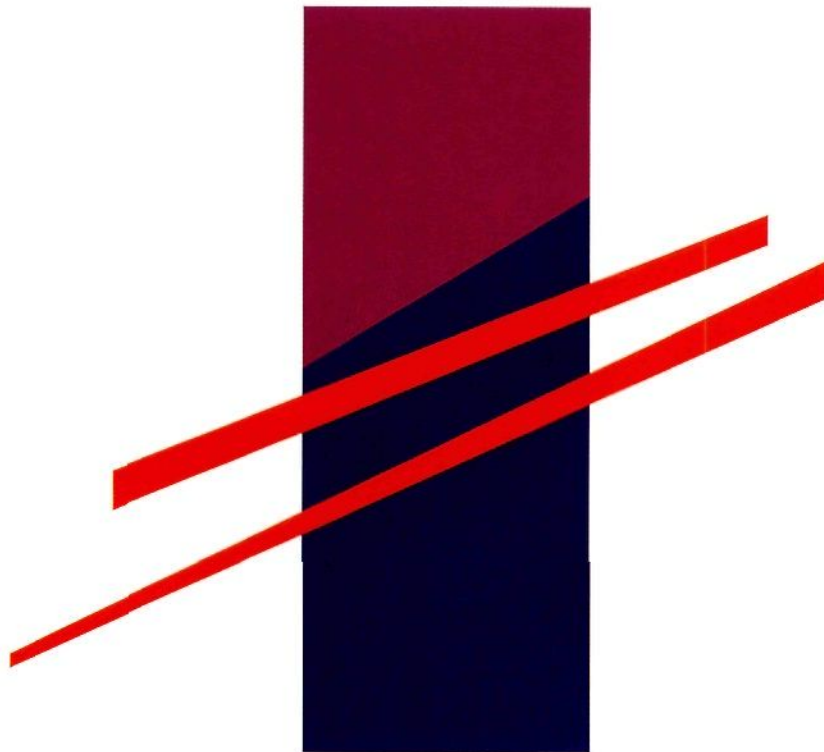


Materiales Didácticos

Biología

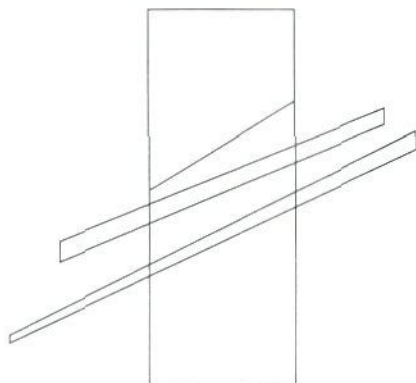


BACHILLERATO



Ministerio de Educación y Ciencia

Materiales Didácticos



Ciencias de la Naturaleza y de la Salud

Biología

Autor:

Nicolás Rubio Sáez

Coordinación:

M.^a Jesús Martín-Díaz
del Servicio de Innovación



CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR

DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES

- *Coordinación de la edición:* Ana Francisca Aguilar Sánchez
- *Maquetación y supervisión de pruebas:* Pedro Sauras Jaime



Ministerio de Educación y Ciencia

Secretaría de Estado de Educación

Edita: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica

N. I. P. O.: 176-95-109-8

I. S. B. N.: 84-369-2665-X

Depósito legal: M. 25.030-1995

Imprime: Imprenta Fareso, S. A.

Paseo de la Dirección, 5 - 28039 Madrid

Prólogo

La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar a los profesores que, a partir de octubre de 1993, impartirán las nuevas enseñanzas de Bachillerato en los centros que han anticipado su implantación. Pretenden facilitarles el desarrollo de las materias de segundo curso, algunas de las cuales continúan las de primer curso. Con estos materiales el Ministerio de Educación y Ciencia quiere facilitar a los profesores la aplicación y desarrollo del nuevo currículo en su práctica docente, proporcionándoles sugerencias de programación y unidades didácticas que les ayuden en su trabajo; unas sugerencias, desde luego, no prescriptivas, ni tampoco cerradas, sino abiertas y con posibilidades varias de ser aprovechadas y desarrolladas. El desafío que para los centros educativos y los profesores supone el haber anticipado desde el curso 1992/93 la implantación de las nuevas enseñanzas, constituyéndose con ello en pioneros de lo que será más adelante la implantación generalizada, merece no sólo un cumplido reconocimiento, sino también un apoyo por parte del Ministerio, que a través de estos materiales didácticos pretende ayudar a los profesores a afrontar ese desafío.

El Ministerio valora muy positivamente el trabajo de los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Innovación, de la Subdirección General de Programas Experimentales, y han sido elaborados en estrecha conexión con los asesores de este Servicio. Por consiguiente, aunque la autoría pertenece de pleno derecho a las personas que los han preparado, el Ministerio considera que son útiles ejemplos de programación y de unidades didácticas para la correspondiente asignatura, y que su utilización por profesores, en la medida en que se ajusten al marco de los proyectos curriculares que los centros establezcan y se adecuen a las características de sus alumnos, servirá para perfeccionar estos materiales y para elaborar otros.

La presentación misma, en forma de documentos de trabajo y no de libro propiamente dicho, pone de manifiesto que se trata de materiales con cierto carácter experimental: destinados a ser contrastados en la práctica, depurados y completados. Es intención del Ministerio seguir realizando ese trabajo de contrastación y depuración a lo largo del próximo curso, y hacerlo precisamente a partir de las sugerencias y contrapropuestas que vengan de los centros que se anticipan a la reforma.

El Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato, contiene en su anexo la información referida a esta asignatura que aparece reproducida al término del presente volumen.

