concretamente, por virus, bacterias, protozoos y hongos, reciben el nombre de enfermedades infecciosas. Se trata de enfermedades que pueden transmitirse de forma directa o indirecta entre personas (Organización Mundial de la Salud [OMS], s.f.), así como por animales, insectos, alimentos o agua contaminada, entre otras vías (Mayo Clinic, s.f.).

Todas las enfermedades infecciosas pasan por un período de incubación, uno de desarrollo y otro de convalecencia (Clemente et al., 2016):

- Incubación: tiempo transcurrido entre la entrada del patógeno y la aparición de los primeros síntomas. En esta fase, el microorganismo patógeno se multiplica e invade el cuerpo.
- Desarrollo: período en el que aparecen los síntomas propios de la enfermedad.
- Convalecencia: etapa final en la que desaparece el patógeno y se recupera el organismo.

Los signos y síntomas de las enfermedades infecciosas varían en función del agente patógeno causante y de las defensas del huésped, aunque pueden ir desde síntomas leves hasta muy graves e, incluso, mortales. Las infecciones leves se tratan, normalmente, con reposo y fármacos, mientras que las más graves pueden requerir hospitalización. Otras se pueden prevenir con vacunas y con una higiene adecuada. Para otras infecciones, desafortunadamente, todavía no hay cura (Mayo Clinic, s.f.).

2.2.2. Agentes infecciosos más comunes: características principales y patologías asociadas

2.2.2.1. Virus

Características generales

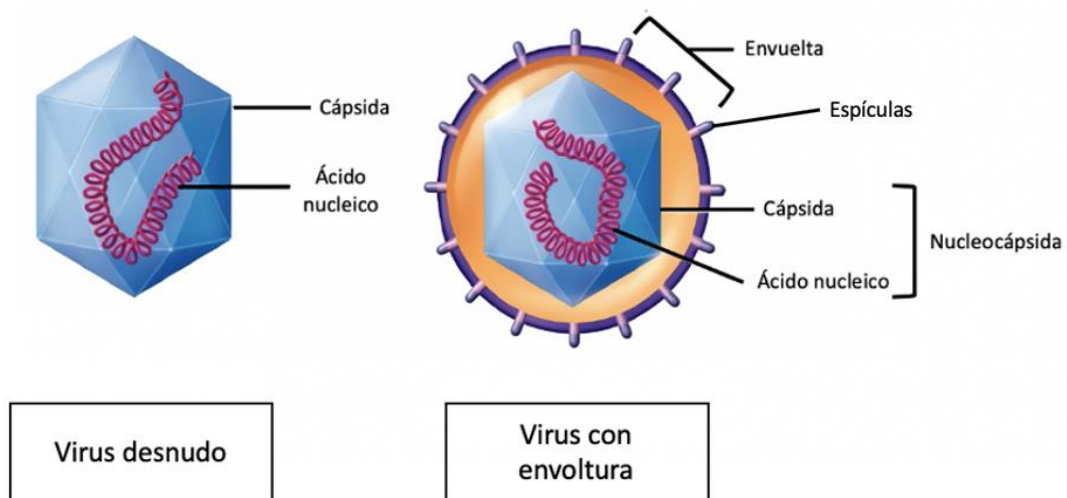
Los virus poseen una serie de características distintivas que los diferencian del resto de microorganismos: presentan una organización simple y acelular debido a la carencia de orgánulos; salvo algunas excepciones, todos tienen un tipo de ácido nucleico, ya sea ADN o ARN, que actúa como almacén de la información genética; y no tienen capacidad de replicarse fuera de las células vivas, por ello actúan como parásitos intracelulares obligados (Prescott et al., 2004).

El tamaño de los virus oscila entre los 20-300nm de diámetro, de manera que todos son entre 100-1000 veces más pequeños que las células a las que infectan (Ryan y Ray, 2017). Gracias a su pequeño tamaño pueden infectar a todo tipo de seres vivos (Tortora et al., 2007).

Estructuralmente, un virus, también denominado virión, está constituido por un ácido nucleico (ADN o ARN) que se encuentra rodeado por una cubierta proteica denominada cápsida. Esta, a su vez, está constituida por multitud de subunidades estructurales denominadas capsómeros. Al conjunto de ácido nucleico y cápsida se le denomina nucleocápsida. La nucleocápsida puede presentarse sin ningún tipo de cobertura externa, dando lugar a los virus desnudos; o bien, tener una envuelta lipídica externa, originando los virus envueltos. En este último caso, la envoltura suele presentar unas estructuras a modo de prolongaciones denominadas espículas, las cuales están implicadas en el contacto inicial con los receptores de superficie de las células hospedadoras que van a ser infectadas (Figura 7) (Schlegel, 1997).

Figura 7

Representación gráfica de la estructura de los virus desnudos y envueltos



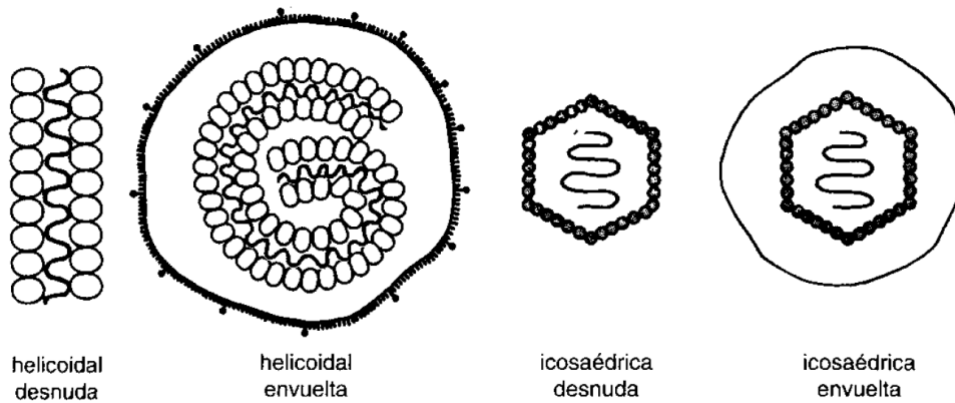
Nota. Adaptado de “Tema%2030”, por jarconetti, 2011. (<https://es.slideshare.net/jarconetti/tema2030>). Obra de Dominio Público.

Todas las cápsidas, independientemente de la presencia o ausencia de envoltura, presentan dos tipos de simetría: helicoidal e icosaédrica. En la simetría helicoidal, la cápsida tiene una forma similar a un cilindro hueco en cuyo interior se alberga el ácido nucleico. Respecto a la simetría icosaédrica, el ácido nucleico está contenido en el interior de un icosaedro (Figura 8) (Prescott et al., 2004).

Algunas partículas virales presentan estructuras más complicadas. A estos virus que no se pueden encuadrar en ninguno de los grupos anteriores de simetría se les denomina virus complejos (Figura 9) (Carroll et al., 2016).

Figura 8

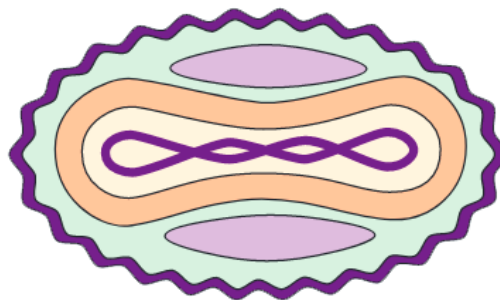
Representación gráfica de las simetrías helicoidal e icosaédrica de los virus



Nota. Tomado de *Microbiología General* (p. 146) por H.G. Schlegel, 1997, EDICIONES OMEGA, S.A.

Figura 9

Representación gráfica de un virus complejo



Nota. Virus de la viruela (poxvirus). Adaptado de *Jawetz, Melnick & Adelberg. Microbiología Médica* (edición nº 25, p. 381), por K.C. Carroll et al., 2016, McGraw-Hill.

Ciclo replicativo

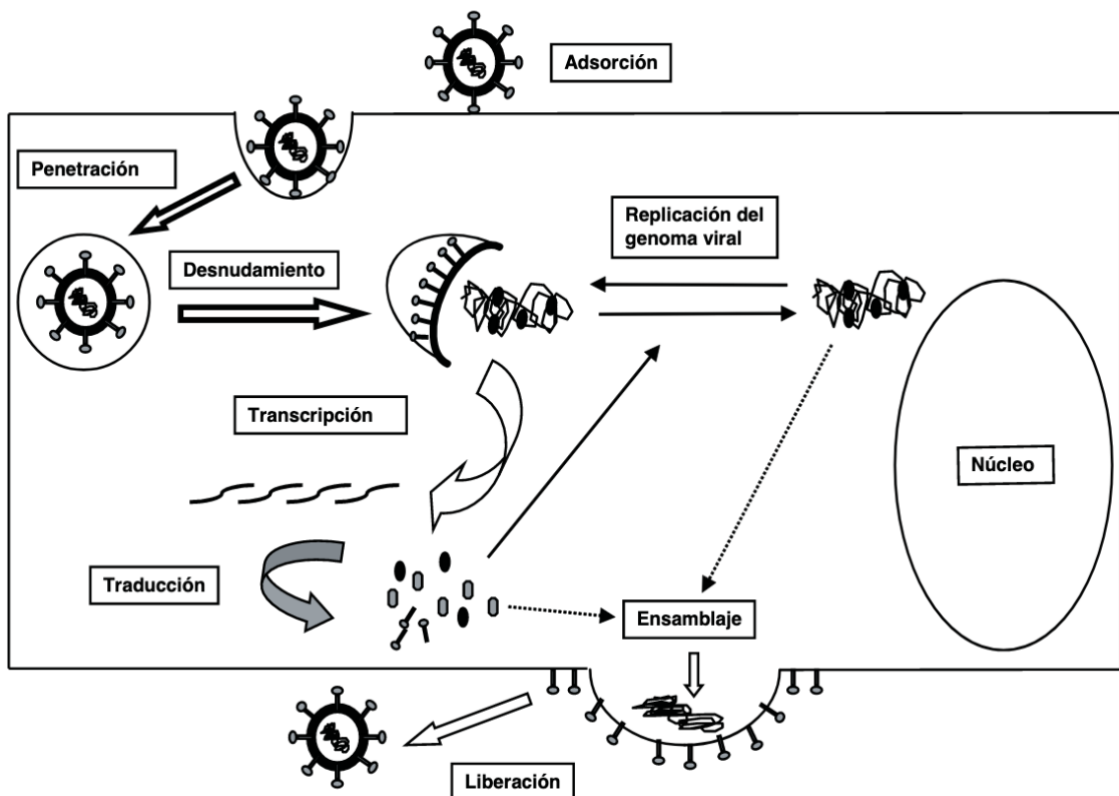
El ciclo replicativo hace referencia al conjunto de eventos que dan lugar al desarrollo de una infección viral productiva. De modo general, el ciclo consta de las siguientes fases (Figura 10):

- 1) Adsorción: proceso que consiste en una interacción inicial entre el virus y la superficie de la célula hospedadora.
- 2) Penetración: entrada del virus al interior de la célula.
- 3) Desnudamiento: el virus pierde la cápsida y el material genético queda libre en el citoplasma celular.
- 4) Replicación, transcripción y traducción de los genes del virus: este proceso corre a cargo de la maquinaria de la célula huésped.
- 5) Ensamblaje de los componentes del virus y liberación al exterior.

Tras la liberación, la célula hospedadora muere y las partículas víricas recién creadas se dirigen hacia otras células para repetir todo el proceso. A este tipo de replicación viral se le denomina ciclo lítico de los virus (Carballal y Oubiña, 2014).

Figura 10

Esquema gráfico del ciclo replicativo general de un virus



Nota. Tomado de *Virología Médica* (edición nº 4, p. 48) por G. Carballal y J.R. Oubiña, 2014, Corpus.

Existe un proceso alternativo al modelo anterior que recibe el nombre de ciclo lisogénico. En este caso, tras la penetración del material genético del virus, este permanece inactivo, de forma que no se transcribe y no se generan nuevas partículas virales. El genoma del virus puede integrarse en algún cromosoma de la célula o permanecer en el citoplasma. Al virus en este estado se le denomina provirus. La célula huésped se puede reproducir de manera indefinida (y con ella, el provirus), hasta que, por cambios en el entorno celular, normalmente, agresiones ambientales, la célula se debilita y el provirus se reactiva, iniciando entonces el ciclo lítico. Este es el caso de algunos virus como los bacteriófagos (virus de las bacterias), los retrovirus (como el VIH) o el virus del herpes (BiologíaSur, s.f.).

Infecciones víricas: mecanismo de acción y enfermedades asociadas

Los virus, como ya se ha comentado, tienen un amplio rango de hospedadores a los que pueden infectar. No obstante, las consecuencias más importantes se producen en los organismos superiores, entre ellos, el hombre (Tortora et al., 2007).

De modo general, las enfermedades causadas por virus precisan del desarrollo de una serie de pasos secuenciales (Carroll et al., 2016):

- 1) Ingreso al hospedador: suele ocurrir a través de la piel, la vía respiratoria, gastrointestinal, urogenital o conjuntiva, aunque otros virus pueden entrar directamente al torrente sanguíneo (VIH o hepatitis B, a través de heridas o agujas).
- 2) Replicación viral primaria: consiste en una repetición continuada de ciclos líticos en la zona de entrada, lo que causa una diseminación local de la infección.
- 3) Diseminación viral: algunos virus (ej. VIH o virus de la rabia) pueden dirigirse a otras localizaciones corporales a través de la sangre y producir infecciones secundarias.
- 4) Lesiones celulares: a causa de la replicación viral primaria (y también secundaria en el caso de virus diseminados) se producen lesiones celulares y alteraciones fisiológicas que dan lugar al desarrollo de la enfermedad.
- 5) Recuperación de la infección: para responder a la enfermedad, el organismo entra en un proceso de recuperación de la infección mediado por respuestas inmunitarias, que lleva a la recuperación del hospedador o, en otros casos, al desarrollo de una infección crónica o latente.
- 6) Dispersión: los virus se diseminan en el ambiente, paso necesario para mantener la infección en una población de hospedadores.

Algunas de las enfermedades más comunes causadas por virus en el hombre se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1

Algunas enfermedades humanas causadas por virus

Infecciones	Enfermedad	Virus responsables	Transmisión
Vías respiratorias superiores e inferiores	Resfriado común	Rinovirus	Inhalación y contacto directo con secreciones infectadas
	Resfriados, bronquitis	Adenovirus	
	Gripe	Influenzavirus (ortomixovirus)	
	SRAS (1 y 2), resfriados	Coronavirus	
Gastrointestinales	Gastroenteritis	Rotavirus (niños) y norovirus (adultos)	Vía fecal-oral
Cutáneas	Varicela, herpes-zóster	Herpesvirus	Contacto directo
Hepáticas	Hepatitis	Hepatitis (A, B, C, D y E)	Sangre, secreciones corporales, vía oral-fecal
Inmunitarias	Sida	VIH (retrovirus)	Fluidos genitales y sangre
Multiorgánicas	Fiebres hemorrágicas	Ébola (filovirus)	Picaduras de mosquitos, garrapatas y contacto directo

Infecciones	Enfermedad	Virus responsables	Transmisión
			con animales infectados
Cutáneo-genitales	Verrugas cutáneas y genitales; cáncer cervical	Papilomavirus	Transmisión sexual

Nota. (SRAS) Síndrome Respiratorio Agudo Grave. Adaptado de “Tipos de enfermedades virales”, por L.D. Kramer, 2018 (<https://www.msmanuals.com/es-es/professional/enfermedades-infecciosas/virus/tipos-de-enfermedades-virales>). Obra de Dominio Público.

Fármacos antivirales

Hoy en día, una de las principales líneas de defensa que existen contra los virus son las vacunas, sin embargo, estas no siempre están disponibles o no son todo lo eficaces que debieran. En estos casos y en aquellos en los que el organismo no es capaz de deshacerse por sí solo del virus, se recurre a los fármacos antivirales (Ryan y Ray, 2017).

No hay que olvidar que los virus son parásitos intracelulares obligados, de modo que los fármacos antivirales deben ser capaces de bloquear ciertas funciones de los virus sin dañar a la célula hospedadora. Entre estas funciones que bloquean los antivirales, encontramos: el acople del virus a la célula hospedadora; la liberación del material genético viral al citoplasma; la síntesis de ácidos nucleicos del virus; la traducción de proteínas virales; y el ensamblaje y liberación de los viriones hijos (Ryan y Ray, 2017).

2.2.2.2. Bacterias

Características generales

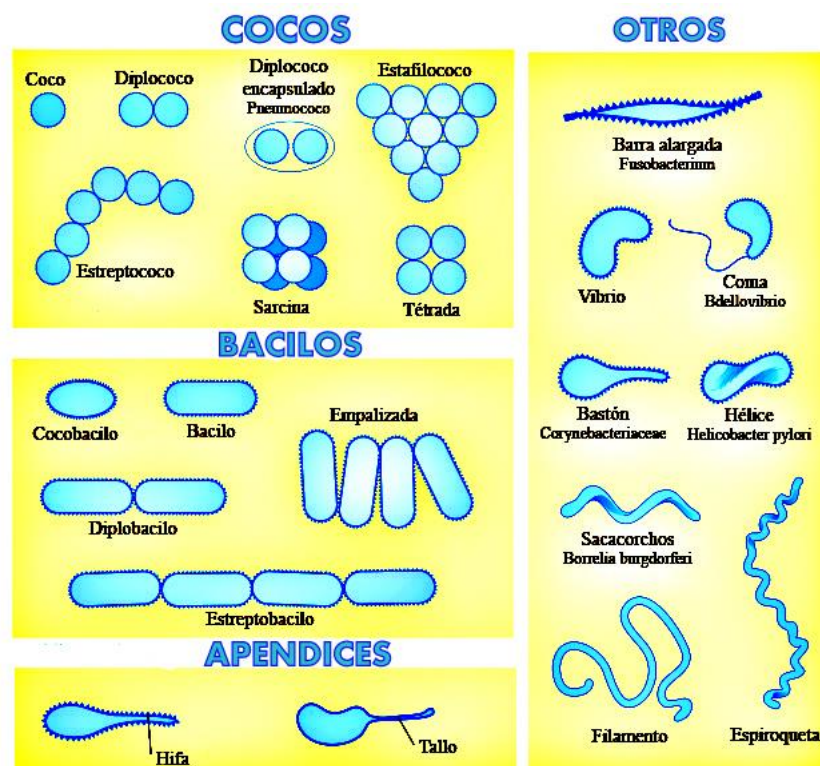
Las bacterias son organismos procariotas unicelulares de pequeño tamaño, normalmente alrededor del orden de 1µm de diámetro, que colonizan un sinnúmero de hábitats. La ausencia de núcleo hace que el material genético bacteriano, que es ADN circular, se ubique en el citoplasma, en una región conocida como nucleoide. En la mayoría de los casos, todo el material genético bacteriano se organiza en un único cromosoma (Carroll et al., 2016).

Desde el punto de vista estructural, una bacteria se constituye como una sola célula delimitada por una membrana plasmática. Salvo algunas excepciones, la membrana plasmática bacteriana está rodeada por una rígida pared celular constituida de peptidoglicano. Esta pared, además de servir como soporte mecánico y dar forma a las bacterias, las protege de la lisis osmótica (Prescott et al., 2004).

En relación con la morfología, las bacterias pueden ser esféricas (cocos), tener apariencia de bastoncillo (bacilos), espirales, filamentosas o incluso no tener una morfología bien definida (pleomórficas) (Prescott et al., 2004). En la siguiente imagen (Figura 11) se muestra la amplia variedad de morfologías que pueden presentar las bacterias.

Figura 11

Representación gráfica de las distintas morfologías bacterianas



Nota. Tomado de “La importancia de las bacterias y su morfología”, por L. Morcote, 2013 (<http://bacteriologiapuj.blogspot.com/2013/03/la-importancia-de-las-bacterias-y-su.html>). Obra de Dominio Público.