Índice

	<i>Páginas</i>
I. INTRODUCCIÓN	7
Criterios para la organización y secuencia	8
Las secuencias	9
II. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN	15
Sobre los contenidos	15
Las actitudes	16
Sobre las actividades	16
Sobre la utilización de la Historia de la Ciencia	19
Sobre la evaluación	19
III. PROGRAMACIÓN	23
Relación con cursos anteriores	23
Organización de las unidades didácticas	24
Desarrollo de las unidades didácticas	26
IV. DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA: «FORMAS ACELULARES: LOS VIRUS»	53
Introducción / Justificación	53
Contenidos / Distribución temporal	54
Objetivos didácticos	55
Estrategias metodológicas / Sugerencias de actividades	56
Conocimientos previos y preconceptos	56
Metodología y actividades	57
Recursos	62
Evaluación	62
Criterios de evaluación	63
Modelos de cuestionarios	63

Actividades de análisis de textos.....	67
Información para el profesorado	67
Material para el alumnado	68
Elementos de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje	73
Bibliografía específica para la Unidad didáctica	99
V. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS	101
Bibliografía citada en el texto	101
Bibliografía comentada	102
Vídeos	104
VI. ANEXOS.....	107
Anexo 1. Esquemas mudos para la elaboración de transferencias y pruebas de evaluación de conocimientos a partir de imágenes	109
Anexo 2. Currículo oficial	117

Introducción

La Biología de segundo de Bachillerato, como las otras disciplinas de ciencias, debe contribuir (en la medida de sus posibilidades) a proporcionar una serie de conocimientos conceptuales, habilidades, destrezas, modelos de comportamientos y normas que sean funcionales, con el fin de que las alumnas y los alumnos puedan llegar a ser miembros responsables y activos de la sociedad, capaces de relacionarse constructivamente, y de detectar y resolver los problemas cotidianos que se les plantearán a lo largo de su existencia; al tiempo (y no es menos importante) que les prepara para el paso a estudios superiores.

En resumen, todo lo que se pretende con el presente desarrollo curricular puede esquematizarse en los siguientes dos niveles:

- Formativo y terminal (cultura del ciudadano con estudios secundarios).
- Propedéutico (para otros aprendizajes posteriores).

Para ello se pretende que las alumnas y los alumnos aprendan significativamente los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, construyéndolos a partir de los que tienen de cursos anteriores y teniendo presente que en ocasiones serán necesarias estrategias que provoquen el cambio conceptual. Todo ello está influido por unas variables del alumnado que condicionan la predisposición al aprendizaje significativo:

- Capacidades operacionales.
- Actitudes e intereses personales.
- Actitudes frente a la asignatura.

Esta predisposición es imprescindible, de aquí la importancia de la adecuación cognoscitiva de los contenidos a las capacidades de las alumnas y los alumnos, de su potencialidad significativa y de la atención especial al desarrollo de la motivación intrínseca.

Además no hay que olvidar que si, siguiendo a Ausubel *et al.* (1983), lo que se sabe es la base del aprendizaje significativo, el desarrollo de la autoestima es una de las llaves que lleva a la predisposición adecuada para ese aprendizaje.

Criterios para la organización y secuencia

Se han considerado como criterios básicos para organizar y secuenciar los contenidos la lógica de la disciplina (Ausubel *et al.*, 1983) y el nivel de exigencia que éstos presentan en términos de desarrollo mental de los alumnos y las alumnas.

Los contenidos que han servido de base para organizar la secuencia, han sido principalmente los conceptuales, que incluyen conceptos, hechos y principios, siendo contenidos de soporte los procedimientos y, cuando es posible, las actitudes. Estos dos últimos constituyen los contenidos de los dos primeros núcleos temáticos de la Biología del Bachillerato, teniendo como meta una aproximación a los métodos de trabajo científico y a la naturaleza de la biología, tanto en sí misma como en sus relaciones con la tecnología y con la sociedad.

En cuanto a la naturaleza de los contenidos, la secuencia va de lo general a lo particular y de lo simple a lo complejo. El tipo de estructura de contenidos elegido en este nivel responde a la pretensión de que los alumnos acaben entendiendo el qué y el por qué de la Biología y en un segundo lugar el cómo, que implica la parte procedimental de la materia, debido a sus especiales características.

A la hora de organizar los contenidos de los núcleos temáticos en unidades didácticas se ha tenido en consideración lo que dice Coll (1987): *«no tienen una duración temporal fija; pueden englobar varias lecciones en el sentido tradicional del término; son «unidades» en tanto que representan un proceso completo de enseñanza-aprendizaje y son «didácticas» porque constituyen la unidad elemental de programación de la acción pedagógica»*. Los objetivos que incluyen se denominan objetivos didácticos.

Es interesante que en cada Unidad didáctica y tras una completa presentación general —a modo de epitome— se intercale, una vez acabada cada lección, un recopilador. Éste no es otra cosa que un resumen que incluirá todos los contenidos nuevos trabajados o presentados, con la misión de favorecer el recuerdo de lo tratado.

Este recopilador debe constar de tres elementos:

- a) Un enunciado escueto de las nuevas ideas que han sido expuestas.
- b) Un ejemplo tipo de cada idea.
- c) Una prueba esquemática de evaluación formativa, que pueda servir tanto al alumnado (para su autoevaluación) como al profesorado.

Un recopilador más general resumirá las ideas enunciadas a lo largo de la Unidad didáctica.

Por otra parte, se considera que el uso de analogías en el proceso de enseñanza-aprendizaje es una de las tácticas más útiles para facilitar al alumnado la comprensión de conceptos y principios que son difíciles de entender o carecen de sentido para los escolares.

La analogía permite comprender numerosas ideas por su semejanza con otras que son familiares, con lo que las nuevas adquieren sentido. Su función es semejante a los organizadores previos ausubelianos.

A este respecto conviene recordar algunas reglas sencillas que pueden ayudar al profesorado en el proceso de instrucción (Aparicio, 1992):

- Cuanto mayor sea el número de semejanzas entre la analogía y la idea a enseñar más efectiva será aquélla.
- Cuanto mayor sea la familiaridad y el sentido de la analogía para el alumno más eficaz es la analogía.

- A veces es útil emplear más de una analogía, especialmente cuando existen muchas diferencias individuales entre el alumnado. Esto favorecería la atención a la diversidad.
- Cuando se emplea una analogía debe señalarse con claridad el tipo de estructura a comparar entre los análogos.

En consonancia con la idea de ir de lo más general (biomoléculas) a lo más particular (microbiología e inmunología), se han ordenado los contenidos siguiendo una lógica clásica que facilita su aprendizaje a los alumnos y, al mismo tiempo, resulta más familiar a los profesores que han impartido la Biología del COU en el sistema educativo dimanante de la Ley General de Educación de 1970.

Parece más lógico empezar por las biomoléculas, siguiendo la secuencia disciplinar de: bioquímica → citología → fisiología celular → genética molecular → división celular → formas acelulares → microbiología → inmunología.

Saunders (1972), a la hora de abordar la programación, propone ocho formas posibles de orientar la biología:

1. Molecular-bioquímico.
2. Citológico-genético.
3. Taxonómico-ecológico.
4. Taxonómico-evolucionista.
5. Fisiológico.
6. Fisiológico-ecológico.
7. Premédico-anatómico.
8. Desde la óptica de la biología aplicada (biología-tecnología-sociedad).

Si se aceptan estas formas o hilos conductores, en este nivel y dadas las características de sus contenidos, en función de la propuesta ministerial, nos hemos inclinado por una elección triple que incorpora los enfoques molecular-bioquímico, citológico-genético y premédico.

Actualmente las aportaciones de diversas fuentes al desarrollo del currículo nos proporcionan ideas aplicables a la estructuración de nuestros contenidos de este curso. Así en concreto, de las *opciones que propone Gaamaño (1986) para organizar y estructurar el currículo de ciencias*, nos hemos inclinado por hacer énfasis en:

- Los contenidos conceptuales, pero sin olvidar los procedimientos y las actitudes.
- La ciencia pura, con la utilización como recurso de actividades de ciencia-tecnología-sociedad.
- Un punto de vista exclusivo de nuestra ciencia (ciencias separadas).

Todo lo dicho se justifica en último término porque nuestro proceso de instrucción está de acuerdo con la afirmación de Driver (1987) de que el aprendizaje de los conceptos es el objetivo fundamental en la enseñanza de las ciencias y en concreto de la biología. Y ello intentando no apartarnos de la tendencia actual que reflejan los currículos de secundaria, de prestar suficiente atención a los contenidos procedimentales y actitudinales, como esperamos quedará claro.

Seguindo las prescripciones oficiales, no se desarrollan individualmente los dos primeros núcleos temáticos («Aproximación al trabajo científico» y «Biología-tecnología-sociedad»), que se consideran oficialmente núcleos que recorren toda la asignatura, ya que presentan contenidos comunes a todos los demás.

Las
secuencias

Además de seguir los criterios generales anteriormente expuestos sobre esta macrosecuencia, hemos modificado la ubicación de algunos contenidos que en el Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, que establece el currículo de Bachillerato (*Ver Anexo 2*), se encuentran agrupados en un mismo núcleo temático.

Se proponen las siguientes unidades didácticas, cuyos *títulos* se relacionan con los *contenidos* de la propuesta oficial:

- **Unidad didáctica 1**

«La base fisicoquímica de la vida¹ / Los elementos y moléculas de la célula».

- **Unidad didáctica 2**

«Las células / Las moléculas forman estructuras».

- **Unidad didáctica 3**

«Fisiología celular / Las moléculas en acción».

- **Unidad didáctica 4**

«La base química de la herencia: genética molecular / Almacenamiento y transmisión de la información en las células».

- **Unidad didáctica 5**

«Ciclo y división celulares».

- **Unidad didáctica 6**

«Formas acelulares: los virus».

- **Unidad didáctica 7**

«Microbiología y biotecnología / Diversidad, acción y utilidad de los microorganismos».

- **Unidad didáctica 8**

«Inmunología / Las defensas del organismo».

Esta secuencia de contenidos se puede desarrollar en un período lectivo equivalente a veintisiete semanas.

Los núcleos (NT) y subnúcleos temáticos (SNT) del currículo del Bachillerato (*Ver Anexo 2*) que se incluyen en cada Unidad didáctica (citados con la numeración que figura en el *cuadro 1*) y la distribución temporal, estimada en semanas, quedan de la siguiente manera:

- **Unidad didáctica 1**

«La base fisicoquímica de la vida», cinco semanas.

NT: 3; SNT: 3.5, 3.4.

- **Unidad didáctica 2**

«Las células», cinco semanas.

NT: 3; SNT: 3.1, 3.2, 3.3, 4.3.

1. Cuando existe barra (/), el primer nombre corresponde al del núcleo temático oficial.

• **Unidad didáctica 3**

«Fisiología celular», cuatro semanas.

NT: 4; SNT: 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8.

• **Unidad didáctica 4**

«La base química de la herencia: genética molecular», cuatro semanas.

NT: 5; SNT: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5.

• **Unidad didáctica 5**

«Ciclo y división celulares», dos semanas.

NT: 4; SNT: 4.1, 4.2.

• **Unidad didáctica 6**

«Formas acelulares: los virus», una semana.

NT: 5; SNT: 5.4.

• **Unidad didáctica 7**

«Microbiología y biotecnología», tres semanas.

NT: 6; SNT: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4.

• **Unidad didáctica 8**

«Inmunología», tres semanas.

NT: 7; SNT: 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6.

Total: veintisiete semanas.

Sin cambiar el enfoque que subyace en la selección y secuencia de contenidos propuesta, se ofrece alternativamente un par de ordenaciones, que, si bien los alteran temporalmente, no entran en contradicción con nuestra concepción de la enseñanza de esta materia.

Una secuencia más clásica (similar a la del COU) llevaría a organizar los contenidos estrictamente en relación con los niveles de organización de la materia viva:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. <i>Nivel molecular:</i> | - Bioquímica.
- Morfología y estructura celulares. |
| 2. <i>Nivel celular:</i> | - Procesos energéticos en las células.
- Genética molecular. |
| 3. <i>Nivel orgánico:</i> | - Inmunología. |
| 4. <i>Nivel de poblaciones:</i> | - Microbiología.
- Evolución. |

CUADRO 1. CONTENIDOS DE LA BIOLOGÍA DE 2º DE BACHILLERATO

1. Aproximación al trabajo científico

- 1.1. Procedimientos que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, utilización de fuentes de información.
- 1.2. Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.
- 1.3. Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.
- 1.4. Hábitos de trabajo e indagación intelectual.