Independientemente de la morfología, el pequeño tamaño que tienen las bacterias imposibilita la acomodación de muchos orgánulos en el citoplasma. Por ello, además del nucleóide (aunque no es un orgánulo en sí mismo), las bacterias tienen

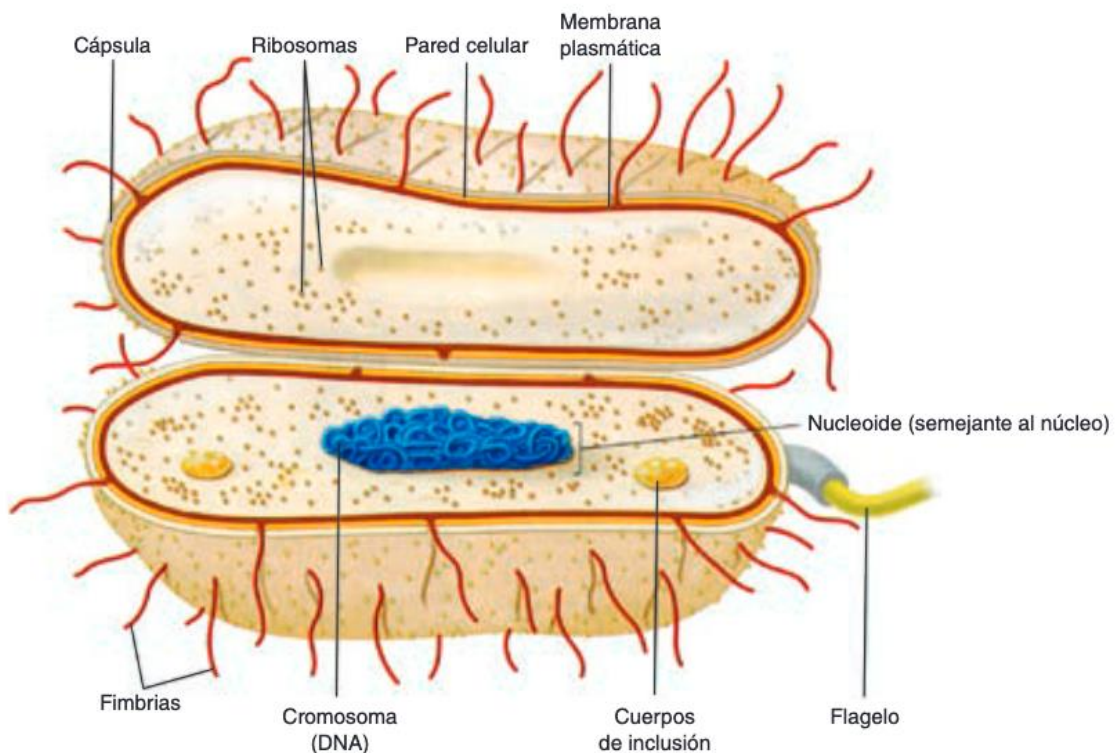
pocos orgánulos más, entre ellos: ribosomas, cuerpos de inclusión (almacén de sustancias) y, en ocasiones, vacuolas de gas (almacén de aire) (Ryan y Ray, 2017).

En el exterior, además de la pared celular, la mayoría de las bacterias tienen otra cubierta denominada glicocálix, una red de polisacáridos que proporciona defensa, fijación al medio y evita la deshidratación bacteriana. También se pueden presentar apéndices externos como los flagelos, que participan en la locomoción celular; y fimbrias y pilis, implicados en los procesos de intercambio de material genético entre bacterias (Prescott et al., 2004).

La siguiente imagen (Figura 12) representa la estructura general de una bacteria, mostrándose la mayoría de los componentes que se han comentado en el texto.

Figura 12

Representación gráfica general de una bacteria y sus componentes principales



Nota. Cápsula = Glicocálix. Tomado de *Sherris. Microbiología Médica* (edición nº 5, p. 269), por K. J. Ryan y C. G. Ray, 2010, McGraw-Hill.

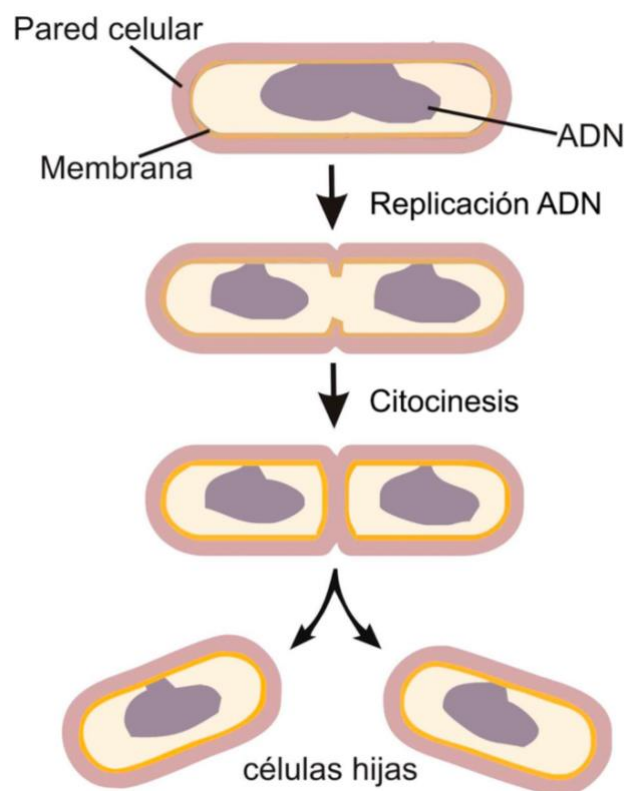
Las bacterias, como cualquier otro organismo vivo, se alimentan y crecen. En función del tipo de alimentación requerido, las bacterias se clasifican en tres tipos: litotrofas, aquellas que se alimentan de materia sencilla disuelta (SO_2 , NO_2 , etc.);

organotrofas o heterótrofas, las que se alimentan de compuestos orgánicos (hidratos de carbono, lípidos, etc.); y autótrofas, las que fabrican su propia materia orgánica (Uson, 2018).

A consecuencia del crecimiento, cuando las bacterias alcanzan un tamaño adecuado para su reproducción, se dividen. El método empleado para ello es la bipartición (Figura 13), una forma de reproducción asexual. Este proceso consiste en la división de una bacteria madre después de replicar el ADN para originar dos células hijas exactamente iguales entre sí y a la célula madre, tanto a nivel estructural, como funcional y de dotación genética. Eventualmente puede producirse una reproducción de tipo sexual, que consiste en el intercambio de ADN entre dos bacterias a través de los ya mencionados pili y fimbrias (Uson, 2018).

Figura 13

Esquema gráfico del proceso de bipartición



Nota. Citocinesis, proceso de división del citoplasma. Adaptado de “Fisión binaria o Bipartición”, por Bioblogueando con el F, 2018 (<http://bioblogueandoconelf.blogspot.com/2018/02/fision-binaria-o-biparticion.html>). Obra de Dominio Público.

Infecciones bacterianas: mecanismo de acción y enfermedades asociadas

Las infecciones bacterianas se originan cuando las bacterias penetran en el organismo, hecho que implica la elusión de las barreras naturales de defensa que este posee (piel, mucosas y secreciones antimicrobianas). Tras la entrada, las bacterias se adhieren a las superficies corporales que ofrecen unas condiciones ambientales idóneas para su desarrollo. A partir de este momento comienzan a reproducirse, dando lugar a la colonización tisular y al desarrollo de una infección. Esta infección puede producirse en los tejidos circundantes a la zona por la que han penetrado las bacterias; en otras localizaciones corporales, en caso de que las bacterias se diseminen por el torrente sanguíneo; o bien, pueden conjugarse ambas posibilidades (Murray et al., 2006).

Las bacterias poseen diversos mecanismos a través de los cuales producen infección en el hospedador una vez que han colonizado los tejidos. Entre algunos de estos mecanismos, denominados factores de virulencia bacteriana, encontramos: destrucción tisular por liberación de enzimas degradativas y sustancias tóxicas (toxinas); evasión de la respuesta inmunitaria del hospedador; o presencia de cápsula y apéndices fijadores, como las adhesinas, que dificultan el desacople de las bacterias de las células a las que se han adherido (Murray et al., 2006).

De todas las bacterias existentes en el mundo, solo un pequeño porcentaje de ellas son patógenas para el ser humano, aunque son suficientes para causar multitud de enfermedades, algunas de las cuales se recogen en la siguiente tabla (Tabla 2) (Prescott et al., 2004):

Tabla 2

Algunas enfermedades humanas causadas por bacterias

Enfermedad	Bacteria	Zona afectada	Síntomas	Medio de contagio
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Zona superior del aparato respiratorio	Secreciones nasales con mocos y pus, fiebre y tos	Aire (secreciones infectadas)
Neumonía	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Pulmones	Tos, fiebre, escalofríos y dificultad para respirar	Aire (secreciones infectadas)

Enfermedad	Bacteria	Zona afectada	Síntomas	Medio de contagio
Faringitis y amigdalitis (más común en niños)	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Garganta y amígdalas	Dolor de garganta, al tragar, fiebre, dolor de cabeza, etc.	Contacto directo (ej. estornudos o besos)
Ántrax (carbunco)	<i>Bacillus anthracis</i>	Piel, pulmones y tracto gastrointestinal (TG)	Piel: ampollas, comezón, etc. Pulmones: fiebre, tos, dificultad para respirar, etc. TG: fiebre, diarrea, dolor de estómago, etc.	Contacto, inhalación y gastrointestinal (alimentos)
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Pulmones	Fiebre, fatiga, pérdida de peso, tos con sangre	Aire (secreciones infectadas)
Enfermedad de Lyme	<i>Borrelia burgdorferi</i>	Multisistémica	Sarpullido, fiebre, dolor de cabeza, alteraciones neurológicas y cardíacas	Picadura de garrapata infectada
Vaginosis bacteriana (ETS)	<i>Gardnerella vaginalis</i>	Vagina	Secreción vaginal copiosa, espumosa y con olor a pescado, sin dolor ni picor	Contacto directo (relaciones sexuales)

Enfermedad	Bacteria	Zona afectada	Síntomas	Medio de contagio
Gonorrea (ETS)	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Mucosa del tracto genitourinario, recto y garganta	Dolor o ardor al orinar, secreciones purulentas en el pene y vagina, dolor al defecar, faringitis	Contacto directo (relaciones sexuales)
Enteritis	<i>Campylobacter jejuni</i>	Tracto gastrointestinal	Diarrea, dolor abdominal, fiebre y dolor de cabeza	Agua contaminada y leche y carnes crudas o mal cocinadas
Salmonelosis	<i>Salmonella typhimurium</i>	Tracto gastrointestinal	Dolor abdominal, espasmos, diarrea, náuseas, vómitos y fiebre	Ingestión de alimentos contaminados
Botulismo	<i>Clostridium botulinum</i>	Sistema nervioso	Parálisis facial, visión borrosa, problemas en la deglución y habla, debilidad muscular, vómitos	Alimentos enlatados poco calentados
Tétanos	<i>Clostridium tetani</i>	Sistema nervioso	Rigidez y espasmos musculares	Contacto (heridas cutáneas)

Nota. Adaptado de *Microbiología* (edición nº 5, pp. 973-1020), por L.M. Prescott et al., 2004, McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.

Antibióticos

Las enfermedades causadas por bacterias se tratan con fármacos antibióticos. Cada uno actúa de forma diferente y gracias a ello pueden combinarse. Los principales mecanismos de acción de los antibióticos son los siguientes: destrucción de la pared bacteriana (ej. penicilina), haciendo que la bacteria estalle; inhibición de la replicación del ADN (micrólidos); e interferencia en otros procesos vitales para la bacteria (macrólidos). A pesar de la multitud de fármacos antibióticos disponibles, el uso masivo e incorrecto de ellos puede hacer que las bacterias creen resistencia y se vuelvan inmunes. Esto obliga a estar en continuo proceso de investigación y creación de nuevos fármacos antibióticos que sustituyan a los que dejaron de ser funcionales (Murray et al., 2006).

2.2.2.3. Protozoos

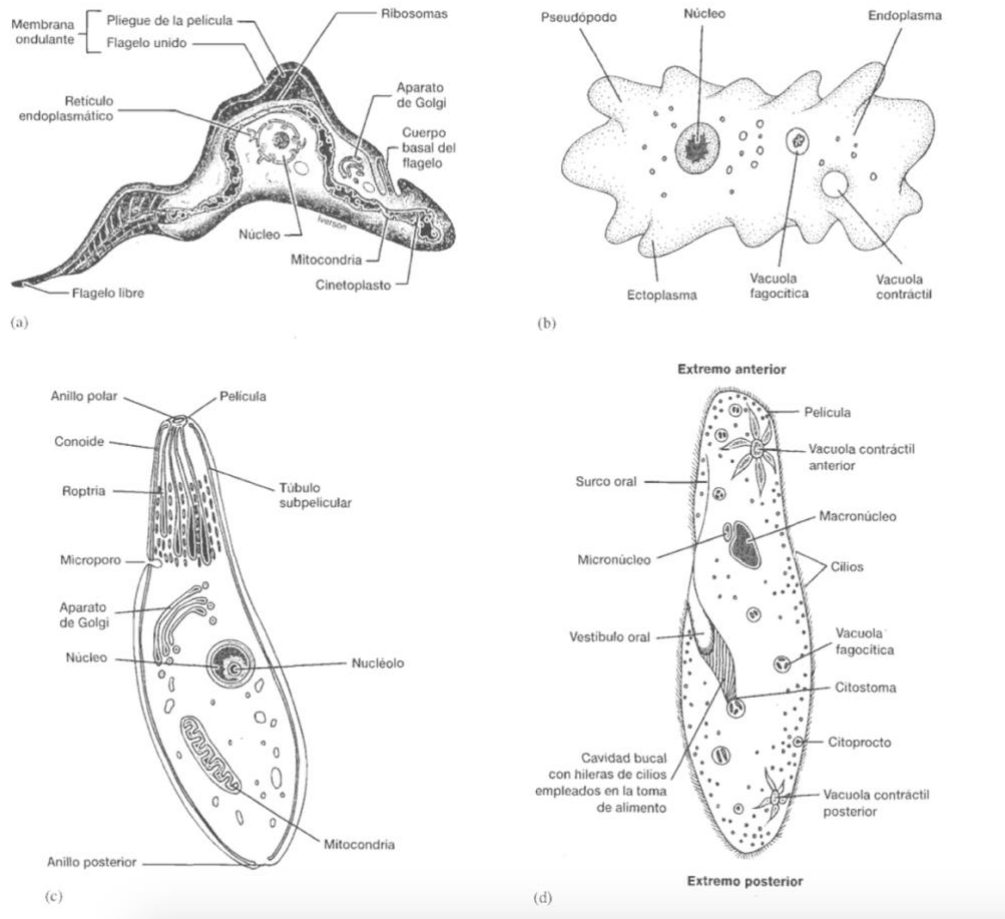
Características generales

Los protozoos son seres unicelulares eucariotas que tienen uno o varios núcleos bien desarrollados con cromosomas en su interior. Externamente están delimitados por una membrana plasmática, la cual puede presentar estructuras adicionales como cilios, flagelos o pseudópodos, que facilitan la locomoción celular. En el citoplasma se encuentran todos los orgánulos y es el lugar donde se desarrollan las funciones biológicas (Hickman et al., 2009).

Las formas de los protozoos son muy variadas, pues van desde regulares hasta completamente irregulares, pasando por estructuras alargadas, ovaladas o esféricas, entre otras variantes (Figura 14). La alimentación, que se realiza por fagocitosis, también es diversa. Los hay que se alimentan de otros organismos (holozoicos), de sustancias disueltas en el medio (saprofitos), de restos de animales muertos (saprozoicos) y autótrofos. También hay otros que combinan dos métodos de alimentación (Álvarez, 2006).

Figura 14

Formas de algunos protozoos representativos y sus componentes celulares

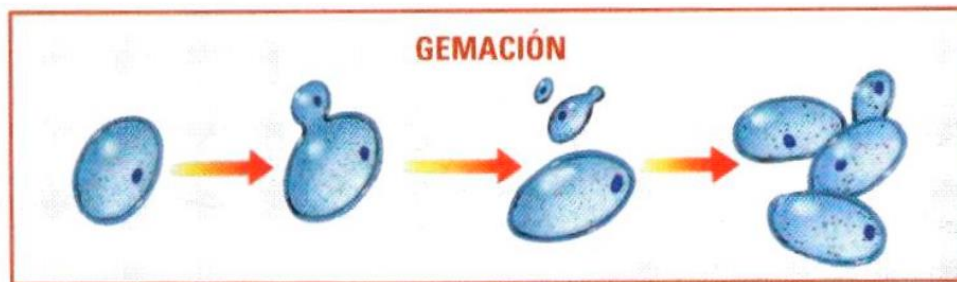


Nota. (a) Protozoo flagelado; (b) Ameba; (c) Esporozoo; (d) Paramecio. Adaptado de *Microbiología* (edición nº 5, p. 634), por L.M. Prescott et al., 2004, McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.

En cuanto a la reproducción, predominan los procesos de reproducción asexual como la bipartición, la gemación (Figura 15) y la esporulación (Figura 15). También hay reproducción sexual, aunque en ningún caso va acompañada de desarrollo embrionario. La reproducción sexual se produce por autogamia (fecundación entre gametos de un mismo individuo) y por singamia (fecundación entre gametos de individuos distintos). Existe un proceso alternativo de reproducción sexual conocido como conjugación, característico de protozoos ciliados (ej. paramecios), que consiste en el intercambio de material genético entre dos individuos sin dar lugar a un nuevo protozoo hijo (Hickman et al., 2009).

Figura 15

Descripción gráfica de los procesos de gemación y esporulación



La célula madre produce células hijas más pequeñas o yemas, que se desprenden y forman células semejantes a ella. Es muy frecuente en las levaduras.



El núcleo se divide muchas veces, formando una célula polinucleada, que origina numerosas células hijas.

Nota. Adaptado de “Reproducción asexual”, por Hectosaurus Park, s.f. (<https://hectosaurio.wordpress.com/2010/05/04/reproduccion-asexual/>). Obra de Dominio Público.

Una cualidad sorprendente de estos seres vivos es su capacidad para formar quistes ante condiciones ambientales extremas. Estos quistes son formas durmientes con cubiertas externas muy resistentes en los que hay una parálisis de toda la maquinaria metabólica. Una vez que ha pasado la agresión externa, el quiste vuelve a recomponerse en el protozoo (Álvarez, 2006).

Muchas especies de protozoos son de vida libre y tienen hábitats muy variados, principalmente acuáticos. Otras, sin embargo, son parásitas del hombre y de otros animales. Las infecciones causadas por los protozoos pueden ser desde asintomáticas hasta mortales, hecho que varía en función de la especie y cepa del parásito, así como del grado de resistencia del hospedador (Baron, 1996).

Infecciones por protozoos: mecanismo de acción y enfermedades asociadas

Las enfermedades causadas por protozoos, comúnmente conocidas como parasitosis, necesitan del desarrollo de una serie de pasos secuenciales para producirse (Murray et al., 2006):

- 1) Entrada: el protozoo parásito penetra al organismo por vía oral, por la piel u otras superficies. Algunos parásitos también penetran al organismo a través de la picadura de insectos.
- 2) Adhesión y replicación: el microorganismo se une a las células del huésped y comienza a reproducirse, invadiendo los tejidos.
- 3) Lesiones celulares y tisulares: tras la invasión tisular, los parásitos segregan sustancias que destruyen a las células y a los tejidos y continúan reproduciéndose. Esta destrucción de material es la que genera la enfermedad.
- 4) Rotura, evasión e inactivación de las defensas del organismo: para seguir manteniendo la infección, los parásitos evitan o interfieren en los mecanismos de defensa del huésped.