2. Biología, tecnología y sociedad

- 2.1. Análisis de la naturaleza de la biología: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.
- 2.2. Relaciones de la biología con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad. Valoración crítica.
- 2.3. Influencias mutuas entre la sociedad, la biología y la tecnología. Valoración crítica.

3. La célula y la base físico-química de la vida

- 3.1. La célula: unidad de estructura y función. La teoría celular en el contexto de la historia de la ciencia.
- 3.2. Diferentes métodos de estudio de la célula. Modelos teóricos y avances en el estudio de la célula.
- 3.3. Modelos de organización en procariotas y eucariotas, mostrando la relación entre estructura y función. Comparación entre células animales y vegetales. Diversidad de células en un mismo organismo.
- 3.4. Componentes moleculares de la célula: tipos, estructura, propiedades y papel que desempeñan. Exploración experimental de algunas características que permiten su identificación.
- 3.5. Estudio de los diferentes estados físicos en que se encuentran los componentes moleculares de la célula, especialmente las dispersiones.

4. Fisiología celular

- 4.1. Estudio de las funciones celulares. Aspectos básicos del ciclo celular.
- 4.2. Fases de la división celular. Diferencias entre células animales y vegetales. Estudio de la meiosis: su necesidad biológica en la reproducción sexual. Importancia en la evolución de los seres vivos.
- 4.3. Papel de las membranas en los intercambios celulares: permeabilidad selectiva. Los procesos de endocitosis y exocitosis.
- 4.4. Introducción al metabolismo: catabolismo y anabolismo. Finalidades de ambos. Comprensión de los aspectos fundamentales, energéticos y de regulación, que presentan las reacciones metabólicas. Papel del ATP y de las enzimas.
- 4.5. La respiración celular, su significado biológico. Diferencias entre las vías aerobia y anaerobia. Orgánulos celulares implicados en el proceso.

- 4.6. La fotosíntesis como proceso de aprovechamiento energético y de síntesis de macromoléculas. Objetivos biológicos que se cumplen en la fase luminica y en la fase oscura. Balance material y energético de la totalidad del proceso. Estructuras celulares en las que se produce el proceso. Importancia de la fotosíntesis en la constitución inicial y actual de la atmósfera.
- 4.7. La quimiosíntesis: una alternativa a la vida sin luz solar.
- 4.8. Otras reacciones catabólicas y anabólicas en la célula.

5. La base química de la herencia: genética molecular

- 5.1. Estudio del DNA como portador de la información genética: reconstrucción histórica de la búsqueda de evidencias de su papel y su interpretación. Concepto de gen. Mecanismos responsables de su transmisión y variación.
- 5.2. Alteraciones en la información genética: consecuencias e implicaciones en la adaptación y evolución de las especies. Selección natural.
- 5.3. Características e importancia del código genético. Introducción a los procesos de transcripción (síntesis de m-RNA) y traducción (síntesis de proteínas).
- 5.4. Estudio de los virus como unidades de información. Su estructura básica y su funcionamiento.
- 5.5. Importancia de la genética en medicina y en la mejora de recursos. La investigación actual sobre el genoma humano. Repercusiones sociales y valoraciones éticas de la manipulación genética.

6. Microbiología y biotecnología

- 6.1. Los microorganismos: un grupo taxonómicamente heterogéneo. Sus formas de vida. Relación de éstas con su papel como agentes inoocuos, beneficiosos o perjudiciales para los seres humanos y otros seres vivos.
- 6.2. Introducción experimental a los métodos de estudio y cultivo de los microorganismos.
- 6.3. Intervención de los microorganismos en las transformaciones o ciclo biogeoquímicos.
- 6.4. Presencia de los microorganismos en los procesos industriales: agricultura, farmacia, sanidad, alimentación. Su utilización y manipulación en distintos ámbitos, importancia social y económica.

7. Inmunología

- 7.1. Concepto de inmunidad. La defensa del organismo frente a los cuerpos extraños. Concepto de antígeno.
- 7.2. Tipos de inmunidad: celular y humoral. Clases de células implicadas (macrófagos, linfocitos B y T). Estructura, tipos y función de los anticuerpos.
- 7.3. Introducción a los mecanismos de acción del sistema inmune.
- 7.4. Inmunidad natural y adquirida.
- 7.5. Descripción del concepto de enfermedad autoinmune y de algunos tipos de ellas. Fenómenos de hipersensibilidad: alergias. El cáncer y el reconocimiento inmunológico. Los trasplantes y la singularidad del individuo. El SIDA y sus efectos en el sistema inmune.
- 7.6. La importancia industrial de la fabricación de sueros y vacunas. Reflexión ética sobre la donación de órganos.

Las unidades didácticas resultantes serían las siguientes (siguiendo la numeración de subnúcleos temáticos antes citada), indicándose también entre paréntesis las unidades didácticas diseñadas en la propuesta principal.

1. Nivel molecular

Unidad didáctica 1 (Unidad didáctica 1)

«La base fisicoquímica de la vida». SNT: 3.5, 3.4.

2. Nivel celular

Unidad didáctica 2 (Unidad didáctica 2)

«Las células». SNT: 3.1, 3.2, 3.3, 4.3.

Unidad didáctica 3 (Unidad didáctica 6)

«Formas acelulares: los virus». SNT: 5.4.

Unidad didáctica 4 (Unidad didáctica 5)

«Ciclo y división celulares». SNT: 4.1, 4.2.

Unidad didáctica 5 (Unidad didáctica 3)

«Fisiología celular». SNT: 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8.

Unidad didáctica 6 (Unidad didáctica 4)

«La base química de la herencia: genética molecular». SNT: 5.1, 5.3, 5.5.

3. Nivel orgánico

Unidad didáctica 7 (Unidad didáctica 8)

«Inmunología». SNT: 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6.

4. Nivel de poblaciones

Unidad didáctica 8 (Unidad didáctica 4)

«La base química de la herencia». SNT: 5.2 (Evolución).

Unidad didáctica 9 (Unidad didáctica 7)

«Microbiología y biotecnología». SNT: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4.

Finalmente, algunos autores como Fried (1990) proponen una secuencia inspirada en lo que podríamos llamar la *lógica más actual de la materia*. Siguiendo su terminología como títulos de las unidades didácticas y relacionándolas con los subnúcleos temáticos oficiales, quedaría la siguiente distribución de contenidos:

- **Unidad didáctica 1**

«La base química de la vida».

SNT: 3.5, 3.4.

- **Unidad didáctica 2**

«La organización celular de la vida».

SNT: 3.1, 3.2, 3.3, 4.3, 5.4, 6.1, 6.2.

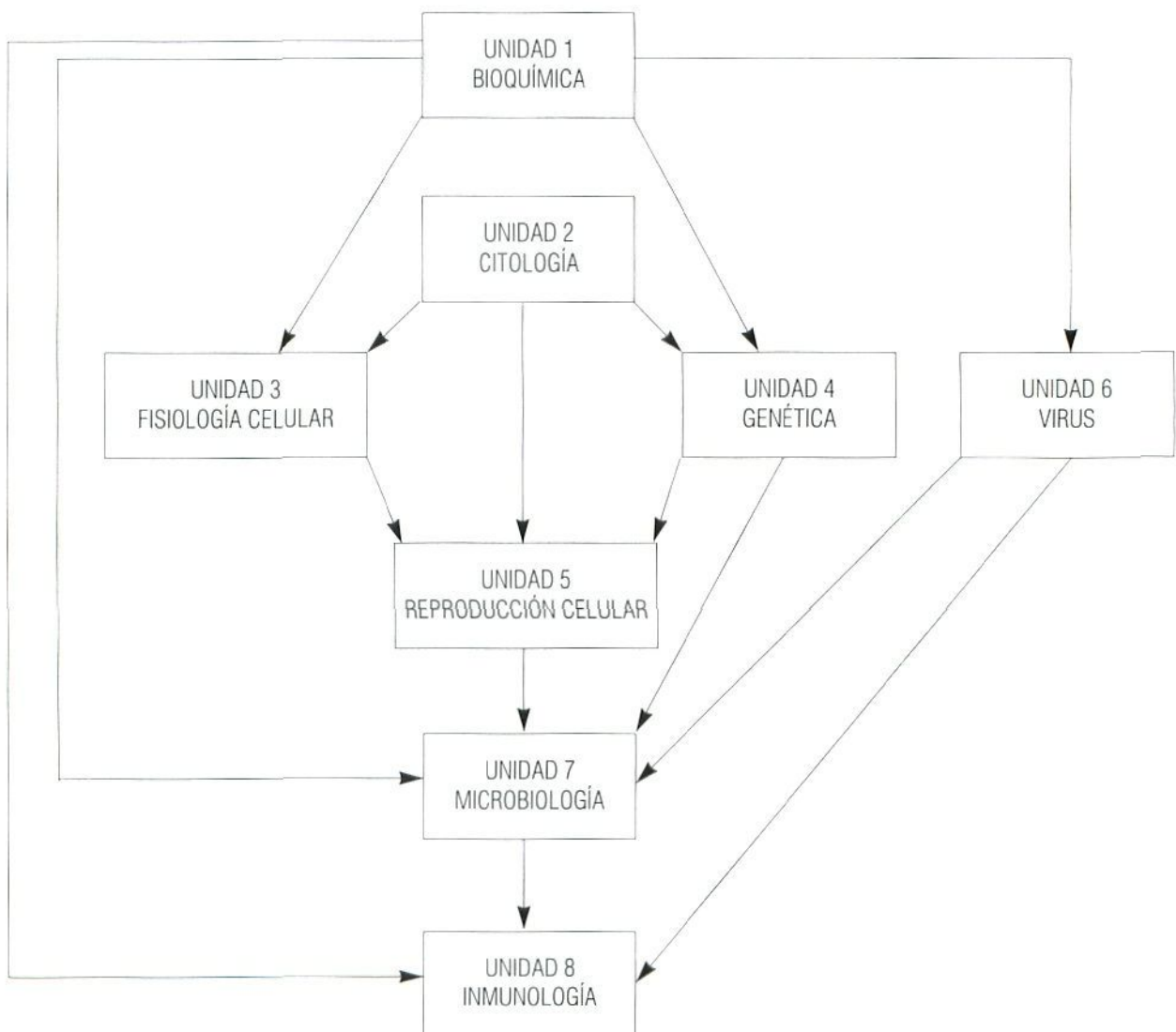
- **Unidad didáctica 3**

«Transformaciones de la energía».

SNT: 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 6.3, 6.4.

- **Unidad didáctica 4**
«La naturaleza del gen».
SNT: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5.
- **Unidad didáctica 5**
«Reproducción celular».
SNT: 4.1, 4.2.
- **Unidad didáctica 6**
«Inmunología».
SNT: 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6.

La relación entre las distintas unidades didácticas de la propuesta principal se muestra en el Cuadro 2.



Cuadro 2.
Relación de las distintas unidades didácticas (UD) entre sí

Orientaciones didácticas y para la evaluación

Sobre los contenidos

Seguindo a Novak (1982) y dado que la secuencia de contenidos está basada en la lógica de la disciplina, se deberían seguir en el desarrollo de cada Unidad didáctica las siguientes estrategias con la finalidad de favorecer aprendizajes significativos:

- a) Comprobar que los alumnos tienen los conceptos relevantes e inclusores necesarios para los próximos aprendizajes.
- b) Organizar los contenidos del aprendizaje de manera que los conceptos más importantes, generales e inclusivos se presenten al principio.
- c) Una vez presentados los conceptos más generales e inclusivos, se debe presentar el resto de los elementos, mostrando tanto las relaciones con los primeros como las que mantienen *entre sí*.
- d) La presentación inicial de los conceptos más importantes, generales e inclusivos, debe apoyarse en ejemplos concretos que los ilustren empíricamente.

En resumen, el itinerario didáctico debe transcurrir desde los conceptos (o procedimientos) más generales a los más específicos, pasando por los conceptos (o procedimientos) intermedios, esto es, estableciendo jerarquías conceptuales.