Algunas de las enfermedades más comunes causadas por protozoos son las siguientes (Prescott et al., 2004):

- Tripanosomiasis: enfermedad causada por parásitos del género *Trypanosoma*, con las especies *Trypanosoma brucei gambiense* y *Trypanosoma cruzi* como más representativas:
 - *Trypanosoma brucei gambiense*: se transmite al hombre a través de la picadura de la mosca tsé-tsé y causa la enfermedad del sueño, característica en África. El parásito se desarrolla en el intestino de la mosca, pasa a las glándulas salivares y de ahí, tras la picadura, al hombre. Una vez dentro del organismo humano, los parásitos se reproducen dentro del sistema nervioso central causando trastornos nerviosos. Si no se trata, la víctima muere en dos o tres años. Actualmente, el tratamiento que se administra depende de la etapa en la que esté la enfermedad, siendo mayores las posibilidades de curación cuanto antes se diagnostique la enfermedad (OMS, 2020).
 - *Trypanosoma cruzi*: produce la enfermedad de Chagas, característica de los trópicos y regiones subtropicales de América continental. Se transmite a través de la picadura del chinche triatoma (chinche del beso). Tras penetrar en el torrente sanguíneo, los parásitos invaden el

hígado, el bazo, los ganglios linfáticos y el sistema nervioso central, destruyendo las células parasitadas. Actualmente se cura con una combinación de medicamentos, siendo el tratamiento más eficaz en las primeras etapas de la enfermedad (Infochagas, s.f.).

- Amebiasis: enfermedad producida por la ameba *Entamoeba histolytica*. Es un parásito común en zonas de climas cálidos donde hay poca higiene y saneamiento. Los quistes, que se adquieren tras ingerir agua o alimentos contaminados, se asientan en el intestino. Tras la rotura del quiste se genera una forma activa del parásito que invade el colon, causando lisis celular y úlceras. Los síntomas son muy variables y van desde una infección asintomática hasta una disentería mortal: diarrea con sangre y moco, apendicitis y problemas en hígado, pulmones y cerebro. Existen varios fármacos para su tratamiento.
- Malaria o paludismo: enfermedad típica de África producida por parásitos del género *Plasmodium*. El parásito se transmite al hombre a través de la picadura de una hembra del mosquito *Anopheles*. Una vez en la sangre, el parásito llega al hígado, madura y vuelve a pasar de nuevo a la sangre, donde se multiplica e infecta a los glóbulos rojos. Cuando otro mosquito hembra vuelve a picar a un humano infectado, ingiere los parásitos y comienza de nuevo el ciclo. La malaria no solo afecta a los glóbulos rojos, sino también al hígado y a otros órganos. Los síntomas incluyen fiebre, escalofríos y sudoración. También puede aparecer anemia e hipertrofia del bazo y del hígado. Actualmente, la malaria se trata con una combinación de varios medicamentos.

Las parasitosis que hoy en día tienen cura se tratan con fármacos antiparasitarios. Estos fármacos, de forma general, afectan a la replicación del material genético de los parásitos, a su metabolismo energético y la síntesis de sustancias implicadas en la rotura de células y tejidos (Pérez et al., 2009).

2.2.2.4. Hongos

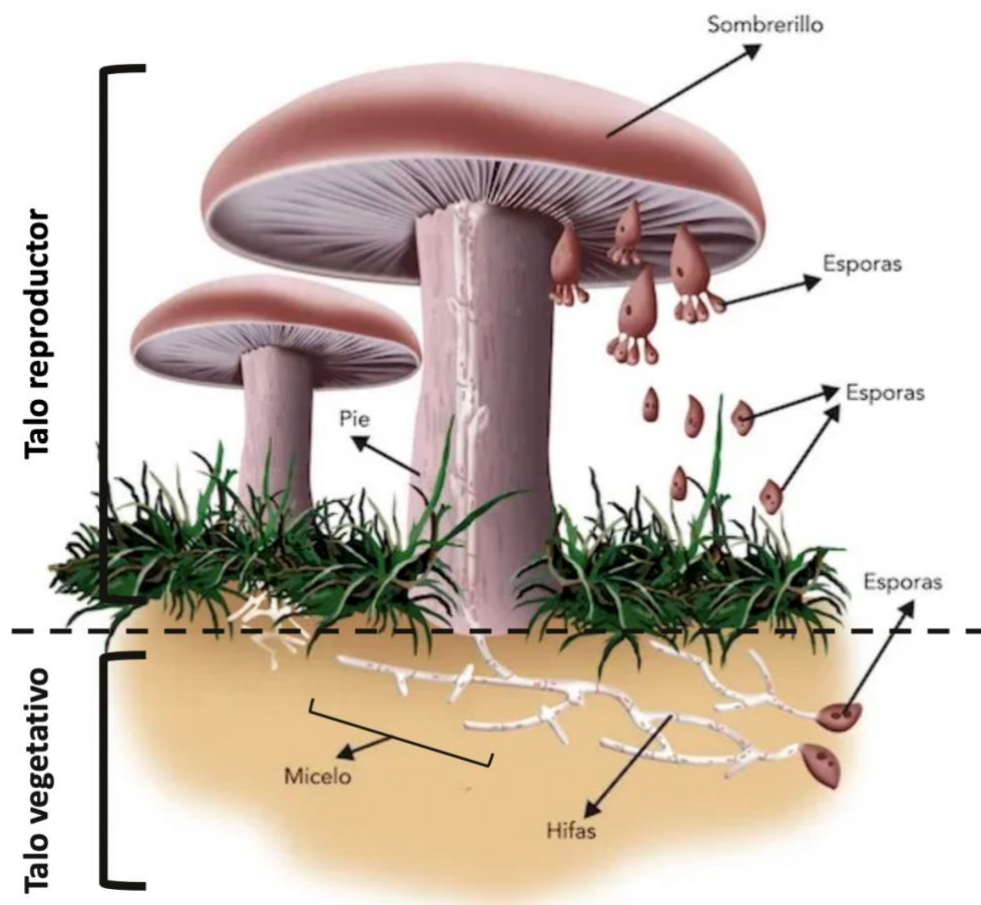
Características generales

Los hongos son organismos eucariotas unicelulares (levaduras) y pluricelulares (mohos y el resto de los hongos) que pueden ser tanto microscópicos (levaduras y mohos) como macroscópicos (el resto de los hongos). Algunos, como las levaduras, son formadores de colonias. A pesar de que pueda parecer lo contrario, ya que muchos se asemejan a plantas y tienen colores muy vivos, son heterótrofos y dependen de la materia orgánica prefabricada para su nutrición (Arenas, 2014).

A nivel estructural, la célula dispone de una membrana plasmática constituida por ergosterol que, a su vez, se encuentra rodeada por una pared celular hecha a base de quitina. A excepción las levaduras, desde el punto de vista de la organización supracelular, el cuerpo o estructura vegetativa de los hongos recibe el nombre de talo o micelio, que está formado por multitud de estructuras filamentosas denominadas hifas. A estos hongos se les denomina hongos filamentosos. El talo puede ser de dos tipos: talo vegetativo, que está sumergido u oculto y proporciona soporte estructural y nutrientes para todo el hongo; y talo reproductor, parte aérea y visible del hongo donde se forman los órganos reproductores (Figura 16) (Arenas, 2014).

Figura 16

Representación gráfica de la estructura corporal general de un hongo



Nota. Adaptado de "Hongos", por WikiSabio, 2017 (<http://wikisabio.com/hongos-2/>). Obra de Dominio Público.

Existen otros hongos, denominados dimórficos, que pueden tener tanto forma de levadura como de hongo filamentosos. La mayoría de los hongos dimórficos son patógenos y el tener una forma u otra depende de la temperatura. A unos 37°C tienen

forma de levadura, mientras que, en torno a los 25°C, presentan forma filamentosa (Tortora et al., 2007).

La reproducción de los hongos puede ser asexual y sexual. La reproducción asexual se lleva a cabo de tres formas: por fisión binaria (similar a la bipartición), por gemación y por esporulación. La reproducción sexual, por su parte, se lleva a cabo mediante la unión de gametos sexuales compatibles (Prescott et al., 2004).

La mayoría de los hongos son organismos terrestres de vida libre, aunque también hay unos pocos de agua dulce o marina. Otros muchos son parásitos, principalmente de plantas, aunque también los hay que infectan a animales (Prescott et al., 2004).

Infecciones por hongos: mecanismo de acción y enfermedades asociadas

Las infecciones producidas por hongos, denominadas micosis, se clasifican en dos tipos: primarias y oportunistas. Las micosis primarias se producen cuando el hongo penetra en el organismo, normalmente, a través de esporas. Tras asentarse en una zona con condiciones adecuadas, altera o evade el sistema inmunitario y comienza a crecer y a reproducirse. En este proceso se van generando ciertas sustancias tóxicas que producen la enfermedad. En el caso de las micosis oportunistas, los hongos solo producen enfermedad en individuos inmunocomprometidos o en períodos de bajas defensas (Murray et al., 2006).

Las micosis se tratan con fármacos antifúngicos, que afectan a distintas estructuras de las células fúngicas (membrana celular, pared celular y núcleo, principalmente), para inhibir el desarrollo, la viabilidad y la supervivencia del hongo (Gregorí, 2005).

Algunas de las micosis primarias y oportunistas que más comúnmente afectan al hombre son las siguientes:

- Primarias:
 - Criptococosis: infección causada por varias especies patógenas del género *Cryptococcus*. Se introduce en el organismo por inhalación e infecta los pulmones, pudiendo llegar a diseminarse al sistema nervioso central. Las infecciones pulmonares se caracterizan por tos productiva, disnea, fiebre y pérdida de peso. Las infecciones nerviosas pueden llegar a producir meningitis mortales. Se trata con antifúngicos por vía intravenosa (Tulio y Prado, 2005).

- Coccidioidomicosis: se adquiere por inhalación de las esporas del hongo *Coccidioides immitis*. Al llegar a los pulmones, las esporas maduran y vuelven a liberar nuevas esporas. Este ciclo se repite de forma progresiva para propagar la infección. El cuadro clínico es similar al de una gripe, pero pueden aparecer erupciones cutáneas, fatiga y falta de apetito. Se trata con antifúngicos orales (Tulio y Prado, 2005).
- Dermatofitosis (tiña): afección cutánea, del cuero cabelludo y las uñas provocada por hongos del género *Trichophyton*, *Microsporum* y *Epidermophyton*. Se transmiten por contacto directo con personas y animales infectados. Se produce una lesión descamativa, rojiza y con comezón. Se trata con cremas antifúngicas y, en casos más graves, con antifúngicos orales (Lemos, 2020).
- Oportunistas:
 - Aspergilosis: infección pulmonar producida por hongos del género *Aspergillus* tras inhalar esporas. La aspergilosis puede ser de tres tipos: aspergilosis pulmonar de tipo invasivo, una infección grave con neumonía que puede diseminarse a otras localizaciones y llegar a ser mortal; aspergilosis broncopulmonar alérgica, debida a una reacción alérgica a las esporas que incluye algunos síntomas como tos mucosa y/o con sangre, fiebre, pérdidas de peso, etc.; y aspergiloma, enfermedad consistente en el desarrollo de una masa miceliar a modo de tumor que se asienta en zonas pulmonares enfermas o con una cicatrización previa. Además de antifúngicos, es necesaria cirugía en el caso del aspergiloma (Tulio y Prado, 2005).
 - Candidiasis: micosis producida por la infección de la levadura *Candida albicans*. Este hongo habita naturalmente en el organismo, pero aprovecha períodos de bajas defensas para producir enfermedades. Las zonas normalmente afectadas suelen ser los pliegues de la piel, uñas, dedos de manos y pies y mucosas como la boca, la vagina o el ano. En casos más graves, se puede diseminar por el torrente sanguíneo y llegar a otros órganos. Las infecciones leves se tratan con cremas antifúngicas; las más graves, por vía oral o intravenosa (Lemos, 2020).

2.2.3. Mecanismos de defensa del organismo

Cuando el organismo es víctima de una infección o de cualquier otro tipo de daño que pueda comprometer su integridad, se ponen en marcha una serie de mecanismos encaminados a paliar el daño. Algunos de estos mecanismos actúan de manera muy rápida en la zona cercana a la infección, mientras que otros lo hacen de forma más lenta

y lejos del foco del daño. Todos estos mecanismos, que están mediados por distintos tipos de órganos, células y moléculas, reciben el nombre de respuestas inmunitarias y tienen como objetivo devolver al organismo a un estado de homeostasis (Gordon y Austyn, 2013).

La ciencia que se encarga del estudio de las respuestas inmunitarias, de los componentes que las integran y de como participan en los procesos patológicos recibe el nombre de inmunología (Abbas et al., 2014).

La mayoría de los inmunólogos consideran que el sistema inmunitario ha evolucionado para defender al huésped de los agentes infecciosos, pero la realidad es que es capaz de responder ante cualquier tipo de agente extraño que penetre en el organismo. A estos agentes extraños, sean o no infecciosos, se los conoce como antígenos (Gordon y Austyn, 2013).

2.2.3.1. Inmunidad innata

La inmunidad innata, también conocida como natural o inespecífica, es el primer mecanismo de defensa que posee el organismo para responder al ataque de los antígenos. Es un mecanismo de defensa congénito, pues está presente desde el nacimiento en todos los organismos sanos; inespecífico, ya que es independiente de la naturaleza del agresor; y nunca ataca al huésped del que forma parte. Está constituido por una serie de barreras y mecanismos efectores que actúan de forma rápida, normalmente, en cuestión de horas, ante cualquier amenaza que ponga en riesgo el funcionamiento normal de los órganos y tejidos (Pérez, 2019).

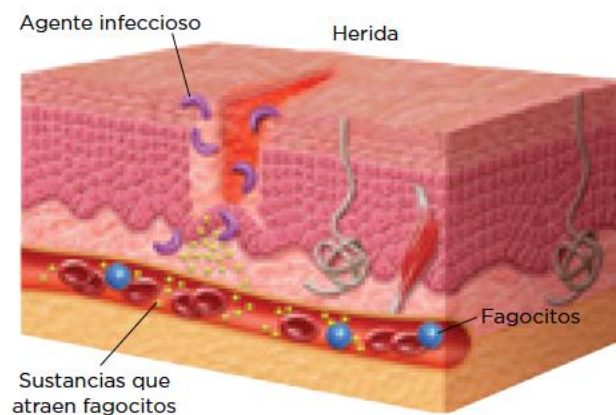
La primera línea de defensa de la inmunidad innata la componen dos tipos de barreras: físicas, como son la piel y la superficie de las mucosas, que bloquean la entrada de los agentes infecciosos; y químicas, sustancias antimicrobianas solubles que refuerzan a las barreras físicas. La saliva o las lágrimas, por ejemplo, contienen compuestos antimicrobianos. Si los agentes patógenos logran esquivar estas barreras, por ejemplo, a causa de una herida, pocos minutos después de haberse producido la invasión y el daño tisular se ponen en marcha una serie de mecanismos efectores destinados a erradicar o minimizar la infección. Estos procesos están mediados, principalmente, por los fagocitos, los linfocitos citolíticos naturales (células NK) y por moléculas pertenecientes al denominado sistema del complemento. Todos estos elementos son componentes característicos de este tipo de respuesta inmunitaria (Owen et al., 2014).

La inflamación es la primera respuesta que el sistema inmunitario innato emite ante una lesión tisular, ya sea por una herida o por la invasión de un agente patógeno.

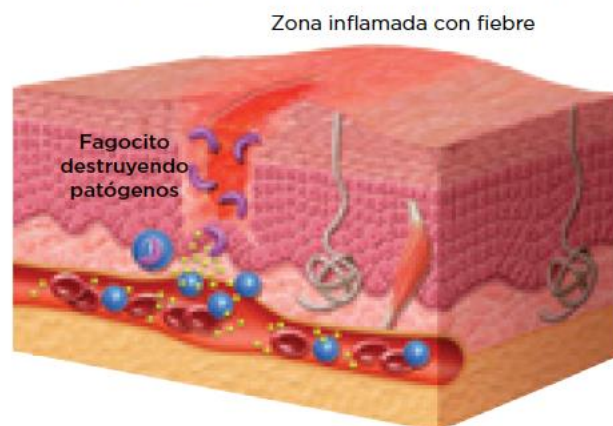
La inflamación (Figura 17) comienza con una vasodilatación que produce un aumento del flujo de sangre hacia la zona donde se ha producido el daño. Junto con la sangre, a consecuencia de las señales emitidas por las células dañadas, llegan también fagocitos. Los fagocitos son un tipo de leucocitos (glóbulos blancos) especializados en ingerir y destruir restos celulares y agentes antigénicos en un proceso conocido como fagocitosis. La actividad de los fagocitos se ve reforzada por varias moléculas del sistema del complemento. Esta llegada de sangre, junto con la actividad celular y molecular es la que produce el enrojecimiento, calor, dolor e hinchazón que se aprecian en un proceso inflamatorio (Prescott et al., 2014).

Figura 17

Representación gráfica de la respuesta inflamatoria



- 1 A través de una herida penetran los agentes infecciosos que dañan el tejido. Se liberan unas sustancias que atraen a los fagocitos y se produce la vasodilatación.



- 2 La vasodilatación puede provocar un aumento de temperatura que favorece la llegada de más sangre con fagocitos, que destruyen los gérmenes.

Nota. Tomado de *Biología y Geología 3º ESO*, (p. 132), por S. Clemente et al., 2016, Anaya.

La otra respuesta de la inmunidad innata es la defensa antivírica, que actúa contra las células infectadas por virus. Este proceso está mediado por las células NK, que eliminan a las células infectadas; y por otras moléculas conocidas como citoquinas, que bloquean la replicación viral (Abbas et al., 2014).

El sistema inmunitario innato no tiene memoria y no es capaz de recordar los encuentros con los antígenos para generar defensas específicas contra ellos y evitar una nueva infección. Por tanto, ante la invasión de cualquier agente dañino, siempre va a reaccionar de la misma forma, mediante inflamación y, en caso de presencia de virus, con respuesta antivírica (Abbas et al., 2014).

2.2.3.2. Inmunidad adaptativa

El otro mecanismo de defensa que posee el organismo es la inmunidad adaptativa, también llamada adquirida o específica. Actúa de forma más lenta que la inmunidad innata, ya que no ataca de forma indiscriminada a todos los antígenos, sino solo a aquellos que reconoce de forma específica. A cambio, tras entrar en contacto con el antígeno por primera vez y superar la enfermedad causada por este, se crea memoria inmunitaria frente a dicho antígeno, produciéndose inmunización. Este hecho se traduce en que cuando el organismo entre de nuevo en contacto con el antígeno, el sistema inmunitario adaptativo reaccionará contra él mucho más rápido de lo que hizo en la primera ocasión, evitando así la propagación de la infección y la aparición de la enfermedad (Pérez, 2019).

La inmunidad adaptativa está dividida en dos tipos: humoral y celular. La respuesta de tipo humoral está mediada por unas células denominadas linfocitos B y por las moléculas generadas por ellos, los anticuerpos o inmunoglobulinas. La respuesta celular está mediada por los linfocitos T y por las citocinas producidas por estos. Ambos tipos de linfocitos se generan en la médula ósea y después de madurar (los linfocitos B en la propia médula ósea; los linfocitos T, en el timo), son vertidos al circuito sanguíneo y al linfático. A través de estos medios llegan al bazo, a los ganglios linfáticos y a los tejidos linfáticos mucosos y cutáneos, lugares en los que, si hay antígenos, comenzarán a desarrollarse las respuestas inmunitarias humoral y celular (Abbas et al., 2014).