Los elementos que intervienen en el aprendizaje de conceptos pueden globalizarse secuenciándolos en el proceso de instrucción de la siguiente manera (adaptado de Klausmeier, 1976):

- Relacionar cada concepto con los anteriores y posteriores de la jerarquización de contenidos.
- Explicar el concepto en función de sus propiedades y relaciones.
- Enumerar las características propias de cada concepto y sus relaciones.
- Añadir o precisar otras características no definitorias.
- Presentar ejemplos representativos y/o establecer analogías.
- Presentar contraejemplos.
- Buscar relaciones de cada nuevo concepto con las ideas pertinentes de la estructura cognitiva de los alumnos.
- Buscar las diferencias con otros conceptos similares ya aprendidos previamente.
- Si es posible, enunciar principios en los que intervenga el concepto.

- Resolver cuestiones y problemas que utilicen el concepto.
- Enumerar las palabras clave en relación con el concepto y sus características.
- Si es posible, intentar representar icónicamente el concepto, mediante símbolos, esquemas, dibujos o imágenes.

Las actitudes

En el apartado de actitudes, el conocimiento juega un papel importante en el campo de la biología. No se desarrollará una actitud positiva hacia ella haciendo memorizar al alumno datos o hechos desconceptualizados, sino facilitando su correcto aprendizaje.

El aprendizaje significativo de la Biología le capacita para desarrollar actitudes de:

- Búsqueda de la verdad.
- Ser críticos y objetivos.
- Basar sus opiniones, en lo posible, en hechos concretos.
- No juzgar apresuradamente.
- No generalizar de forma indebida.
- Ser imparciales en el trato de problemas biológicos.

Este conjunto puede constituirse como el bloque de objetivos didácticos actitudinales de este nivel final de la Educación Secundaria.

Sobre las actividades

Cuando se programan actividades con colectivos de escolares de alto nivel intelectual y motivación, se puede conceder más autonomía y responsabilidad en las tareas del aprendizaje al individuo o al grupo.

Por el contrario, cuando se trata de alumnos cuyo nivel intelectual es medio o bajo y un similar grado de motivación, los métodos deben presentar una mayor estructuración que ofrezca más ayuda pedagógica al alumnado.

Del mismo modo, cuando hay un menor nivel de conocimientos previos y un alto número de preconcepciones los alumnos necesitarán mayor ayuda, e, inversamente, a mayor nivel de conocimientos previos y un bajo número (o ninguno) de preconcepciones, menor será la necesidad de ayuda. La ayuda podrá consistir en:

- Soporte en la organización de contenidos.
- Uso de incentivos atencionales y motivacionales.
- Uso de retroalimentación correctora.
- Seguimiento detallado de progresos y dificultades.

Y todo ello teniendo siempre muy claro que «*es el alumno el que construye, modifica, enriquece y diversifica sus esquemas*» (Coll, 1987).

Aunque no se pretende hacer teoría didáctica sobre el concepto «actividades», creemos conveniente explicitar algunas de nuestras opiniones al respecto que van a influir en el proceso de instrucción, a través de las orientaciones didácticas y las sugerencias de actividades.

Concebimos las actividades, en el sentido amplio de la definición, como un conjunto de acciones con coherencia interna para desarrollar por los alumnos y el profesor. Por lo tanto, todo lo que conduzca a que los alumnos construyan y adquieran activamente su conocimiento entrará dentro del ámbito de las actividades, lejos del reduccionismo de considerarlas como manipulaciones o desarrollo de habilidades motoras, ligadas más o menos al concepto clásico de prácticas. Y así es como deben entenderse.

Por lo tanto, métodos expositivos, que promuevan aprendizaje por recepción no mecánica, pueden ser fuentes de actividad constructiva en los alumnos y es por ello, que los consideramos dentro del ámbito de las actividades.

Conviene aquí recordar la afirmación de Ausubel: *«la mayoría de las nociones adquiridas por el alumno, lo mismo dentro que fuera de la escuela, no las descubre por sí mismo sino que le son dadas. Y como la mayor parte del material de aprendizaje se le presenta de manera verbal, conviene igualmente apreciar que el aprendizaje por recepción verbal no es inevitablemente mecánico y que puede ser significativo, sin experiencias previas no verbales o de resolución de problemas»* (Ausubel et al., 1983).

En el eje ausubeliano: aprendizaje por recepción — aprendizaje por descubrimiento guiado — aprendizaje por descubrimiento autónomo, nos inclinamos claramente por el primero de ellos, añadiéndole la característica de «significativo». Creemos que actividades expositivas que propicien un aprendizaje receptivo significativo, deben de ser el método dominante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología de segundo de Bachillerato y ello por las siguientes razones:

- Es el medio principal para adquirir grandes cuerpos de conocimientos como son los contenidos de Bachillerato.
- Es adecuado al nivel psicoevolutivo de alumnas y alumnos que, en teoría, se encuentran, al menos, en un nivel formal inicial (Shayer y Adey et al. 1984).
- Les prepara y capacita para su paso a estudios superiores.
- Está de acuerdo con la idea de que en ninguna etapa del desarrollo tienen las alumnas y los alumnos que descubrir independientemente los conceptos y principios para ser capaces de entenderlos y usarlos con sentido (Ausubel et al., 1983) y menos aún a estos niveles preuniversitarios.
- Favorece el aprendizaje de modo autónomo que va a ser consustancial con los aprendizajes postsecundarios.

En síntesis, *«en cualquier caso, los métodos de descubrimiento en la enseñanza difícilmente constituirán medios primarios y eficaces de transmitir el contenido de una disciplina académica»* (Ausubel et al. 1983).

En todos los casos recordamos que *«habrá aprendizaje significativo si la tarea de aprendizaje puede relacionarse de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra, ya que sería aprendizaje por repetición), con lo que los escolares saben y si éstos adoptan la actitud de aprendizaje correspondiente para hacerlo y el contenido es potencialmente significativo»* (Ausubel et al., 1983).

En cuanto a la utilización de la memoria, optamos por favorecer y entrenar la memorización comprensiva, ya que aquélla es constructiva y, por tanto, el punto de partida para abordar significativamente nuevos aprendizajes.