En la respuesta humoral (Figura 18), los linfocitos B, después de entrar en contacto con los antígenos, comienzan a dividirse rápidamente, dando lugar a multitud de nuevos linfocitos B. Algunos de esos nuevos linfocitos B comienzan a producir anticuerpos, unas moléculas que se adhieren a los antígenos y facilitan la posterior destrucción de estos. Otros de los nuevos linfocitos B recién creados permanecen como células de memoria. Estas células de memoria son las que proporcionan inmunidad,

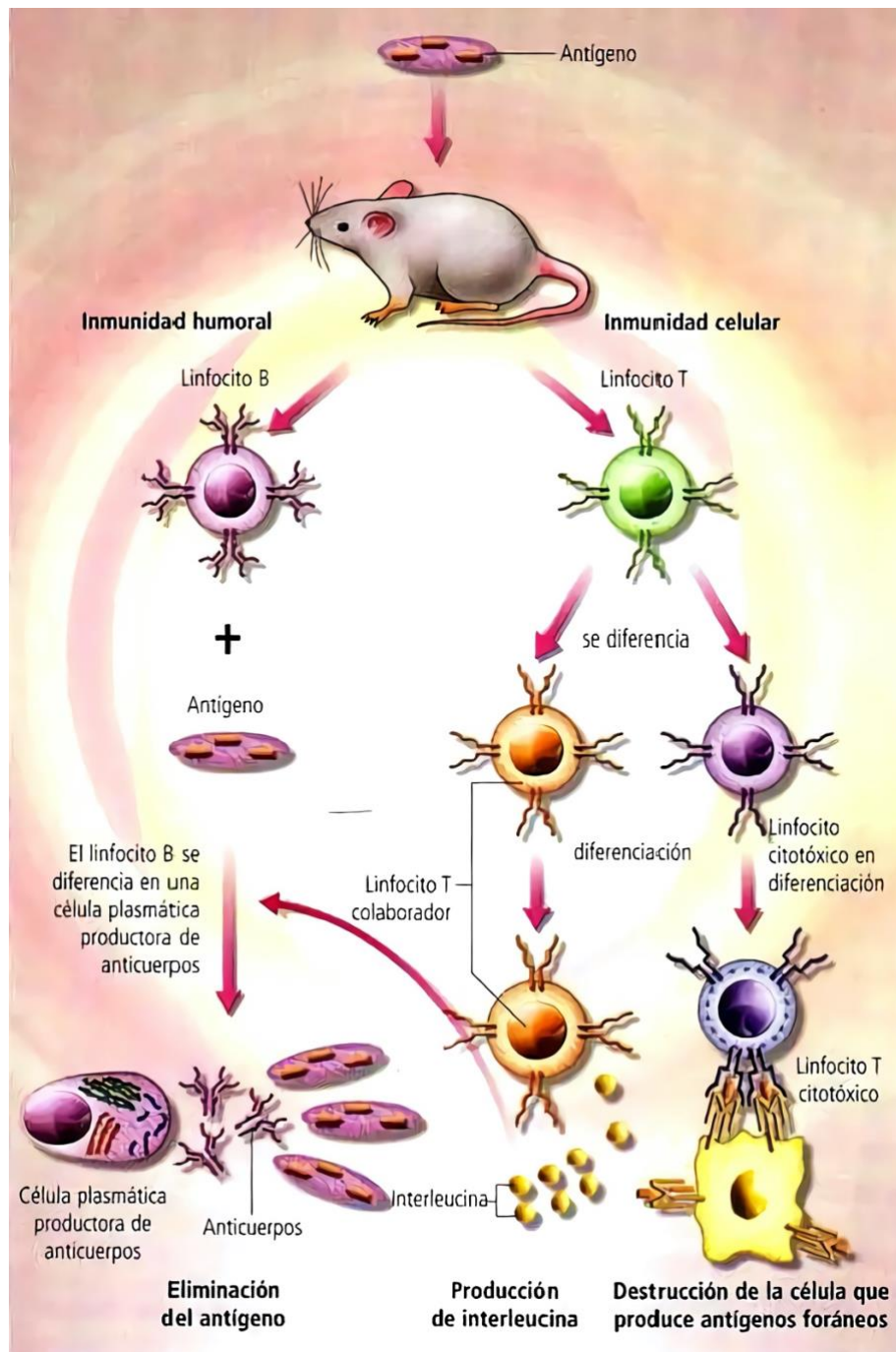
pues están capacitadas para responder más rápidamente al antígeno en caso de volver a entrar en contacto con él en otra ocasión (Owen et al., 2014).

En la respuesta de tipo celular (Figura 18), los linfocitos T también comienzan a proliferar rápidamente después de contactar con el antígeno, dando lugar a tres tipos de linfocitos: los linfocitos T CD4 o cooperadores; los linfocitos T CD8 o citotóxicos; y los linfocitos T de memoria. Los linfocitos T cooperadores se encargan de producir citocinas, unas moléculas que, entre otras funciones, ayudan a los linfocitos B a producir anticuerpos y a los fagocitos a destruir a los antígenos. Los linfocitos T citotóxicos se encargan de reconocer y destruir a las células que tienen antígenos en su interior. Los linfocitos T de memoria ejercen la misma función que los linfocitos B de memoria (Owen et al., 2014).

La respuesta inmunitaria adaptativa también puede inducirse en los organismos mediante la vacunación. De esta manera, se generan defensas hacia un tipo concreto de antígeno sin necesidad de desarrollar los síntomas propios de la enfermedad (Abbas et al., 2014).

Figura 18

Esquema gráfico de la inmunidad adaptativa de tipo humoral y celular



Nota. Célula plasmática productora de anticuerpos = linfocito B productor de anticuerpos; interleucina = citocina. En la imagen se utiliza como modelo animal un ratón, pero la respuesta se produce igual en humanos. Además de los linfocitos mostrados en el esquema, también se generan los linfocitos de memoria. Adaptado de “Inmunidad adquirida o adaptativa”, por Blog de Biología, s.f. (<https://www.blogdebiologia.com/inmunidad-adquirida-o-adaptativa.html>).

3. FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA

3.1. Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en educación

El concepto de las TIC incluye a la informática y sus tecnologías asociadas, la telemática y la multimedia. Además, se integran también los medios de comunicación social (los llamados mass media) y los medios de comunicación interpersonal tradicionales con soporte tecnológico, como el teléfono o el fax (Marqués, 2013).

Durante las últimas décadas se han producido una amplia variedad de avances tecnológicos que se han incorporado, de forma progresiva, a todos los aspectos de la vida y de la sociedad. Desde la eclosión de internet ha habido un incremento significativo en el uso de las TIC en todos los ámbitos. Las instituciones educativas no se han mantenido al margen y todas las áreas y niveles educativos se han inmiscuido en este proceso global de digitalización (Corrales, 2009).

Ante este panorama, el uso de las TIC en el sistema educativo reclama un nuevo tipo de alumno y de docente. Las TIC precisan de una reestructuración del proceso tradicional de enseñanza, de manera que los alumnos no actúen solo como receptores de la información y que todo el peso del saber no dependa exclusivamente del docente. Para que esto sea posible, los docentes deben estar lo suficientemente preparados como para poder dotar a los alumnos con todo el poder y las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías (Delgado et al., 2009).

Esta renovación pedagógica que reclaman las TIC no solo depende de la formación del profesorado, sino también de otros aspectos propios del centro educativo. Los proyectos de centro con relación a las TIC, la disponibilidad de ordenadores y de conexión a internet, así como la presencia de técnicos y coordinadores de las TIC son algunos de los factores limitantes para la implantación de las nuevas tecnologías en las metodologías didácticas. A esto hay que sumar que, en muchas ocasiones, se concibe en las aulas el uso de las TIC como algo innovador sin tener en cuenta el contenido transmitido a través de ellas. En este sentido, se sustituye el uso de los libros de texto por el ordenador, pero la metodología didáctica subyacente sigue siendo la misma que había antes del uso de las TIC (Colás et al., 2018).

El adecuado uso de las TIC en la educación reporta gran cantidad de beneficios, tanto a los alumnos como a los docentes. En el caso de los alumnos, se produce una mayor interactividad y autonomía, no hay tanta sensación de frustración ante los errores, facilitan la autoevaluación, son flexibles a cada alumno y asignatura, etc. En el caso de los docentes, les ayuda a preparar las clases, a tener información actualizada y

a conocer nuevos métodos y recursos didácticos, entre otras ventajas (Ruiz y Tesouro, 2013).

El uso de las TIC, sin embargo, no está exento de inconvenientes. A veces, se presupone que todos los alumnos tienen acceso a las TIC y se planifican actividades sin tener en cuenta las limitaciones en cuanto al uso de estas que los alumnos puedan tener en casa; el acceso a la información puede hacer que los alumnos se distraigan de las tareas, que obtengan información incorrecta o que hagan un “copia y pega” de la información sin haberla procesado previamente; da lugar a que los estudiantes se aprovechen del aprendizaje colaborativo y no trabajen; etc. En cuanto al docente, exige una inversión adicional de tiempo y de dinero para mantener una formación y perfeccionamiento constantes; en ocasiones, los recursos preparados no funcionan o los enlaces a internet no están disponibles, hecho que altera y entorpece el desarrollo de la clase; la existencia de mucha información requiere de tiempo para su revisión y para cerciorarse de que no tiene errores y, en caso de que los tenga, corregirlos, etc. (Díaz, 2014).

Otro de los grandes problemas a nivel mundial que plantea el uso de las TIC es que se pueden utilizar como herramientas para acosar a los compañeros. A través de redes sociales, chats, foros y otras plataformas, se dan situaciones de ciberacoso o cyberbullying, empleando para ello chantajes, vejaciones, amenazas y otras actuaciones similares (Ruiz y Tesouro, 2013).

Independientemente de los beneficios y los perjuicios de las TIC, es evidente que, en la actualidad, el acceso a las TIC es un requisito casi imprescindible para adaptarse a la sociedad tecnológica en la que vivimos. Por tanto, el uso de las TIC como herramienta pedagógica, siempre que estén bien utilizadas, puede convertirse en recurso valioso para el aprendizaje, logrando formar estudiantes con competencias personales y profesionales idóneas para el desarrollo de un país (Hernández, 2017).

En las asignaturas de ciencias naturales el principal problema que tienen las TIC es la falta de recursos para desarrollar el trabajo práctico que se llevaría a cabo en un laboratorio. A pesar de ello, hoy en día hay disponibles muchos laboratorios virtuales en los que se simulan las condiciones de trabajo de un laboratorio presencial, para salvar aquellas situaciones en las que no sea posible tener acceso a uno, o aquellos casos en los que los materiales prácticos sean difíciles de conseguir o supongan un riesgo de manejo para los alumnos (López y Morcillo, 2007). Además de ello, los laboratorios virtuales o el material multimedia asociado a ellos, se utiliza también como complemento a las prácticas presenciales, con el objetivo de optimizar al máximo el tiempo disponible en el laboratorio (Romero-Ariza y Quesada, 2014).

Además de los laboratorios virtuales y el uso implícito de las TIC que supone la navegación en internet y la utilización de programas ofimáticos, hay una multitud más de recursos que se pueden emplear en la enseñanza de las ciencias naturales. Entre ellos, encontramos, Webquest, simuladores, plataformas y aplicaciones de gamificación, microscopios virtuales, manuales interactivos y un sinfín más de opciones.

En esta unidad didáctica, además del uso más característico de las TIC (búsqueda de información en internet, reproducción de vídeos y utilización de programas ofimáticos), estas han sido implementadas a través de un análisis de ideas previas usando la plataforma de gamificación Kahoot, así como mediante la utilización de la plataforma edpuzzle.

3.2. Análisis de ideas previas

Uno de los grandes problemas al que se enfrentan hoy en día los docentes que imparten ciencias es la existencia de ideas previas en el alumnado. Se trata de creencias preconcebidas, normalmente alternativas a las ideas científicas y no frecuentemente incoherentes con ellas, que los alumnos elaboran para comprender como funciona un proceso natural o para describir y entender un determinado concepto científico (Bello, 2004). Dichas ideas previas guían y orientan el procesamiento de la información y la interpretación de las explicaciones dadas por los profesores, hecho que, en la mayoría de las ocasiones, hace que el alumno preste atención preferente a aquellos aspectos que apoyan sus propios puntos de vista (Campanario y Otero, 2000).

Junto a lo anterior, otro inconveniente característico de las ideas previas es que son resistentes al cambio y pueden permanecer en el sujeto durante un largo período de tiempo, aún cuando se haya recibido una instrucción escolarizada que las contradiga (Bello, 2004).

En relación con los microorganismos y las enfermedades infecciosas son muchas las ideas previas arraigadas en los alumnos. Por ejemplo, según Byrne (2003), se piensa que los microorganismos son mortales, que no tienen actividades benéficas, que solo se transmiten de persona a persona y que su principal actividad es provocar enfermedades, entre otras muchas ideas. En relación con su estructura, se cree, por ejemplo, que son pequeños seres invertebrados o con características antropomórficas, con forma geométrica o abstracta y con aspecto malicioso (Byrne, 2011).

El mecanismo más eficaz que conlleva a que un alumno ponga en cuestión sus ideas previas es el cambio conceptual, que da lugar a un aprendizaje significativo de los nuevos conceptos. Respecto al cambio conceptual, pueden darse tres escenarios posibles: incompatibilidad entre la idea previa y la nueva, hecho que puede generar un

rechazo de la nueva a causa del esfuerzo que supondría reestructurar todo el mapa mental (no hay aprendizaje significativo); reemplazo total de la idea previa por la nueva (hay aprendizaje significativo); y mezcla de ambas ideas, pues se compatibilizan entre ellas (hay aprendizaje significativo) (Caballero, 2008).

Ante la necesidad de inducir un aprendizaje significativo en el alumno, el profesor debe desarrollar y elaborar nuevas estrategias docentes alejadas de la metodología tradicional (Campanario y Otero, 2000). En este proceso, el conocimiento y la utilización de las ideas previas es una herramienta de gran interés (Fernández-Hernández et al., 2006).

Entender que el conocimiento no solamente se construye en el aula, sino también en el día a día del estudiante, junto con la aplicación de estrategias innovadoras de enseñanza, permitirá vincular las ideas previas de los alumnos con el desarrollo del conocimiento y la asimilación de nuevos contenidos (Villabona y Herrán, 2017).

3.3. Aprendizaje o trabajo cooperativo

El aprendizaje cooperativo es un recurso didáctico que consiste en crear pequeños grupos de trabajo con el propósito de que los alumnos colaboren entre ellos para lograr objetivos comunes. De esta manera, se maximiza tanto el aprendizaje propio como el del resto de los miembros del equipo (Johnson et al., 1999).

La utilización de este recurso en el aula hace entender a los alumnos que para poder alcanzar una determinada meta necesitan relacionarse entre ellos, discutir los asuntos planteados y resolver los problemas que puedan aparecer durante el trascurso de la actividad (Pérez, 2010). No solo es un ejercicio enfocado a conseguir un propósito concreto, pues, de forma indirecta, su utilización promueve en los estudiantes la adquisición de cinco elementos esenciales (Johson y Johson, 1989): interdependencia positiva; interacción cara a cara; responsabilidad individual; procesamiento grupal autónomo; y habilidades sociales y comunicativas necesarias para vivir en la sociedad actual.

Lo primero que debemos tener en cuenta a la hora de aplicar esta metodología es que no cualquier grupo de trabajo es un grupo cooperativo, pues para que lo sea debe cumplir una serie de características mínimas. Según Díaz-Aguado (2003), en primer lugar, hay que dividir a la clase en equipos heterogéneos de tres a seis personas, que pueden tener una duración de una sesión o menos (equipos informales), más de una sesión (equipos formales) o todo un año académico completo (equipos de base). En segundo lugar, cada alumno debe ayudar a que el resto de los compañeros aprendan y realicen las tareas, por tanto, el grupo debe ser interdependiente. Por último, se debe

recompensar el rendimiento obtenido en el grupo. Dadas las características del aprendizaje cooperativo, su implementación puede resultar un poco lenta al principio, aunque tras su uso reiterado llegará a sorprender por su productividad y por las relaciones de soporte que se generan entre los miembros de los equipos.

Las técnicas de aprendizaje cooperativo se suelen clasificar en dos grupos, formales e informales. Las técnicas informales se caracterizan por estar muy estructuradas, tener una duración corta (máximo una sesión), unos objetivos muy específicos y no necesitar de un alto nivel de destrezas. Algunos ejemplos de estas técnicas son, por ejemplo, las parejas de discusión o la parada de tres minutos. Las técnicas formales son más complejas, requieren un nivel de destrezas más alto y suelen durar varias sesiones. Los grupos de investigación o la técnica del rompecabezas (aplicada en esta unidad didáctica) son ejemplos de técnicas formales de aprendizaje cooperativo (Torrego, 2011).

En este tipo de aprendizaje es fundamental el papel del profesor, principalmente en la planificación de tareas, orientación del alumnado durante el desarrollo de estas y en su evaluación. Además, también se encargará de formar los equipos, establecer los roles de los alumnos en cada equipo, resolver dudas y apoyar a los equipos, entre otras funciones (Pérez, 2010).

Además de los ya citados cinco elementos esenciales que el aprendizaje cooperativo ayuda a adquirir, esta técnica presenta otras muchas ventajas. Entre ellas, encontramos, la mejora de la motivación escolar, pérdida progresiva del egocentrismo, aprendizaje de actitudes y valores o mejora del rendimiento académico. No obstante, a pesar de las muchas ventajas, su desarrollo conlleva también algunas dificultades, como pueden ser el espacio de las aulas para albergar a los grupos, dificultad para la selección del material a tratar, tiempo para corregir y evaluar, falta de experiencia del profesorado o absentismo ante los exámenes, entre otras (González y García, 2007).

Son muchos los casos en los que se han empleado técnicas de aprendizaje cooperativo para enseñar contenidos relacionados con la Biología (aunque la unidad didáctica esté diseñada para Cultura Científica, el contenido que se trata forma parte de la Biología). Algunos de ellos son, por ejemplo, el de Pantoja y Covarrubias (2013) donde se emplea la técnica del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para enseñar selección natural en 1º de Bachillerato; la técnica del rompecabezas empleada por De Miguel et al., (2009) para enseñar contenidos de microbiología a alumnos que estudian 2º de Farmacia; o la propuesta de Gallegos-Reséndiz et al., (2013), cuyo uso del aprendizaje cooperativo mejoró la comprensión sobre la anatomía y fisiología de los insectos en Educación Primaria.

3.4. Alfabetización científica y noticias falsas

La alfabetización científica podría definirse como todo aquel conjunto de comportamientos, conocimientos, predisposiciones y habilidades intelectuales que tiene una persona para poder desenvolverse en el ámbito cultural científico, aunque es un término que varía según los autores. Para algunos, una persona alfabetizada en ciencia es aquella que es capaz de aplicar el conocimiento científico para resolver problemas y tomar decisiones; otros opinan que es la predisposición para seguir aprendiendo ciencia durante toda la vida; otros sostienen que consiste solamente en tener conocimientos y habilidades científicas, aunque no lleguen a utilizarse (Membiela, 2007).

Independientemente de las distintas visiones sobre el término, la alfabetización científica no es algo inherente al hombre, ya que no surge de manera espontánea al entrar en contacto con los aspectos culturales de nuestra sociedad. Esto es debido al escaso conocimiento en ciencia que tiene la mayoría de la población. Por tanto, la adquisición de cultura científica y su alfabetización son aspectos que hay que entrenar y trabajar, hecho que depende, en gran medida, de las instituciones educativas y de los medios de comunicación social (Cañal, 2004).

En lo que a instituciones educativas se refiere, la alfabetización científica está cada vez más presente en los currículos de ciencias (Membiela, 2011), y muchas organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) señalan la necesidad de reforzarla en la Educación Secundaria Obligatoria. En España, tras la implantación de la LOGSE, la enseñanza de las ciencias se ha enfocado desde una nueva perspectiva para que su finalidad no sea exclusivamente propedéutica, sino para que esté orientada a que el alumnado se alfabetice científicamente (Díaz y García, 2011). Este hecho formará personas que no temerán enfrentarse a cuestiones científico-tecnológicas y que estarán concienciadas sobre cuestiones sociales como la protección del medioambiente o la salud (Sabariego y Manzanares, 2006).

El papel desempeñado por las instituciones educativas debe ir acompañado por el de los medios de comunicación, pues es necesario mantener relaciones entre la ciencia y la sociedad en un sentido amplio para evitar una posible fragmentación social entre ambos elementos (Blanco, 2004). En este sentido, muchos científicos, ante el auge de las tecnologías masivas de la información, además de a la televisión, se están moviendo paulatinamente hacia las redes sociales y comenzando a utilizar sin restricciones blogs, Facebook, Twitter, LinkedIn, Instagram, WhatsApp y muchos otros medios sociales no científicos ni regulados por academia ninguna (Garza, 2017).

Precisamente, esa falta de regulación de las redes sociales es el principal problema que encuentra hoy en día la divulgación científica. Con las redes sociales como un importante escenario de medios de comunicación, la proliferación de información falsa, teorías conspiratorias, manipulaciones gráficas, contenidos descontextualizados y, en definitiva, embustes de todo tipo y condición, influyen muy negativamente en la alfabetización científica, especialmente en el sector de población de mediana edad en adelante (Salaverría et al., 2020).

La situación actual de crisis sanitaria a causa del coronavirus ha sido un ejemplo de como han circulado en redes sociales noticias falsas y bulos, hechos que, para aquellas personas que no tienen una formación en ciencia, han supuesto una alfabetización científica negativa. A raíz de ello, por ejemplo, hemos podido ver episodios de psicosis en los supermercados en los que la gente agotaba las existencias de comida como si de una guerra se tratara; o abandonos de animales de compañía porque se pensaba que podían transmitir la enfermedad; entre otras cosas. Todo ello, a causa de la desinformación y la falta de cultura en ciencia.

Aprovechando la multitud de noticias falsas surgidas en torno al coronavirus, se ha incorporado en esta unidad didáctica una actividad enfocada a distinguir noticias falsas de reales relacionadas con el coronavirus. A través de esta actividad, se pretende fomentar la alfabetización científica en el alumnado. Esta metodología puede aplicarse también para todos los agentes infecciosos en general, ya que hay una gran cantidad de noticias falsas relacionadas con estos.

4. PROYECCIÓN DIDÁCTICA

4.1. Legislación educativa de referencia

La legislación educativa aplicada para el desarrollo de esta unidad didáctica ha sido la siguiente:

A nivel nacional

- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013. Referencia: BOE-A-2013-12886.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, del sábado 3 de enero de 2015. Sec. I. Págs. 169-546. Referencia: BOE-A-2015-37.

- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 25, del jueves 29 de enero de 2015. Sec. I. Págs. 6986-7003. Referencia: BOE-A-2015-738.

A nivel autonómico

- Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 122, del 28 de junio de 2016. Págs. 27-45. Referencia: 00094130.
- Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 144, del 28 de julio de 2016. Págs. 108-144. Referencia: 00095875.

4.2. Justificación

De acuerdo con lo dispuesto en la legislación nacional (Real Decreto 1105/2015, de 26 de diciembre) y autonómica (Orden de 14 de julio de 2016), esta unidad didáctica se ha elaborado para alumnos de 4º ESO de la asignatura de Cultura Científica del curso 2019/2020. Los contenidos tratados en esta se encuadran dentro del “Bloque 4. Calidad de vida” y versarán acerca de la salud, las enfermedades infecciosas, los agentes infecciosos y la inmunología.

Mediante el estudio de estos contenidos, los estudiantes adquirirán conocimientos generales de microbiología, haciéndoles comprender las características básicas de los organismos que estudia esta ciencia y, más concretamente, de como producen enfermedades infecciosas. Además, también se explicarán los mecanismos que posee el organismo para defenderse de dichas enfermedades.

Es muy importante conocer las características de los agentes infecciosos y los mecanismos que emplean para producir infecciones. Gracias a ello, se pueden adoptar medidas útiles de prevención para evitar la propagación de una enfermedad o comprender por qué un antibiótico es ineficaz frente a una infección viral, entre otras cosas.

Todos estos contenidos constituirán una base que facilitará un mejor abordaje de los asuntos tratados en cursos posteriores. Además, los alumnos también adquirirán formación en aspectos de Ciencias de la Salud y desarrollarán otras competencias y destrezas derivadas de las metodologías didácticas aplicadas.

4.3. Contextualización

4.3.1. Contextualización del centro escolar

La unidad didáctica elaborada está dirigida a alumnos de 4º ESO del centro IES San Felipe Neri. El instituto, además de ESO, también imparte Bachillerato y Formación Profesional (FP). El centro está ubicado en el municipio jiennense de Martos, en la Calle Río Jándula nº 1, en una zona limítrofe con el barrio del Nuevo Martos, el barrio del Molino Bordo y el Polígono Industrial Cañada de la Fuente (Figura 19).

Frente al instituto, en la zona limítrofe con el polígono industrial, se encuentra la factoría francesa Valeo Iluminación, una de las mayores fuentes de ingresos económicos tanto para los trabajadores de Martos como para los de otras localidades. También hay un restaurante de comida rápida de reciente implantación y una estación de servicio.

La instauración de Valeo en 1970 propició la construcción del barrio del Nuevo Martos ante la necesidad de conectar el centro urbano con la periferia industrial. Este barrio comenzó a estar ocupado por marteños que trasladaron su residencia desde otras partes del pueblo y por gente procedente de otras localidades cercanas, principalmente rurales. Actualmente, el barrio está integrado por familias de clase trabajadora y por otras de posición económica algo más superior. También tiene varios parques con pistas de fútbol y baloncesto y otros con máquinas de ejercicio.

El barrio del Molino Bordo es el más nuevo de todos los del municipio y también el de mayor poder adquisitivo. Comenzó a construirse a finales de la década de los 2000 y ha tardado varios años en ocuparse al completo. En su mayoría lo integran familias de mediana edad en adelante con alta dotación económica. En él encontramos casas que varían desde tamaño normal hasta considerablemente grandes, pequeños parques, zonas con máquinas de ejercicio, una pista de fútbol y canchas de baloncesto.

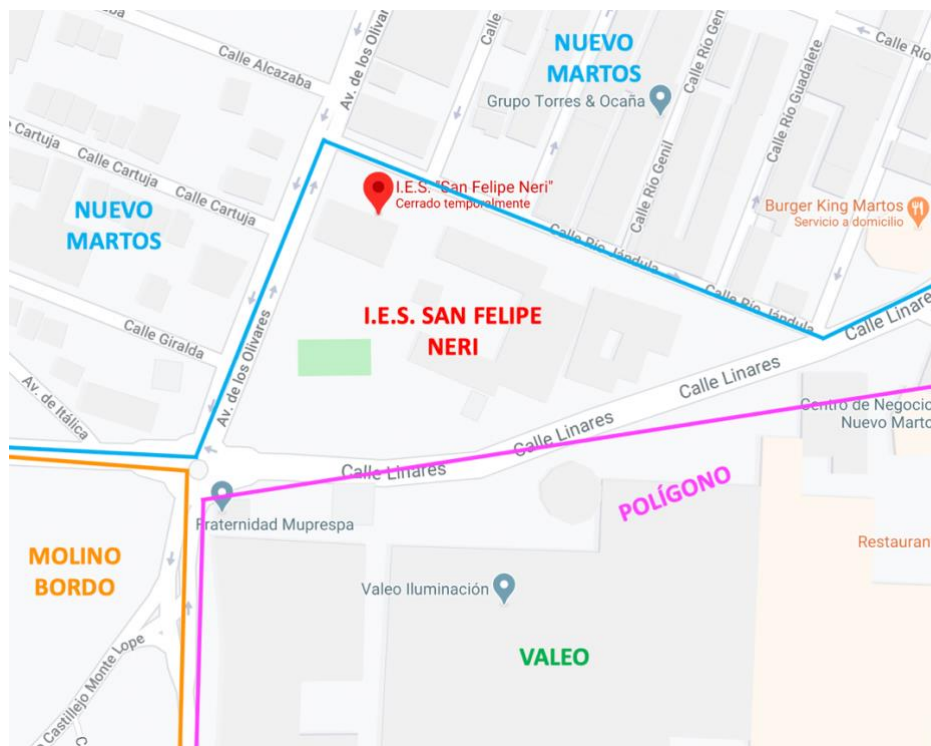
El centro cuenta con un edificio de la ESO, otro de Bachillerato y varios talleres para las FP. En los edificios de ESO y Bachillerato, además de salas de profesores, conserjería y otras estancias características, encontramos varias aulas formales de pequeño grupo y laboratorios. En el de ESO también hay un aula de tecnología, otra de música, otra de plástica, biblioteca, aulas de informática, cafetería, etc. Dentro del

recinto del centro, pero fuera de los edificios, están el gimnasio y las pistas de deporte, así como los talleres para la FP (de soldadura, electricidad y mecánica).

A pesar de estar situado en una de las mejores zonas del municipio y tener una amplia variedad de ofertas de estudio, es un centro al que van alumnos de toda clase procedentes de familias de distinto nivel adquisitivo, no solo de Martos, sino también de otras localidades próximas. De igual forma ocurre con los profesores, cuyo trato para con los alumnos es muy cercano, respetuoso y correcto. En definitiva, es un centro con muy buen ambiente académico en el que se asegura una buena formación.

Figura 19

Ubicación del centro I.E.S. San Felipe Neri



Nota. Adaptado de “I.E.S. San Felipe Neri”, por Google, s.f. (<https://www.google.es/maps/place/I.E.S.+%22San+Felipe+Neri%22/@37.7089632,-3.9754486,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd6dc5cf460ef2a7:0x2b00edabc9088998!8m2!3d37.7089632!4d-3.9732599>). Todos los derechos reservados [2020] por Google.

4.3.2. Contextualización del aula

Las características de los alumnos a los que va dirigida esta unidad didáctica, alumnos de 4º ESO, dada la situación actual de emergencia sanitaria, se han descrito a

partir del contacto que se ha tenido con ellos mediante la plataforma Google Classroom durante la realización de las prácticas en el centro docente.

El centro cuenta tres clases de 4º ESO, aunque el alumnado que ha escogido la asignatura de Cultura Científica pertenece a una misma clase. Dicha clase está integrada por veinticinco alumnos, habiendo equidad entre el número de chicas y de chicos. La mayoría son bastante participativos, pues preguntan muchas dudas que les surgen acerca de las tareas que deben realizar durante la semana. Además, también hay un alto volumen de intervenciones en otras actividades complementarias organizadas. También son bastante curiosos, ya que a raíz de las actividades semanales y de las complementarias plantean preguntas muy interesantes que les ayudan a completar su formación.

En general, la clase es buena y se implica bastante en las actividades propuestas. No hay alumnos con necesidades educativas especiales.

4.3.3. Contextualización de la unidad didáctica

La presente unidad didáctica ha sido elaborada para alumnos de la asignatura de Cultura Científica de 4º ESO del curso académico 2019/2020. Es una asignatura de opción del bloque de asignaturas específicas que consta de dos horas lectivas por semana. Se encuadra dentro del “Bloque 4. Calidad de vida” en función de lo establecido a nivel nacional y autonómico. Las horas lectivas estimadas para el desarrollo total de la asignatura son unas setenta y dos horas. El reparto de las horas se ha hecho de acuerdo con el calendario académico 2019/2020 publicado por la Junta de Andalucía, teniendo en cuenta que la asignatura se imparte los miércoles y los viernes. Los contenidos de esta unidad didáctica se desarrollarán a lo largo de ocho sesiones, las cuales, en el contexto general de la asignatura, se distribuyen de la siguiente forma (Tabla 3):

Tabla 3

Temporalización de las Unidades Didácticas de 4º ESO de Cultura Científica

Trimestre	Bloque	Unidad Didáctica	Sesiones
1º	-	Evaluación inicial	2
1º	Procedimientos de trabajo	El método científico	4
		Comunicación y divulgación científicas	6
		Estudio del universo a lo largo de la historia	3

Trimestre	Bloque	Unidad Didáctica	Sesiones
1º	El Universo	Origen y estructura del Universo	4
		El Sistema Solar	4
		¿Hay vida en otros planetas?	3
2º	Avances tecnológicos y su impacto ambiental	Impacto ambiental: causas, consecuencias y posibles soluciones	5
		Métodos de evaluación del impacto ambiental	3
		Fuentes de energía	4
		Protección medioambiental	2
2º	Calidad de vida	Tratamiento histórico de la enfermedad	3
		<u>Enfermedades infecciosas: cuando los microorganismos ponen en riesgo a la salud</u>	8
3º	Calidad de vida	Enfermedades no infecciosas: afecciones de la salud por causas ajenas a los microorganismos	5
		Hábitos de vida saludables	4
3º	Nuevos materiales	Los materiales y el progreso humano	3
		Materias primas: obtención, repercusiones sociales y problemas medioambientales	6
		Nuevos materiales y desarrollo futuro de la sociedad	3

Nota. Elaboración propia.

4.4. Objetivos

Según lo dispuesto en el artículo 2.1 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, los objetivos son todos aquellos logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar cada etapa como resultado de las experiencias de enseñanza-aprendizaje intencionalmente planificadas a tal fin.

4.4.1. Objetivos de etapa

Conforme a lo establecido en el artículo 11 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, la Educación Secundaria Obligatoria contribuirá a desarrollar en los alumnos y las alumnas las capacidades que les permitan:

- a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las persona y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.
- b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- c) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.
- d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.
- e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos

para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

- g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes completos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.
- i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.
- j) Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultura.
- k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.
- l) Apreiciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

La relación de estos contenidos con los de materia, los específicos de la unidad didáctica y las competencias clave se detallan en el ANEXO I.

4.4.2. Objetivos generales de la materia de Cultura Científica

De acuerdo con lo dictado en la Orden de 14 de julio de 2016, la enseñanza de la Cultura Científica en la Educación Secundaria Obligatoria tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Ciencia y la Tecnología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones del desarrollo científico en general y sus aplicaciones.

2. Desarrollar destrezas básicas en la selección y utilización de la información de carácter científico proveniente de diversas fuentes, sabiendo discriminar aquellas que sean fiables.
3. Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico.
4. Desarrollar hábitos de trabajo en equipo, de debate y evaluación, sobre propuestas y aplicaciones de los últimos avances científicos que aparezcan en los medios de comunicación.
5. Afianzar el respeto y sensibilidad hacia el medio ambiente, promoviendo comportamientos y actitudes que contribuyan a la consecución de un desarrollo sostenible.
6. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida actuales, desarrollando actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria.
7. Comprender y valorar los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos, aplicando en la resolución de problemas estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias.
8. Reconocer las aportaciones del conocimiento científico al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.
9. Valorar las aportaciones y avances a nivel científico y tecnológico que se han realizado en la Comunidad Autónoma Andaluza.

La relación de estos contenidos con los de etapa, los específicos de la unidad didáctica y las competencias clave se detallan en el ANEXO I.

4.4.3. Objetivos específicos de la unidad didáctica

Los objetivos específicos que se pretenden alcanzar a través del desarrollo de esta unidad didáctica son los siguientes:

1. Comprender que la salud no solo depende de la presencia o ausencia de enfermedades, sino también de otros factores. (OE1)
2. Determinar el carácter infeccioso de una enfermedad atendiendo a sus características. (OE2)

3. Conocer las características generales y los mecanismos de patogenia de los microorganismos causantes de enfermedades infecciosas. (OE3)
4. Identificar a los microorganismos responsables de algunas de las enfermedades infecciosas más comunes. (OE4)
5. Conocer los síntomas y tratamientos de algunas de las enfermedades infecciosas más comunes. (OE5).
6. Entender cómo funcionan los sistemas de defensa que posee el organismo frente al ataque de agentes patógenos. (OE6)
7. Saber utilizar correctamente las TIC para hacer actividades, buscar información y elaborar trabajos. (OE7)
8. Reconocer y valorar la importancia del trabajo en equipo. (OE8)
9. Desarrollar destrezas inherentes al trabajo en equipo. (OE9)
10. Desarrollar el criterio y pensamiento científicos. (OE10)

La relación de estos contenidos con los de etapa, los de materia y las competencias clave se detallan en el ANEXO I.

4.5. Contenidos

Los contenidos son todo aquel conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias. Los contenidos se ordenan en asignaturas, que se clasifican en materias y ámbitos, en función de las etapas educativas o los programas en que participe el alumnado. Definición estipulada en el artículo 2.1 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre.

Los contenidos incluidos en esta unidad didáctica se han diseñado para el “Bloque 4. Calidad de vida”, para alumnos de 4º ESO de la asignatura de Cultura Científica, en función de lo establecido en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre y la Orden de 14 de julio de 2016. El Real Decreto 1105/2014 no establece contenidos para esta asignatura, pero sí criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables. La Orden de 14 de julio de 2016 sí establece contenidos y criterios de evaluación (estos últimos iguales a los de la legislación nacional), pero no estándares de aprendizaje evaluables. Ante la falta de compatibilidad entre ambas legislaciones en algunos aspectos y, a mi parecer, la ambigüedad de los contenidos propuestos por la legislación autonómica, pues parecen no adaptarse completamente a los estándares de aprendizaje evaluables establecidos en la legislación nacional, los

contenidos de esta unidad didáctica se han desarrollado de forma adaptada a los estándares de aprendizaje evaluables propuestos por la legislación nacional (Tabla 4):

Tabla 4

Relación entre los contenidos y los estándares de aprendizaje evaluables

Contenidos UD	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>Microbiología y salud: enfermedades infecciosas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprende la definición de la salud que da la Organización Mundial de la Salud (OMS). - Determina el carácter infeccioso de una enfermedad atendiendo a sus causas y efectos.
<p>Agentes infecciosos más comunes: características principales y patologías asociadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Describe las características de los microorganismos causantes de enfermedades infectocontagiosas. - Conoce y enumera las enfermedades infecciosas más importantes producidas por bacterias, virus, protozoos y hongos, identificando los posibles medios de contagio, y describiendo las etapas generales de su desarrollo.
<p>Mecanismos de defensa del organismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica los mecanismos de defensa que posee el organismo humano, justificando la función que desempeñan.

Nota. Elaboración propia.

4.6. Metodología

El desarrollo de la unidad didáctica se llevará a cabo en ocho sesiones de unos cincuenta y cinco minutos de duración cada una, aproximadamente. La estructuración de las sesiones se adaptará al siguiente esquema (Tabla 5):

Tabla 5*Estructura general de las sesiones en las que se desarrollará la UD*

Sesión	Desarrollo de la sesión	Duración
1	- Presentación del tema - <u>Actividad 1</u> : ideas previas (Kahoot)	25 minutos
	- <u>Actividad 2</u> : salud y enfermedades infecciosas (edpuzzle)	15 minutos
	- Explicación del desarrollo de las sesiones 2, 3, 4 y 5 - Formación de los grupos de trabajo - Aporte de material para la sesión 2	15 minutos
2	- <u>Actividad 3</u> : virus, bacterias, protozoos, hongos e inmunología (trabajo cooperativo: el rompecabezas I)	55 minutos
3	- <u>Actividad 4</u> : virus, bacterias, protozoos, hongos e inmunología (trabajo cooperativo: el rompecabezas II)	55 minutos
4	- <u>Actividad 4</u> : virus, bacterias, protozoos, hongos e inmunología (trabajo cooperativo: el rompecabezas II)	55 minutos
5	- <u>Actividad 4</u> : virus, bacterias, protozoos, hongos e inmunología (trabajo cooperativo: el rompecabezas II)	30 minutos
	- Repaso de las ideas principales y resolución de dudas acerca de los contenidos, el resumen y el examen	25 minutos
6	- Examen de los contenidos tratados en las sesiones 3, 4 y 5	45 minutos
	- Explicación del desarrollo de las sesiones 7 y 8	10 minutos
7	- <u>Actividad 5</u> : ¿verdad o mentira? (noticias falsas sobre coronavirus)	55 minutos
8	- <u>Actividad 6</u> : exposición trabajos actividad 5	55 minutos

Nota. Elaboración propia.