Dicho todo lo anterior, no se excluye (y así se indica) el desarrollo de toda otra serie de actividades que deben utilizarse como fuente secundaria, soporte y complemento en el aprendizaje de los contenidos. Deben intercalarse en la secuencia de proceso verbal/receptivo significativo.

De cara a su selección en el proceso instructivo clasificamos las actividades en:

- a) *Actividades iniciales.*
- b) *Actividades de reestructuración o desarrollo de la Unidad.*
- c) *Actividades de aplicación.*

A continuación se ofrece un conjunto, sin orden jerárquico, de las que se consideran más adecuadas de cada tipo. De él se prodrán extraer en cada fase del proceso las que se consideren más idóneas.

a) Actividades iniciales

- Cuestionarios de detección de ideas previas (que se devolverán después de su corrección).
- Preguntas convergentes y divergentes en el aula.
- Tormentas de ideas y discusiones.
- Elaboración de mapas semánticos que relacionen los principales conceptos de la Unidad.

Estas actividades irán básicamente destinadas a motivar a los alumnos y a permitir la detección de los preconceptos y explicitación de los conocimientos previos. La presentación de los contenidos que se tratarán y el encauzamiento de las primeras fases del aprendizaje pueden ser otras de sus misiones.

b) Actividades de desarrollo de la Unidad

- Búsqueda de información bibliográfica (prensa diaria, revistas, libros) y audiovisual.
- Trabajos de observación.
- Trabajos experimentales.
- Comentario de textos científicos o de historia de la ciencia.
- Comentario de artículos de prensa.
- Análisis de secuencias de vídeos científicos.
- Análisis de imágenes fotográficas en papel y de diapositivas.
- Elaboración de esquemas o jerarquías conceptuales.

Estas actividades servirán para el aprendizaje de los contenidos y para provocar el cambio conceptual.

c) Actividades de aplicación

- Elaboración de mapas conceptuales.
- Aplicación a la solución de problemas y situaciones de la vida cotidiana.
- Realización de investigaciones bibliográficas sobre aspectos muy concretos de los contenidos.

Estas actividades servirán para aplicar los aprendizajes realizados y para permitir a los alumnos y al profesorado una evaluación de los conocimientos.

Los profesores elegirán aquellos que consideren en cada momento más coherentes con los contenidos y las características de los escolares de este nivel.

Hay que tener siempre presente que buena parte de las actividades sobre contenidos procedimentales, como las que hemos incluido en el apartado b), pueden no lograr sus objetivos debido a la carencia o imprecisión de los conceptos que deberían actuar como inclusores de los nuevos conocimientos. Tanto en actividades de observación como de experimentación, se requieren sistemas bien elaborados de conceptos mediante los cuales percibir, identificar y describir lo que ocurre o se ve. Sin un bagaje conceptual previo suficiente, las observaciones carecen de significado (Harré, 1986).

Es aconsejable en el momento de seleccionar contenidos o planificar actividades, tener presente la historia de la ciencia como recurso y contenido. Sería interesante, por otra parte, que los estudios históricos no se limitaran a mostrar la relación de los experimentos con las teorías (por otro lado imprescindible), sino que también se refirieran al contexto social y cultural en que fueron concebidas. Ello abriría campos de colaboración interdisciplinar o llevaría a las alumnas y los alumnos a la construcción de significados interdisciplinares.

Hay que hacer ver al alumnado que las cuestiones de carácter social, como pueden ser las exigencias de la economía o la política, no sólo influyen en cada época sobre la comunidad científica, dirigiéndola hacia ciertos tipos de problemas, y apartándola de otros, sino también en los fundamentos mismos de las teorías. Tal es el caso de la genética durante el Tercer Reich (ideas racistas y eugenésicas) o de la teoría de la evolución en la URSS tras la segunda guerra mundial (ideas lamarckistas de Lysenko).

En la historia social de la ciencia (base de contenidos actitudinales) hay suficientes argumentos para pensar que tales factores «externos» pueden pesar incluso en los criterios mismos por los que un experimento es juzgado como éxito o fracaso y una teoría como verdadera o falsa (Harré, 1986). A este respecto no habría más que recordar a Lamarck o Darwin.

Es por eso que en el desarrollo de las unidades didácticas se deben intentar introducir (siempre que ello sea posible) los conceptos fundamentales a través del conocimiento y análisis de la evolución histórica del concepto. Esta es la causa de las continuas referencias en este sentido presentes en las distintas unidades didácticas.

La evaluación debe dar respuesta a las tres preguntas clásicas: qué, cómo y cuándo evaluar. Además de las salvedades de todos conocidas de que se debe evaluar tanto al alumnado como al proceso y al profesorado, la evaluación de los alumnos debe ser global, esto es que además de principios, hechos y conceptos, debe evaluar procedimientos y actitudes.

Los distintos contenidos/objetivos seleccionados para constituir las ocho unidades didácticas que se proponen como desarrollo del currículo de Biología, responden inicialmente a la primera de las preguntas.

Sobre la utilización de la Historia de la Ciencia

Sobre la evaluación

Su finalidad es comprobar el grado de adquisición de las capacidades que vienen señaladas tanto en los objetivos generales del currículo como en los didácticos de cada Unidad. Ambas categorías deben ser conocidas y comprendidas por las alumnas y los alumnos desde el comienzo del proceso de instrucción.

Es difícil señalar la **metodología de la evaluación** (el *cómo*) ya que está en función del desarrollo de los contenidos y de las variables que influyen en el aula. Sin embargo, con arreglo a nuestra concepción del proceso se puede hacer la siguiente propuesta:

- **Pruebas abiertas** —en las que la alumna y el alumno elaboren la totalidad de la respuesta independientemente de su extensión—, frente a pruebas cerradas, en las que se presenta parte de la respuesta elaborada y cuyo máximo representante, serían las pruebas objetivas del tipo verdadero/falso. Estas últimas se consideran totalmente desaconsejables, excepto en la evaluación formativa.

Dentro de las pruebas abiertas se opta por las pruebas abiertas de respuesta breve —frente a las de respuesta larga—, ya que permiten evaluar un mayor campo de contenidos por unidad de tiempo, más precisión en las respuestas y un esfuerzo de concreción y conceptualización mayor en el momento de elaborar la respuesta.