4.6.1. Sesión 1

La primera clase, que se desarrollará en el aula de informática, comenzará con la reproducción de un vídeo corto acerca del coronavirus, pues es uno de los temas más comentados y preocupantes del momento actual (<https://www.youtube.com/watch?v=prHuClGHtmY>). De esta manera, tras haber captado su atención y una vez puestos en contexto, se hará una breve presentación de los contenidos que se tratarán a lo largo de las sesiones. A continuación, se desarrollará la actividad 1. En esta, mediante un Kahoot, el profesor realizará una serie de preguntas destinadas a detectar ideas previas de los alumnos en referencia a los contenidos que se tratarán en el tema, al mismo tiempo que intentará conseguir el cambio conceptual de estas. De esta manera, se facilitará la comprensión de los materiales de los que dispondrán los alumnos para el desarrollo de la siguiente sesión, así como para el desarrollo general de las siguientes sesiones. Esta parte de la primera sesión no tendrá una duración superior a veinticinco minutos.

A continuación, se realizará la actividad 2, la cual consistirá en la reproducción de dos vídeos de edpuzzle acerca de la salud y las enfermedades infecciosas (primero, este vídeo: <https://edpuzzle.com/media/5eea4e6b3534083f2216a9c9>; a continuación, este: <https://edpuzzle.com/media/5ed53675680b623f362adc58>). Con esta actividad se cubren los contenidos dispuestos en el apartado 2.2.1. de la unidad didáctica. Dichos vídeos contienen preguntas que se emplearán como medio de evaluación. Hay que aclarar que, en este punto del curso, los alumnos ya tendrán cuenta en edpuzzle y sabrán utilizarlo, pues se les habría pedido al inicio del curso que se creasen una cuenta en caso de que no la tuviesen. Esta parte, que se hará de forma individual, tendrá una duración máxima de quince minutos.

El último cuarto de hora de clase se empleará en explicar en que consisten y como se desarrollarán las cuatro siguientes sesiones. En estas se empleará la técnica de trabajo cooperativo del rompecabezas, que se basa en lo siguiente (Aronson y Patnoe, 1997):

- 1) División del tema en partes y conformación de equipos con tantos integrantes como partes en las que se haya dividido la materia. Estos grupos serán los equipos de base.
- 2) Designación de un estudiante como líder del grupo, cuyo papel será ejercer de moderador. Con el uso reiterado de la técnica, es importante ir variando la persona que ejerce de líder.
- 3) Asignación de una parte del tema a cada integrante del grupo, de forma que cada alumno se convertirá en un experto en dicha parte del tema.

- 4) Proporcionar tiempo para que los alumnos trabajen la parte que les ha tocado.
- 5) Reunión de todos los expertos en un mismo tema en un grupo de expertos. Dentro de estos grupos se pondrán en común las ideas del tema en que son especialistas, se aclararán dudas y se acordará la manera de explicar el tema al resto de miembros del grupo de origen. Esta primera parte del rompecabezas es la que se trabajará en la segunda sesión.
- 6) Reunificación en el equipo base de cada experto una vez finalizada la etapa de los grupos de expertos. Cada experto vuelve a su grupo de partida y explica su parte del tema. Los miembros del grupo tendrán que tomar notas y plantear dudas para interiorizar los contenidos explicados. Esta segunda parte del rompecabezas se hará durante la tercera, cuarta y parte de la quinta sesión.
- 7) Evaluación de la actividad. Los métodos de evaluación se irán describiendo junto con la explicación de cada sesión.

Como para el desarrollo de las sesiones será necesario dividir a la clase en grupos, se formarán en este momento. El profesor creará los grupos formales de trabajo cooperativo, que se mantendrán hasta el final de las sesiones (a excepción de en los grupos de expertos), buscando el equilibrio intragrupal e intergrupalo. Puesto que la clase consta de veinticinco alumnos, se harán cinco grupos de cinco personas cada uno. A cada uno de los miembros de los equipos se le asignará, de forma aleatoria, un contenido de los incluidos en los apartados 2.2.2. y 2.2.3. (virus, bacterias, protozoos, hongos e inmunología). Así, cada miembro trabajará un apartado en concreto. El profesor le dará a cada integrante del equipo un resumen del contenido que le haya tocado abordar, con el objetivo de que lo trabaje y lo complete con más información para la siguiente sesión. En dicho resumen se incluirán las directrices acerca de la información adicional con la que se tendrán que completar los apuntes.

4.6.2. Sesión 2

La segunda sesión se empleará en realizar la actividad 3, en la que se trabajará la primera parte de la técnica del rompecabezas. Al inicio de la sesión se hará un breve recordatorio de la forma en la que se trabajará y se entregará a cada alumno una ficha de evaluación (ANEXO II) para que cada experto evalúe al resto de expertos en su mismo tema. Esta ficha se entregará rellena al comienzo de la tercera sesión.

Como ya se ha comentado, la totalidad de la segunda sesión se dedicará a desarrollar la parte del rompecabezas correspondiente a la reunión de los grupos de

expertos. Todos los expertos discutirán acerca de los puntos principales de sus temas, con el objetivo de crear un tema unánime que será el que expliquen en las siguientes sesiones a sus compañeros iniciales de equipo. El moderador de cada equipo se decidirá al comienzo de la sesión entre los miembros de cada equipo.

En todo este proceso, el docente actuará de orientador, supervisor y mediador de los equipos. Así mismo, se encargará de resolver todas las dudas y curiosidades que se puedan plantear.

El cuestionario de evaluación entre expertos (ANEXO II), junto con las observaciones del profesor (ANEXO III), servirán como evaluación de esta primera parte del rompecabezas.

4.6.3. Sesiones 3, 4 y 5

Tras recoger los cuestionarios de evaluación de la sesión anterior, se dará una breve explicación de la forma en la que se trabajará en esta y en las dos sucesivas sesiones. A continuación, después de que cada equipo base elija a su moderador, se empezará a trabajar en la actividad 4. Esta actividad se centrará en la exposición de los temas de cada experto al resto de los miembros del grupo de partida. Los equipos podrán organizarse como quieran para realizar las intervenciones de cada experto, pero tendrán que gestionarse correctamente para tratar los cinco contenidos en el tiempo disponible. También se les informará de que se examinarán de estos contenidos en la sexta sesión, así como de que deberán entregar un resumen por equipo de todos los contenidos, el cual, junto con el examen, se tendrá en cuenta para la evaluación. Por tanto, los miembros de los equipos tendrán que ir tomando notas durante las explicaciones de los expertos.

El profesor, del mismo modo que en la sesión dos, actuará de orientador y supervisor de los equipos, al mismo tiempo que resolverá las dudas que se le vayan planteando. Además del resumen y el examen, las observaciones del profesor (ANEXO III) serán las vías de evaluación de estas sesiones.

Los últimos veinticinco minutos de la quinta sesión se dedicarán a hacer un repaso de las ideas principales y a resolver dudas acerca del contenido del temario que no haya quedado claro durante el desarrollo del rompecabezas, así como acerca del resumen y del examen.

4.6.4. Sesión 6

La práctica totalidad de esta sesión se dedicará a la realización de un examen acerca de los contenidos abordados en la actividad del rompecabezas. Contendrá, por tanto, preguntas referentes a virus, bacterias, protozoos, hongos e inmunología. El modelo de examen se puede consultar en el ANEXO IV.

En los últimos diez minutos de clase, cada equipo entregará al profesor su resumen (uno por equipo) acerca de los agentes infecciosos e inmunología y se explicará como van a desarrollarse las dos últimas sesiones.

4.6.5. Sesión 7

En la séptima sesión se empezará a trabajar en una actividad que se ha titulado “¿verdad o mentira?” (actividad 5). Dada la situación actual de emergencia sanitaria a causa del coronavirus, muchas son las noticias y recomendaciones falsas que han surgido acerca de él. Por tanto, esta actividad está enfocada al análisis de noticias relativas al coronavirus, con el objetivo de analizar si son falsas o verdaderas. Esta actividad puede aplicarse a todas las enfermedades infecciosas, pues noticias falsas con relación a ellas hay muchas, pero se ha decidido enfatizar en el coronavirus porque es la situación inmediata en la que estamos viviendo. No obstante, si no hubiese coronavirus, esta actividad se desarrollaría de la misma forma, aunque se tratarían noticias relativas a las enfermedades y agentes infecciosos en general.

Esta actividad contribuye a la alfabetización científica del alumnado y a que desarrollen pensamiento crítico, hecho que no solo les ayudará a discernir entre lo que es verdad y mentira acerca del coronavirus, sino también de otras enfermedades producidas por agentes infecciosos.

Previo paso al inicio de la sesión, el profesor habrá buscado diez noticias o recomendaciones acerca del coronavirus, algunas verdaderas y otras falsas. Al inicio de la clase, se asignarán dos enunciados de las noticias disponibles en el ANEXO V a cada equipo base de forma aleatoria. A partir de entonces, el equipo deberá informarse acerca de los aspectos tratados en la noticia (en el enunciado) y tendrá que determinar si es verdadera o falsa a través de una breve exposición que se hará en la última sesión. Durante el desarrollo de esta sesión, además de buscar información acerca de la noticia (por tanto, la sesión se hará en un aula de informática) también se explicarán los aspectos relacionados con el trabajo expositivo y se resolverán las dudas que surjan en torno a este y a las noticias.

4.6.6. Sesión 8

La última sesión de esta unidad didáctica se dedicará a la exposición de trabajos de las noticias asignadas en la sesión anterior. Cada equipo hará una exposición en PowerPoint, de no más de siete minutos, en la que deberá argumentar de forma científica, en base a lo estudiado a lo largo de las sesiones y a la información buscada en internet u otros medios, por qué la noticia es verdadera o es falsa. La exposición la realizará un solo miembro del equipo, aunque, al finalizar las exposiciones, el profesor y el resto de los alumnos podrán hacer preguntas breves a todos los miembros del equipo hasta agotar los diez minutos máximos de los que dispondrá cada equipo entre exposición y tiempo de preguntas. Esta actividad la evaluará el profesor en base a la calidad del trabajo, exposición y resolución de dudas planteadas (ANEXO VI).

4.7. Competencias clave

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 2.1 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, las competencias se definen como las capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos. Estas competencias son las siguientes:

- a) Comunicación lingüística (CCL)
- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)
- c) Competencia digital (CD)
- d) Aprender a aprender (CAA)
- e) Competencias sociales y cívicas (CSC)
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)
- g) Conciencia y expresiones culturales (CEC)

Según lo establecido en el artículo 2 de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, las competencias anteriores se consideran competencias clave.

Las competencias clave que se trabajarán en esta unidad didáctica a través de la metodología propuesta se describen a continuación.

Comunicación lingüística

Esta competencia se desarrollará en la actividad del rompecabezas de la segunda, tercera, cuarta y quinta sesión, así como en la última sesión, en la exposición de los trabajos. Los alumnos, en su interacción entre ellos y con el profesor, se verán en la necesidad de utilizar un lenguaje científico y no científico adecuado para expresar correctamente lo que quieren decir y hacerse entender.

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología

La competencia matemática no se trabajará, pero sí la competencia en ciencia. Durante las sesiones se estudiarán cuestiones relacionadas con la salud, enfermedades infecciosas, agentes infecciosos e inmunología, contenidos que versan acerca de las Ciencias de la Salud y que ayudarán a los alumnos a adquirir formación en este campo. Además, con la actividad de las noticias falsas, los alumnos comenzarán a desarrollar pensamiento crítico con relación a cuestiones científicas.

Competencia digital

Esta competencia se trabajará de dos formas, en clase y en casa:

- En clase se hará en la primera sesión con la actividad del Kahoot y el edpuzzle, así como en la séptima sesión con la búsqueda y discriminación de información para la actividad de las noticias falsas.
- En casa se trabajará durante el transcurso de la primera a la segunda sesión, pues los alumnos tendrán que buscar información para completar el material sobre el que han sido designados como expertos; y de la séptima a la octava sesión, en caso de que no hayan reunido en clase información suficiente para elaborar el trabajo de noticias falsas. También trabajarán esta competencia durante la elaboración del PowerPoint de los trabajos relacionados con las noticias falsas.

Aprender a aprender

La principal forma en la que se trabaja esta competencia es a través de la técnica del rompecabezas. El profesor no dará directrices acerca de como deberá organizar cada experto su explicación, ni tampoco dispondrá el orden de intervención de cada uno. Por tanto, los alumnos tendrán que gestionar el tiempo del que disponen para tratar los aspectos en los que sean expertos y deberán sintetizar sus explicaciones para encuadrar los cinco temas en el tiempo disponible. Todo esto deberán hacerlo de forma consensuada entre el moderador y el resto del equipo, pero sin intervención del

profesor. El moderador deberá conducir la situación y resolver los posibles problemas que se planteen, con lo que también desarrollará esta competencia.

Durante la búsqueda de información para completar el material de la segunda sesión y para la realización del trabajo de noticias falsas, los alumnos deberán aprender a discriminar la información superflua de la importante, contribuyendo así al desarrollo de esta competencia.

Competencia social y cívica

Las reuniones de los grupos de expertos y de cada experto con su equipo de base en la actividad del rompecabezas contribuyen al desarrollo de esta competencia. Durante las intervenciones de los integrantes de los equipos se habrá de respetar a los demás miembros, así como el turno de palabra. También se tendrán que aceptar todas las opiniones y, en caso de no estar de acuerdo con ellas, rebatirlas de forma adecuada y respetuosa. Esto les ayudará a adquirir cierta formación en valores para con la ciudadanía.

El conocimiento de las características de las enfermedades infecciosas y las medidas de prevención también contribuyen a esta competencia. Sabiendo cual es la causa de una enfermedad infecciosa se puede contribuir a evitar su propagación, al menos a nivel local (en casa y en círculos cercanos). El conocimiento acerca de estos temas también puede ayudar, entre otras cosas, a diferenciar bulos y falsas noticias o a hacer un uso racional de los medicamentos.

Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

El sentido de iniciativa se presta a trabajarse muy bien en la actividad del rompecabezas, pues aquellos alumnos que se erijan como moderadores de los equipos necesitarán contar con las habilidades necesarias para conducir las intervenciones y resolver los posibles problemas que pudieran surgir. Aunque no las tengan, el mero hecho de intentar moderar ya denota iniciativa por su parte.

También se desarrollaría en las actividades de las noticias falsas en su conjunto, pues el decidir que información incluir, como tratarla, como plasmarla en el trabajo y que alumno expondrá necesita de esta competencia.

Toda esta relación entre las actividades desarrolladas en la unidad didáctica y las competencias clave queda resumida en la siguiente tabla (Tabla 6):

Tabla 6*Relación entre las actividades y las competencias clave*

Actividad	CCL	CMCT	CD	CAA	CSC	SIEE
Actividad 1: Kahoot		X	X			
Actividad 2: edpuzzle		X	X			
Actividad 3: rompecabezas I	X	X	X	X	X	X
Actividad 4: rompecabezas II	X	X		X	X	X
Actividad 5: ¿verdad o mentira?		X	X	X		X
Actividad 6: exposición de trabajos actividad 5	X	X	X	X		X

Nota. Elaboración propia.

La relación entre las competencias clave y los objetivos de etapa, de materia y específicos se detallan en el ANEXO I.

4.8. Evaluación

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 20 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, así como en el artículo 14 del Decreto 111/2016, de 14 de junio, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria, que será continua, integradora y diferenciada según las distintas materias del currículo.

4.8.1. Relación entre los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables

Los referentes para la comprobación del grado de adquisición de las competencias y el logro de los objetivos de la etapa en las evaluaciones de las materias serán los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables. El artículo 2 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, establece la definición de estos elementos:

- **Criterios de evaluación:** referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado. Describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias. Responden a lo que se pretende conseguir en cada asignatura.

- Estándares de aprendizaje evaluables: especificaciones de los criterios de evaluación que permiten definir los resultados de aprendizaje, y que concretan lo que el estudiante debe saber, comprender y saber hacer en cada asignatura; deben ser observables, medibles y evaluables y permitir graduar el rendimiento o logro alcanzado. Su diseño debe contribuir y facilitar el diseño de pruebas estandarizadas y comparables.

La relación entre los contenidos de la unidad didáctica, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables, de acuerdo con el Real Decreto 1105/2014, se establecen a continuación (Tabla 7):

Tabla 7

Relación entre contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
- Salud y enfermedades infecciosas	1. Reconocer que la salud no es solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.	1.1. Comprende la definición de la salud que da la Organización Mundial de la Salud.
- Salud y enfermedades infecciosas - Agentes infecciosos más comunes: características generales y patologías asociadas - Mecanismos de defensa del organismo	2. Diferenciar los tipos de enfermedades más frecuentes, identificando algunos indicadores, causas y tratamientos más comunes.	2.1. Determina el carácter infeccioso de una enfermedad atendiendo a sus causas y efectos. 2.2. Describe las características de los microorganismos causantes de enfermedades infectocontagiosas. 2.3. Conoce y enumera las enfermedades infecciosas más importantes producidas por bacterias, virus,

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
		<p>protozoos y hongos, identificando los posibles medios de contagio, y describiendo las etapas generales de su desarrollo.</p> <p>2.4. Identifica los mecanismos de defensa que posee el organismo humano, justificando la función que desempeñan.</p>

Nota. Elaboración propia.

4.8.2. Procedimientos, técnicas e instrumentos de evaluación

La Orden de 14 de julio de 2016 establece en el artículo 15 que el profesorado llevará a cabo la evaluación, preferentemente, a través de la observación continuada de la evolución del proceso de aprendizaje de cada alumno o alumna y de su maduración personal en relación con los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria y las competencias clave. A tal efecto, utilizará diferentes procedimientos, técnicas o instrumentos como pruebas, escalas de observación, rúbricas o portfolios, entre otros, ajustados a los criterios de evaluación y a las características específicas del alumnado.

Los instrumentos de evaluación y la calificación asociada a ellos que se han establecido en esta unidad didáctica son los siguientes (Tabla 8):

Tabla 8

Relación entre los instrumentos de evaluación y su contribución a la nota final

Actividad	Instrumento de evaluación	Peso del instrumento de evaluación	¿Nota individual o por equipo?	Contribución a la nota final individual
Actividad 2 Edpuzzle	Visualización de los vídeos y resolución de las preguntas	100%	Individual	5%
Actividad 3 Rompecabezas I	Ficha de evaluación entre expertos (ANEXO II)	40%	Equipo	25 %
	Observaciones del profesor (ANEXO III)	60%		
Actividad 4 Rompecabezas II	Resumen	50%	Equipo	30%
	Observaciones del profesor (ANEXO III)	50%		
Examen	Examen (ANEXO IV)	100%	Individual	15%
Actividades 5 y 6 Noticias falsas	Exposición de trabajos (ANEXO VI)	100%	Equipo	25%

Nota. Elaboración propia.

4.8.3. Recuperación de la unidad didáctica

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, con el fin de garantizar a los alumnos y alumnas la recuperación de las materias con evaluación negativa, las Administraciones educativas regularán las condiciones para que los centros organicen las oportunas pruebas extraordinarias y programas individualizados en las condiciones que determinen.

En caso de no superar la unidad didáctica con los medios dispuestos, se hará una recuperación de esta a nivel individual. La recuperación consistirá en la realización de un examen (ANEXO VII), que tendrá un peso de un 80% y en la entrega sin exposición de

un nuevo trabajo relacionado con otras dos noticias falsas, esta vez ya no de coronavirus, sino de otros agentes infecciosos (ANEXO VIII) con un peso del 20% respecto a la nota final.

4.9. Elementos transversales

En función de lo establecido en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, en Educación Secundaria Obligatoria, sin perjuicio de su tratamiento específico en algunas de las materias de cada etapa, la comprensión lectora, la expresión oral y escrita, la comunicación audiovisual, las Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC), el emprendimiento y la educación cívica y constitucional se trabajarán en todas las materias. Los elementos transversales que se trabajan en esta unidad didáctica son los siguientes:

Comprensión lectora

Se trabajará a lo largo de varias sesiones (tanto en clase como en casa):

- Sesión 1: en los vídeos de edpuzzle hay anotaciones con información relativa al temario que no se abordarán en ninguna otra sesión. Además, hay preguntas relacionadas con dichas anotaciones. Por tanto, habrán de comprender lo escrito en esas anotaciones para contestar a las preguntas.
- Sesión 6: el examen de agentes infecciosos e inmunología necesita de una comprensión de las preguntas para poder contestarlas correctamente.
- Sesión 7: para la búsqueda de información acerca de las noticias falsas es vital la comprensión lectora, ya que, entre otras cosas, ayudará a discriminar la información útil para el trabajo de la sesión posterior.
- Tránsito de la sesión 1 a la 2: el material proporcionado por el profesor a los expertos tendrá que ser estudiado y complementado en casa, para lo cual es muy importante comprender lo que dicho material explica.

Expresión oral y escrita

La expresión oral se trabaja en la segunda sesión, a través de las reuniones de los expertos en cada tema (rompecabezas I); en la tercera, cuarta y quinta sesión, con las explicaciones de cada experto al resto de miembros de su equipo de base (rompecabezas II); y en la exposición de trabajos de noticias falsas de la última sesión. En todos ellos será necesario hacer un uso correcto tanto del lenguaje científico como no científico si quieren explicarse y hacerse entender correctamente.

La expresión escrita se trabaja en la contestación de las preguntas de los vídeos de edpuzzle (primera sesión); en el resumen acerca de agentes infecciosos e inmunología que tendrán que entregar al profesor tras finalizar la parte del rompecabezas II, así como en el examen de dichos contenidos (sexta sesión). Al igual que con la expresión oral, se deberá hacer un uso adecuado tanto del lenguaje científico como no científico.

Comunicación audiovisual

Se trabaja en la última sesión a través de la exposición de trabajos de noticias falsas. Dicho trabajo tiene apoyo visual en formato PowerPoint y apoyo hablado a través de la exposición de los alumnos.

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

El uso de las TIC se fomenta, principalmente, en la séptima sesión, pues los alumnos tendrán que buscar en internet información acerca de las noticias falsas que vayan a tratar. Así mismo, también harán uso de ellas en el transcurso de la primera sesión a la segunda, pues deberán buscar información complementaria al tema en el que han sido designados como expertos, siendo lo más probable que recurran a internet para ello.

La reproducción de los vídeos de edpuzzle también se consideraría como empleo de las TIC, pero como lo llevarían usando desde principios de curso (pues este recurso se habría implementado en otras unidades didácticas) estarían ya familiarizados con la plataforma y la única novedad de su uso estaría relacionada con el material que se trata en los vídeos.

Algunos otros elementos transversales que se concretan en el Decreto 111/2016, de 14 de junio, y que también se trabajan en esta unidad didáctica son los siguientes:

- El desarrollo de las habilidades básicas para la comunicación interpersonal, la capacidad de escucha activa, la empatía, la racionalidad y el acuerdo a través del diálogo: se hará en la actividad del rompecabezas; durante la búsqueda de información para consensuar los trabajos de noticias falsas y como harán el PowerPoint; así como para decidir la persona que expondrá dicho trabajo.
- La toma de conciencia sobre temas y problemas que afectan a todas las personas en un mundo globalizado, entre los que se considerarán, entre otros, la salud: se trabajará a lo largo de toda la unidad didáctica, pues

tratamos con contenidos que versan sobre salud, enfermedades infecciosas e inmunología.

4.10. Atención a la diversidad

Según lo dispuesto en el artículo 20 del Decreto 111/2016, de 14 de junio, por Orden de la Consejería competente en materia de educación se establecerá para la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria el conjunto de actuaciones educativas de atención a la diversidad dirigidas a dar respuesta a las diferentes capacidades, ritmos y estilos de aprendizaje del alumnado, con la finalidad de facilitar la adquisición de las competencias clave y el logro de los objetivos de la etapa y no podrán, en ningún caso, suponer una discriminación que le impida alcanzar la titulación de Educación Secundaria Obligatoria.

En el aula no hay alumnos que presenten necesidades educativas especiales. No obstante, en caso de lo que los hubiera, se tendrían en cuenta una serie de consideraciones para con estos alumnos.

La actividad de edpuzzle la podrían repetir en casa tantas veces como fuera necesario hasta que interiorizasen los conceptos y superaran la actividad, en caso de no haberlo logrado en clase en el tiempo dedicado a ello.

Los grupos de aprendizaje cooperativo están formados buscando el equilibrio intragrupal e intergrupar, de tal manera que en todos los grupos hay alumnos más aventajados que otros. Así se ayuda a los distintos ritmos de aprendizaje del alumnado. En cualquier caso, a estos alumnos se los designaría como expertos de la parte de la materia más asequible y el resumen de contenidos que se les proporcionaría sería más completo que el del resto de los compañeros. Además, contarían con ayuda adicional del profesor durante el desarrollo de la actividad, en caso de que fuese necesario. En el rompecabezas I solo los evaluaría el profesor, así como en la segunda parte de este. En principio, sus notas no se sumarían a la del resto del equipo, sino que serían evaluados aparte. Si el desarrollo de las sesiones ha transcurrido con normalidad y el rendimiento no perjudica al resto del equipo, entonces se los evaluarían junto con el resto del equipo. El examen sería el mismo que el del resto de los compañeros y si no lo superasen en la primera ocasión, se les proporcionaría de nuevo dicho examen para que lo trabajasen en casa.

Finalmente, en las sesiones dedicadas a las noticias falsas, estos alumnos no serían elegidos para exponer el trabajo y serían evaluados junto con el resto de los miembros del equipo.

5. CONCLUSIONES

Según se comentó en la introducción de este trabajo y en base a los contenidos y las metodologías didácticas empleadas, el desarrollo de esta unidad didáctica es de gran utilidad para formar a los alumnos en temas relacionados con las Ciencias de la Salud y para que desarrollen otras destrezas adicionales de forma concomitante a la realización de las actividades propuestas en la metodología didáctica.

Durante la realización de este trabajo me he dado cuenta del esfuerzo que supone elaborar una unidad didáctica y de la gran cantidad de aspectos que hay que tener en consideración. En un principio, no sabía que existían las unidades didácticas ni que los profesores tenían que hacer todo este trabajo previo al inicio del curso. Aún así, cuando ya me familiaricé con el término, pensé que su elaboración sería mucho más sencilla de lo que me ha resultado.

Además de aprender a hacer una unidad didáctica, durante el máster me he familiarizado también con otros conceptos como el de currículo, del que tampoco sabía de su existencia y he aprendido a consultar leyes, a analizarlas y a extraer de ellas la información necesaria en lo que a contextos educativos se refiere.

Otras asignaturas tratadas en el máster me han servido para conocer la gran cantidad de métodos innovadores de educación que pueden utilizarse en clase como alternativas al método tradicional de enseñanza. El método de aprendizaje cooperativo del rompecabezas utilizado en esta unidad didáctica es un ejemplo de ellos. También he aprendido a utilizar recursos TIC como el edpuzzle o el Kahoot, implementados en el desarrollo de esta unidad didáctica.

Una lección muy importante que también extraigo de este máster es la necesidad de alfabetizar científicamente a la población y, en este caso, al alumnado, ante la falta de conocimientos científicos en general que tiene la ciudadanía. No solo en ciencia, sino también en cuestiones relacionadas con la tecnología. Entre las muchas formas en las que se puede alfabetizar a la población se encuentran las controversias sociocientíficas, que son todos aquellos asuntos científico-técnicos en los que existe discrepancia entre los diversos actores y fuerzas sociales que participan en el proceso (investigadores, científicos, opinión pública, etc.) ya sea por desacuerdo, discusión o debate (Díaz y Jiménez-Liso, 2011). Algunos ejemplos de controversias sociocientíficas son la homeopatía, el uso de la ingeniería genética, el impacto de las telecomunicaciones, etc. A pesar de que no se haya implementado su uso en esta unidad didáctica, han sido un aspecto bastante recurrente en el máster.

La situación actual de emergencia sanitaria a causa del coronavirus ha imposibilitado que desarrollemos las prácticas de forma presencial en los centros docentes, así que hemos tenido que hacerlas de forma telemática. En mi caso, la forma en la que he operado durante estas prácticas virtuales ha sido a través de la plataforma Google Classroom. Otra de las enseñanzas que saco de este máster ha sido la utilización de esta plataforma, que no había empleado nunca.

En definitiva y en función de todo lo expuesto, considero que este máster me ha dotado de una buena base que me permita comenzar mi andadura como futuro docente de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A.K., Lichtman, A.H., y Pillai, S. (2014). *Inmunología Básica*. (4ª ed.). Elsevier.
- Alcántara, G. (2008). La definición de salud de la Organización Mundial de la Salud y la interdisciplinariedad. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 9(1), 93-107.
- Álvarez, A.R. (2006). Los protozoos. Características generales y su rol como agentes patógenos. *Ciencia Veterinaria*, 8(1), 62-71.
- Ameri, C.A. (2004). Historia de la Medicina del Siglo XIX. El descubrimiento de los microorganismos y la aplicación de la anestesia. *Revista Argentina de Urología*, 69(1).
- Anders, V. (2001-2020). *Etimología de MICROBIO*.
<http://etimologias.dechile.net/?microbio>
- Aneja, K.R. (2003). *Experiments in Microbiology Plant Pathology and Biotechnology*. NEW AGE INTERNATIONAL PUBLISHERS.
- Arenas, R. (2014). *Micología Médica Ilustrada*. (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Aronson, E. y Patnoe, S. (1997). *The jigsaw Classroom: Building cooperation in the Classroom*. (2ª ed.). Addison Wesley Longman.
- Baron, S. (1996). *Medical Microbiology*. (4ª ed.). The University of Texas Medical Branch at Galveston.
- BBC News. (1 de agosto de 2015). *El brillante Louis Pasteur, mas allá de la pasteurización*.
https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150707_iwonder_louis_pasteur_guerra_contra_germenes_finde_dv
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217.
- Belloso, W.H. (2009). Historia de los antibióticos. *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires*, 29(2), 102-111.
- Bioblogueando con el F. (31 de enero de 2018). *Fisión binaria o Bipartición* [Figura].
<http://bioblogueandoconelf.blogspot.com/2018/02/fision-binaria-o-biparticion.html>
- Bioelis. (14 de septiembre de 2016). *El revolucionario experimento de Pasteur* [Figura].
<https://bioelis.wordpress.com/2016/09/14/el-revolucionario-experimento-de-pasteur/>

- BiologíaSur. (s.f.). *Ciclos de vida de los virus: lítico y lisogénico*.
<https://www.biologiasur.org/index.php/121-apuntes-de-biologia/grupos/257-1-2-1-2-ciclos-de-vida-de-los-virus-litico-y-lisogenico>
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86.
- Blog de Biología, (s.f.). *Inmunidad adquirida o adaptativa*.
<https://www.blogdebiologia.com/inmunidad-adquirida-o-adaptativa.html>
- Brock, T.D. (1961). *Milestones in Microbiology*. PRENTICE-HALL INTERNATIONAL, INC.
- Byrne, J. (2003). Progression of children's ideas and understanding about microbial activity. En: *Conference Of The European Science Education Research Association*, 4.
- Byrne, J. (2011). Models of Micro-Organisms: Children's knowledge and understanding of microorganisms from 7 to 14 years old. *International Journal of Science Education*, 1, 1-35.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias*, 26(2), 227-244.
- Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(2), 155-169.
- Cañal, P. (2004). La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía? *Cultura y Educación*, 16(3), 245-257.
- Carballal, G. y Oubiña, J.R. (2014). *Virología Médica*. (4ª ed.). Corpus.
- Carroll, K.C., Morse, S.A., Mietzner, T. y Miller, S. (2016). *Jawetz, Melnick & Adelberg. Microbiología Médica*. (25ª ed.). McGraw-Hill.
- Clemente, S., Domínguez, M.A. y Ruiz, A.B. (2016). *Biología y Geología 3º ESO*. Anaya.
- Colás, M.P, de Pablos, J. y Ballesta, J. (2018). Incidencia de las TIC en la enseñanza en el sistema educativo español: una revisión de la investigación. *Revista de Educación a Distancia*, 56(2).
- Colectivo 07903. (17 de mayo de 2016). *Experimento Redi* [Figura].
<http://colectivo7903.blogspot.com/2016/05/experimento-redi.html>
- Collard, P. (1985). *El desarrollo de la Microbiología*. Editorial Reverté, S.A.
- Collier, L. y Oxford, J. (2014). *Virología Humana*. (3ª ed.). McGraw-Hill.

- Corrales, A.R. (2009). La integración de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el Área de Educación Física. *Hekademos. Revista Educativa Digital*, 4, 45-56.
- De Miguel, T., Tomé, S., Veiga-Crespo, P., Feijoo-Siota, L., Blasco, L. y Villa, T.G. (2009). Aplicación de la técnica de aprendizaje cooperativo puzzle de Aronson a las prácticas de microbiología. *Edusfarm, revista d'educació superior en Farmàcia*, 5.
- Díaz, D. (2014). TIC en Educación Superior. Ventajas y desventajas. *Educación y Tecnología*, 4, 44-50.
- Díaz, I. y García, M. (2011). Más allá del paradigma de la alfabetización. La adquisición de la cultura científica como reto educativo. *Formación Universitaria*, 4(2), 3-14.
- Díaz, N. y Jiménez-Liso, M.R. (2011). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- Díaz-Aguado, M.J. (2003). *Educación intercultural y aprendizaje cooperativo*. Ediciones Pirámide.
- Delgado, M., Arrieta, X., y Riveros, V. (2009). Uso de las TIC en educación, una propuesta para su optimización. *Omnia*, 3, 58-77.
- Divulgación Científica UG. (s.f.). *La edad de oro de la Microbiología* [Figura]. <https://medicinainternafase2ug.blogspot.com/2018/03/la-edad-de-oro-de-la-microbiologia.html>
- Fernández-Hernández, J.M., Guerrero-Bell, M. y Fernández-Guerrero, R. (2006). Las ideas previas y su utilización en la enseñanza de las ciencias morfológicas en carreras afines al campo biológico. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 6, 117-123.
- Fuentes, C. (2007). Los postulados de Koch: revisión histórica y perspectiva actual. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 1(2), 262-266.
- Gallegos-Reséndiz, C., Sagaz, M.A., Sánchez, A., Huerto, M.L. y Sánchez, M.A. (2013). Desarrollo de un proyecto de ciencia basado en el uso de diversas inteligencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 100-109.
- Garza, V. (2017). Los medios sociales en la comunicación de la ciencia y el ambiente. *CULCyT*, 61, 5-13.
- Google. (s.f.). *I.E.S. San Felipe Neri* [Mapa]. Recuperado el 20 de mayo de 2020 en <https://www.google.es/maps/place/I.E.S.+%22San+Felipe+Neri%22/@37.7089632,->

[3.9754486,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd6dc5cf460ef2a7:0x2b00edabc9088998!8m2!3d37.7089632!4d-3.9732599](https://doi.org/10.1080/08899818m2!3d37.7089632!4d-3.9732599)

- González, J. y Calvo, A. (2005). El despertar de la era antibiótica. *Revista Española de Quimioterapia*, 18(3), 247-251.
- González, N. y García, M.R. (2007). El Aprendizaje Cooperativo como estrategia de Enseñanza-Aprendizaje en Psicopedagogía (UC): repercusiones y valoraciones de los estudiantes. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(6).
- Gordon, G. y Austyn, M. (2013). *Inmunología. Conceptos y evidencias*. McGraw-Hill.
- Gregorí, B.S. (2005). Estructura y actividad de los antifúngicos. *Revista Cubana de Farmacología*, 39(2).
- Hernández, R.M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-247.
- Hickman, C.P., Roberts, L.S., Keen, S.L., Larson, A., l'Anson, H. y Eisenhour, S.J. (2009). *Principios Integrales de Zoología*. McGraw-Hill.
- Iglesias-Gamarra, A., Siachoque, H., Pons-Estel, B., Restrepo, J.F., Quintana, G. y Gómez, A. (2009). Historia de la autoinmunidad. Primera Parte. La inmunología ¿desde dónde y hacia dónde?. *Revista Colombiana de Reumatología*, 16(1), 11-31.
- Infochagas. (s.f.). *Conoce la enfermedad de Chagas*. (<http://www.infochagas.org/como-se-trata>).
- Jarconetti. (3 de febrero de 2011). *Tema%2030* [Figura]. (<https://es.slideshare.net/jarconetti/tema2030>).
- Johnson, D.W. y Johson, R.T. (1989). Cooperative Learning: What Special Education Teachers Needs to Know". *Pointer*, 33(2), 5-10.
- Johson, D.W., Johson, R.T. y Holubec, E.J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Editorial Paidós SAICF.
- Kramer, L.D. (febrero de 2018). *Tipos de enfermedades virales*. (<https://www.msmanuals.com/es-es/professional/enfermedades-infeciosas/virus/tipos-de-enfermedades-virales>)
- Lee, A.C., Buele, S.C. y Huilcapi, L.B. (2015). *Inmunología Básica y Clínica*. Universidad Técnica de Machala.
- Lemos, M. (abril de 2020). *7 enfermedades causadas por hongos y cómo se realiza el tratamiento*. *Tua Saúde*. <https://www.tuasaude.com/es/enfermedades-causadas-por-hongos/>

- Lips-Castro, W. (2015). Breve historia de las causas naturales de la enfermedad humana. *Gaceta Médica de México*, 151(6), 806-818.
- Lips-Castro, W. y Urenda-Arias, C. (2014). La medicina en la civilización griega antigua prehipocrática. *Gaceta Médica de México*, 150(3), 369-376.
- López, M. y Morcillo, J.G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 562-576.
- Mayo Clinic. (s.f.). *Enfermedades infecciosas*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/infectious-diseases/symptoms-causes/syc-20351173>
- Marqués, P. (2013). Impacto de las TIC en la educación: Funciones y limitaciones. 3C TIC. *Cuadernos De Desarrollo Aplicados a Las TIC*, 2(1).
- Membiola, P. (2007). Sobre la deseable relación entre comprensión pública de la ciencia y alfabetización científica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 107-112.
- Membiola, P. (2011). Los enfoques integrados de ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza secundaria. En Cañal, P., *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar* (pp. 123-142). Grao.
- Morcote, L. (5 de marzo de 2013). *La importancia de las bacterias y su morfología* [Figura]. <http://bacteriologiapuj.blogspot.com/2013/03/la-importancia-de-las-bacterias-y-su.html>
- Murray, P.R., Rosenthal, K.S. y Pfauer, M.A. (2006). *Microbiología médica*. (5ª ed.). Elsevier.
- Olden, K. (2009). Human Health and Disease: Interaction Between the Genome and the Environment. En Willard, H. y Ginsburg, G., *Genomic and Personalized Medicine* (pp. 47-59). Elsevier.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (s.f.). *Enfermedades infecciosas*. https://www.who.int/topics/infectious_diseases/es/
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (17 de febrero de 2020). *La tripanosomiasis africana (enfermedad del sueño)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/trypanosomiasis-human-african-\(sleeping-sickness\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/trypanosomiasis-human-african-(sleeping-sickness))
- Owen, J.A., Punt, J. y Stranford, S.A. (2014). *Inmunología de Kuby*. (7ª ed.). McGraw-Hill.
- Palomo, I., Ferreira, A., Sepúlveda, C., Roseblatt, M. y Vergara, U. (2002). *Fundamentos de Inmunología Básica y Clínica*. EDITORIAL UNIVERSIDAD DE TALCA.

- Pantoja, J.C. y Covarrubias, P. (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas (ABP). *Perfiles educativos*, 35(139), 93-109.
- Pérez, A.J. (2019). *Fundamentos de Alergia e Inmunología Clínica*. McGraw-Hill.
- Pérez, S. (2010). El aprendizaje cooperativo. *Temas para la Educación*, 8.
- Pérez, J.L., Carranza, C. y Mateos, F. (2009). *Revista Española de Quimioterapia*, 22(2), 93-105.
- Picazo, J.J. y Prieto, J.P. (2016). *Compendio de Microbiología*. (2ª ed.) Elsevier.
- Preciad, D. (25 de junio de 2014). *TEMAS DE AYUDA DE BIOLOGÍA* [Figura]. <http://temasdeayudabiology.blogspot.com/2014/06/origen-de-la-vida-objetivos-entender.html>
- Prescott, L.M., Harley, J.P. y Klein, D.A. (2004). *Microbiología*. (5ª ed.). McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Proenem. (s.f.). *EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO* [Figura]. <https://www.proenem.com.br/enem/biologia/evidencias-da-evolucao/>
- Quevedo, E. (1993). *Historia social de la ciencia en Colombia*. Colciencias.
- Ramos, F. (2013). Mapas genéticos en virus y bacterias. En Benito, C. y Espino, F.J., *Genética. Conceptos esenciales* (pp. 109-133). EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.
- Rojas-Espinosa, O. (2006). *Inmunología (de memoria)*. (3ª ed.). EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.
- Romero-Ariza, M. y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32(1), 101-115. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Ruiz, R. y Tesouro, M. (2013). Beneficios e inconvenientes de las nuevas tecnologías en el aprendizaje del alumno. Propuestas formativas para alumnos, profesores y padres. *Revista Educación y Futuro Digital*, 7, 17-27.
- Ryan, K.J. y Ray, C.G. (2010). *Sherris. Microbiología Médica*. (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Ryan, K.J. y Ray, C.G. (2017). *Sherris. Microbiología Médica*. (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Sabariago, J.M. y Manzanares, M. (2006). Alfabetización científica. En I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I, Ciudad de México.

- Salaverría, R., Busión, N., López-Pan, F., León, B., López-Goñi, I. y Erviti, M.C. (2020). Desinformación en tiempos de pandemia: tipología de los bulos sobre la Covid-19. *El profesional de la información*, 29(3). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.may.15>
- Schaechter, M. (2009). *Encyclopedia of Microbiology*. Academic Press.
- Schlegel, H.G. (1997). *Microbiología General*. EDICIONES OMEGA, S.A.
- Sendrail, M. (1983). *Historia cultural de la enfermedad*. Espasa-Calpe.
- Stanier, R.Y., Ingraham, J.L., Wheelis, M.L. y Painter, P.R. (1992). *Microbiología*. (2ª ed.). Editorial Reverté S.A.
- Torrego, J.C., Boal, M.T., Bueno, A., Calvo, E., Expósito, M.M., Maillo, I., Miguel, A., Moruno, P., Moya, A., Rodríguez, G., Ruiz, V., Sánchez, M., Torrego, Y., Varas, M., Vega, S. y Zariquiey, F. (2011). *Alumnos con altas capacidades y aprendizaje cooperativo*. Fundación sm.
- Tortora, G.J., Funke, B.R. y Case, C.L. (2007). *Introducción a la Microbiología*. (9ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Tudose, C.I., Patras, X.B. y Tudose, M.C.A. (2005). Ecogenetics and Pharmacogenetics: The importance of genetic polymorphisms in the variability of organisms response to environmental factors. *Journal of Experimental and Molecular Biology*, 6(1), 95-102.
- Tulio, J. y Prado, D. (2005). *Microbiología: lo esencial y lo práctico*. Organización Panamericana de la Salud.
- Uson, I. (5 de febrero de 2018). *Bacteria, definición, estructura, nutrición y reproducción. Ejemplos o tipos*. <https://bienestar.paradais-sphynx.com/microbiologia/bacteria-definicion-estructura-nutricion-reproduccion-ejemplos-tipos.htm#reproduccion-de-las-bacterias>
- Vega-Franco, L. (2002). Ideas, creencias y percepciones acerca de la salud. Reseña histórica. *Salud Pública de México*, 44, 258-265.
- Vélez, A.A. (1990). *Conceptos básicos del proceso salud enfermedad*. Fondo Editorial Monografías Universitarias.
- Vergara, M.C. (2007). Tres concepciones históricas del proceso salud-enfermedad. *Revista Hacia la Promoción de la Salud*, 12, 41-50.
- Villabona, C. y Herrán, A. (2017). Análisis de las ideas previas acerca del sistema nervioso en estudiantes de grado de octavo. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, Edición Extraordinaria, 1026-1033.

Wainwright, M. (2003). An Alternative View of the Early History of Microbiology. *Advances in Applied Microbiology*, 52, 333-355. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(03\)01013-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(03)01013-X)

WikiSabio. (19 de septiembre de 2017). *Hongos* [Figura]. (<http://wikisabio.com/hongos-2/>)

ANEXO I

Relación entre los contenidos, actividades, objetivos (etapa, de materia y específicos) y competencias clave

Contenidos	Actividades	Objetivos de etapa	Objetivos generales de la materia de Cultura Científica	Objetivos específicos de la	Competencias clave
-	Actividad 1: Kahoot de ideas previas	-	3	OE7	CMCT, CD
Microbiología y salud: enfermedades infecciosas	Actividad 2: edpuzzle	-	3	OE1, OE2, OE7	CMCT, CD
- Agentes infecciosos más comunes: características generales y patologías asociadas	Actividad 3: rompecabezas I	a, b, e, g, h	1, 2, 3, 4, 6	OE3, OE4, OE5, OE6, OE7, OE8, OE9	CCL, CMCT, CD, CAA, CSC, CIEE
- Mecanismos de defensa del organismo	Actividad 4: rompecabezas II	a, b, e, g, h	1, 4, 6	OE3, OE4, OE5, OE6, OE8, OE9	CCL, CMCT, CAA, CSC, CIEE
-	Actividad 5: ¿verdad o mentira?	a, b, e, g, h	1, 2, 3, 4, 6	OE7, OE10	CD, CMCT, CAA, CIEE
-	Actividad 6: exposición de trabajos actividad 5	a, g, h	3	OE7, OE10	CCL, CMCT, CD, CAA, CIEE

ANEXO II

ALUMNADO: EVALUACIÓN INTRAGRUPAL DE EXPERTOS (ROMPECABEZAS I)

	1 (suspenso)	2 (bien)	3 (notable)	4 (sobresaliente)
Expresión oral	No se ha explicado con ninguna claridad o no ha intervenido	En general, se ha explicado con poca claridad	En general, se ha explicado bien	En general, se ha explicado muy bien
Expresión corporal	Actitud pasiva, pasota o desafiante	Alternancia entre actitud activa y pasiva	Actitud activa y correcta en casi todo momento	Actitud activa y correcta en todo momento
Cantidad de aportaciones	Una o ninguna	Dos	Tres	Más de tres
Calidad de las aportaciones	No ha realizado aportaciones o no ha intervenido	No han aportado información nueva ni complementaria, aunque ha intervenido	Han aportado alguna información nueva y/o complementaria	Han aportado bastante información nueva y/o complementaria
Respeto de los turnos	No ha respetado los turnos o no ha intervenido	Ha respetado algunos turnos y ha interrumpido muchas explicaciones	Ha respetado la mayoría de los turnos y apenas ha interrumpido las explicaciones	Ha respetado todos los turnos y no ha interrumpido las explicaciones
Respeto hacia los compañeros	No ha mostrado respeto hacia los compañeros	Ha tenido algunas faltas de respeto	Apenas ha tenido faltas de respeto	No ha tenido ninguna falta de respeto
Cumplimiento de otros acuerdos establecidos*				

*Descripción de los acuerdos establecidos, en caso de que los haya.

ALUMNADO: EVALUACIÓN INTRAGRUPAL DE EXPERTOS (ROMPECABEZAS I)¹

Nombre del alumno evaluador:

Nombre del alumno evaluado:

Marca con una X en función de lo descrito en la tabla anterior:

	1 (suspenso)	2 (bien)	3 (notable)	4 (sobresaliente)
Expresión oral				
Expresión corporal				
Cantidad de aportaciones				
Calidad de las aportaciones				
Respeto de los turnos				
Respeto hacia los compañeros				
Cumplimiento de otros acuerdos establecidos*				

***Descripción de los acuerdos establecidos, en caso de que los haya:**

¹Se entregará una hoja de la primera página del Anexo I (hoja anterior) a cada alumno. Esta segunda página se entregará por cuadruplicado, así cada alumno evaluará individualmente al resto de expertos del grupo de expertos. 28 puntos corresponden a un 10 en la actividad. La nota de cada equipo base corresponderá a la media de las notas obtenidas por cada experto.

ANEXO III

FICHA DEL PROFESORADO PARA EVALUACIÓN DE EQUIPOS

Baremo: 0. Mal 1. Regular 2. Bien 3. Muy bien

EQUIPO	ALUMNO	CRITERIOS	0	1	2	3
		Participa en la actividad y es responsable del trabajo				
		Explicación de los contenidos				
		Respeto las opiniones de los compañeros				
		Respeto los turnos de intervención				
		Actitud general en la actividad				
		Participa en la actividad y es responsable del trabajo				
		Explicación de los contenidos				
		Respeto las opiniones de los compañeros				
		Respeto los turnos de intervención				
		Actitud general en la actividad				
		Participa en la actividad y es responsable del trabajo				
		Explicación de los contenidos				
		Respeto las opiniones de los compañeros				
		Respeto los turnos de intervención				
		Actitud general en la actividad				
		Participa en la actividad y es responsable del trabajo				
		Explicación de los contenidos				
		Respeto las opiniones de los compañeros				
		Respeto los turnos de intervención				
		Actitud general en la actividad				

		Participa en la actividad y es responsable del trabajo				
		Explicación de los contenidos				
		Respeto las opiniones de los compañeros				
		Respeto los turnos de intervención				
		Actitud general en la actividad				

Nota al pie²

² Esta ficha la utilizará el profesor para evaluar la primera y la segunda parte del rompecabezas. Se hará una evaluación individual de los alumnos para asignar una nota concreta a cada equipo base al final de las actividades. En la primera parte del rompecabezas, la nota del equipo base se calculará como la media de la nota obtenida por cada experto en las reuniones de los grupos de expertos. En la segunda parte del rompecabezas, la nota del equipo base será la media de las notas obtenidas por cada experto durante su explicación de los contenidos al resto de miembros del equipo base. 15 puntos en cada alumno corresponden a un 10 en la actividad por parte de ese alumno.

ANEXO IV

EXAMEN SOBRE AGENTES INFECCIOSOS E INMUNOLOGÍA

Nombre:

Curso:

Fecha:

Preguntas de respuesta corta (0,7 puntos cada una)

1. ¿Cuáles son las características distintivas de los virus con respecto al resto de microorganismos?
2. ¿Cuál es el principal método de reproducción de las bacterias? ¿En qué consiste?
3. ¿Por qué forman quistes algunos protozoos? ¿Es ese quiste permanente?
4. En los hongos, ¿qué es un talo y cuantos tipos hay?
5. Señala tres diferencias entre la inmunidad innata y la adaptativa

Preguntas tipo test (0,7 puntos cada una)

6. En referencia a los virus, señala la respuesta correcta:
 - a. Siempre que se produce un ciclo lítico tiene lugar antes uno lisogénico
 - b. En un ciclo lítico se forman provirus
 - c. Un ciclo lítico puede producirse independientemente de uno lisogénico
 - d. En un ciclo lisogénico no hay replicación del genoma del virus
7. Es un componente fundamental de la pared bacteriana:
 - a. Glicocálix
 - b. Cilios
 - c. Peptidoglicano
 - d. Fimbrias
8. Respecto a la reproducción en protozoos es falso que:
 - a. Se reproducen sexualmente por autogamia
 - b. La reproducción sexual va acompañada de desarrollo embrionario
 - c. Se reproducen asexualmente por bipartición
 - d. Algunos se reproducen por conjugación

9. Es cierto que todos los hongos:

- a. Son plantas y, como tales, tienen nutrición autótrofa
- b. No son plantas, pero combinan nutrición autótrofa y heterótrofa
- c. Ni son plantas ni tienen nutrición autótrofa
- d. Son un tipo especial de plantas que tienen nutrición heterótrofa

10. Respecto a la memoria inmunitaria, señala la respuesta correcta:

- a. Se crea tanto en las respuestas innatas como adaptativas
- b. La pueden crear tanto los linfocitos T como los linfocitos B
- c. Se da solo en las respuestas innatas, pero no en las adaptativas
- d. La crean los integrantes del sistema de complemento

Otras preguntas (1 punto cada una)

11. Haz un dibujo esquemático de una bacteria indicando sus partes

12. ¿Podría utilizarse un antibiótico en una infección viral? ¿Por qué? Razona la respuesta

13. Completa la siguiente tabla

Agente infeccioso	Una enfermedad producida	Método de contagio	Síntomas
Virus			
Bacterias			
Protozoos			

Agente infeccioso	Una enfermedad producida	Método de contagio	Síntomas
Hongos			
Definición de inmunología			

ANEXO V

NOTICIAS SOBRE EL CORONAVIRUS PARA LAS ACTIVIDADES 5 Y 6

Noticia 1

Las mascotas son víctimas del coronavirus, pero no lo contagian.

https://www.abc.es/ciencia/abci-mascotas-victimas-coronavirus-pero-no-contagian-202004190147_noticia.html

Noticia 2

Ante la inexistencia de fármacos antivirales que traten el coronavirus es recomendable que los niños y adultos tomen una tableta diaria de vitamina C y Omega 3, así como comer frutas y verduras para fortalecer al sistema inmunológico.

<https://madridsecreto.co/bulos-coronavirus/>

Noticia 3

Hay que dejar fuera de casa los zapatos usados en la calle para evitar contagios, ya que el virus sobrevive 9 horas en el asfalto y nos lo llevamos a casa en la suela de los zapatos.

https://www.abc.es/sociedad/abci-21-bulos-y-falsas-informaciones-sobre-coronavirus-y-respuestas-202003251505_noticia.html

Noticia 4

Si una persona infectada estornuda delante de nosotros, tres metros de distancia harán caer el virus al suelo e impedirá que nos caiga encima.

<https://www.infobae.com/tendencias/2020/03/20/dos-fake-news-sobre-el-coronavirus-que-hicieron-temblar-a-la-ciencia/>

Noticia 5

El virus no resiste el calor y muere si está expuesto a temperaturas mayores a 26-27 grados, por lo tanto, deben consumirse abundantemente durante el día bebidas calientes como infusiones, caldos o simplemente agua caliente. Estos líquidos calientes neutralizan el virus y son fáciles de ingerir.

<https://madridsecreto.co/bulos-coronavirus/>

Noticia 6

Al utilizar mascarilla estás respirando tu propio dióxido de carbono y otros desechos exhalados. Este produce el síndrome de hipercapnia, ya que los pulmones no se oxigenan correctamente.

<https://maldita.es/malditaciencia/2020/06/12/mascarilla-respirar-co2-dioxido-carbono/>

Noticia 7

Es seguro recibir paquetes procedentes de China.

<https://www.newtral.es/es-seguro-recibir-paquetes-que-proviene-de-china-segun-explica-la-oms/20200204/>

Noticia 8

Hay que tomar un sorbo de agua cada 15 minutos, ya que el virus no sobrevive en ambientes húmedos.

<https://gacetamedica.com/investigacion/la-desinformacion-en-tiempos-de-coronavirus-bulos-y-verdades/>

Noticia 9

La forma básica de prevenir el contagio es el lavado de manos frecuente, durante al menos 20 segundos, con agua y jabón, o, en su defecto, con un desinfectante con alcohol.

<https://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/salud/2020-02-25/coronavirus-verdades-y-mentiras-1276652918/>

Noticia 10

Una persona que no presente síntomas puede transmitir el coronavirus.

<https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>

ANEXO VI

FICHA DE EVALUACIÓN PARA TRABAJOS DE NOTICIAS FALSAS³

Baremo: 0. Mal 1.Regular 2. Bien 3.Muy bien

Equipo	Criterios	0	1	2	3
	Expresión oral				
	Expresión corporal				
	Trabajo PowerPoint				
	Resolución de las noticias				

³ La exposición de trabajos la evaluará el profesor atendiendo a los criterios dispuestos en la tabla. Esta nota será grupal. 12 puntos corresponden a un 10 en la actividad.

ANEXO VII

EXAMEN DE RECUPERACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Nombre:

Curso:

Fecha:

Contesta a las siguientes preguntas (1 punto cada una):

1. Define los términos de salud y enfermedades infecciosas
2. Nombra tres formas de propagación y de prevención de la propagación de los agentes infecciosos
3. Explica brevemente en que consiste el ciclo lisogénico de un virus
4. ¿Qué son los antibióticos y como actúan?
5. ¿Qué formas de nutrición tienen los protozoos?
6. ¿Qué caracteriza a los hongos dimórficos?
7. ¿Qué es la inmunidad innata? ¿Cuáles son sus componentes y que funciones tienen?
8. ¿Por qué los virus no pueden sobrevivir fuera de un huésped? Razona la respuesta
9. Los anticuerpos, ¿son moléculas o células? Razona la respuesta
10. Completa la siguiente tabla

Agente infeccioso	Una enfermedad producida	Método de contagio	Síntomas
Virus			
Bacterias			
Protozoos			

Agente infeccioso	Una enfermedad producida	Método de contagio	Síntomas
Hongos			
Definición de inmunología			

ANEXO VIII

NOTICIAS FALSAS SOBRE AGENTES INFECCIOSOS PARA EL TRABAJO DE RECUPERACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Noticia 1

La picadura de las chinches de agua (belostomatídeos) transmite unos hongos que se propagan por manos y pies generando hoyos en la piel. Es importante no tocar ni pisar a estos insectos.

<https://maldita.es/malditaciencia/2019/04/09/no-esto-no-es-un-peligroso-insecto-que-produce-un-hongo-cronico-en-la-piel-si-lo-matas-con-la-mano/>

Noticia 2 (referente al brote de listeriosis en la carne mechada del año pasado)

No hay que consumir ningún tipo de carne de cerdo, pues ya ha habido casos de listeriosis en personas que no han tomado carne mechada.

<https://saludsinbulos.com/nutricion/carne-cerdo-no-listeria-listeriosis/>

Noticia 3

Brote del virus impétigo en varias escuelas de Barcelona.

<http://fundacionio.org/viajar/fake%20news%20gazapos%20io.html>

Noticia 4

Si notas que la fruta que vas a consumir tiene un color rojo anormal, no te la comas. Personas inescrupulosas están inyectándolas con sangre contaminada de VIH.

<https://maldita.es/malditaciencia/2019/12/01/mitos-y-bulos-sobre-el-vih-y-el-sida-2/>

Noticia 5

El VIH es un problema de homosexuales y drogadictos.

<https://medicoplus.com/medicina-general/mitos-sida-vih>