- La confección de mapas semánticos, esquemas o jerarquías conceptuales y mapas conceptuales es una herramienta de gran utilidad a lo largo de todo el proceso (y por ello también figura en las actividades), para comprobar la organización del conocimiento que han logrado las alumnas y los alumnos. Se pueden aportar los items o que sean los escolares los que seleccionen y jerarquicen (Novak, 1982).
- Los trabajos experimentales deben evaluarse tanto conceptual como procedimentalmente a partir de las observaciones directas y los informes escritos.
- Los proyectos bibliográficos y de comentario de textos, completan la información que se puede obtener sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje.

A todo lo dicho hay que añadir la **naturaleza o fin de la evaluación**:

- **Formativa**: cualitativa, para diagnosticar y corregir sobre la marcha, característica de la autoevaluación.
- **Sumativa o aditiva**: para cuantificar el grado de adquisición de los conocimientos por las alumnas y los alumnos.

La respuesta a **cuándo evaluar** (su situación en el proceso) lleva a determinar las siguientes etapas:

- **Evaluación diagnóstica o inicial**: al comienzo del curso o de cada Unidad. Es muy importante, pues de su resultado dependerá el mantenimiento o cambio de la programación inicial. Tiene tres finalidades:
 - Detección de preconceptos.
 - Averiguar los conocimientos previos con los que llega el alumnado.
 - Evidenciar los intereses y preactitudes de las alumnas y los alumnos.
- **Evaluación continua**: es la que permite ir conociendo en cada momento el estado en que se encuentra el proceso. Se lleva a cabo mediante la observación del alumnado y preguntas (verbales), tanto convergentes como divergentes, sobre aspectos puntuales de los contenidos. Es de naturaleza formativa y debe ser considerada una actividad más.

- **Evaluación final:** situada al final de una o varias unidades didácticas. Su misión es indicar y cuantificar lo que las alumnas y los alumnos han aprendido, por tanto, es sumativa.

Un objetivo de la Biología en este curso de Bachillerato debe ser que las alumnas y los alumnos afiancen o completen el **aprendizaje de procedimientos y habilidades** propias del trabajo — método— científico (aunque en la actualidad no quede muy claro que es el «método científico»). Por ello se debe hacer énfasis en que las actividades permitan desarrollar las siguientes *habilidades y capacidades*, cuya consecución se debe evaluar:

- a) Realización de experimentos:
 - Planteamiento del problema.
 - Emisión de hipótesis.
 - Observación y toma de datos.
 - Manejo de aparatos y organismos.
- b) Comunicación y discusión de resultados.
- c) Búsqueda y emisión de información (informes y trabajos bibliográficos).
- d) Interpretación:
 - Realización de inferencias.
 - Predicciones.
 - Manejo de datos.
- e) Resolución de problemas y planificación de investigaciones:
 - Emisión de hipótesis.
 - Diseño de experimentos.
 - Control de variables.

La evaluación que se considera adecuada para el tipo de actividades indicado debería ser holística (esto es, global y no atomizada en cada fase o actividad) y formativa. Sólo si existe una tabla muy clara de especificaciones se podrán evaluar sumativa y detalladamente cada una de las actividades, pero esto es dificultoso y poco útil. Si los conceptos son claramente susceptibles de una evaluación sumativa, no queda esto tan claro para los procedimientos y mucho menos que las actitudes puedan recibir una «nota» concreta.

Programación

Se ha pretendido diseñar unas unidades didácticas estructuradas de manera que puedan enlazarse con los conocimientos previos, que teóricamente deben tener las alumnas y los alumnos al inicio de este curso y que pueden deducirse de los contenidos de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y de la Biología y Geología de primero de Bachillerato, supuesto un aprendizaje significativo de los mismos.

Todo ello sin olvidar, como ha quedado dicho suficientemente, que el aprendizaje de los escolares está condicionado, entre otros factores, por su nivel de desarrollo operativo.

Considerando que los núcleos temáticos tienen una estructura básicamente conceptual y por las otras razones que ya han quedado justificadas, se ha escogido una orientación de las unidades didácticas igualmente de tipo conceptual, adoptándose un enfoque disciplinar. Como se verá en los enunciados, se pretende hacer énfasis en los conceptos científicos como eje organizador o secuenciador, en un contexto que partiendo de la ciencia pura incorpore también contenidos de su aplicación práctica a la vida cotidiana y las implicaciones sociales de dicha aplicación: tecnología/sociedad. Y ello a pesar de la dificultad que tiene en ocasiones la comprensión de la perspectiva aplicada.

Se consideran prerequisites (conocimientos previos) imprescindibles para el correcto desarrollo del proceso de instrucción, tanto los contenidos correspondientes al área de Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria Obligatoria, como los pertenecientes a la Biología y Geología de primero de Bachillerato.

En relación con el currículo de la ESO (currículo establecido por Real Decreto 1345/1991 de 6 de septiembre), los contenidos de la Biología de segundo de Bachillerato precisan que las alumnas y los alumnos conozcan suficientemente la mayoría de los contenidos (conceptos, procedimientos y actitudes) de los núcleos temáticos siguientes:

1. Diversidad y unidad de estructura de la materia.
2. La energía.
3. Los cambios químicos.
5. Los materiales terrestres.
6. Diversidad de los seres vivos.
7. Las personas y la salud.
8. Interacciones de los componentes abióticos y bióticos del medio natural.

Relación con cursos anteriores

En cuanto a las conexiones del currículo de la Biología de segundo con el de Biología y Geología de primero de Bachillerato, establecemos *dos niveles*:

- Los objetivos generales.
- Los contenidos.

Las alumnas y los alumnos que accedan a este segundo curso lograrán mejor la consecución de sus objetivos generales, si en su momento adquirieron las capacidades que se desprenden de la consecución de los ocho objetivos generales de primer curso.

Independientemente de los contenidos transversales que engloban los dos primeros núcleos temáticos, comunes a los dos cursos, se consideran **conocimientos previos** necesarios:

• **El mantenimiento de la vida**

- Seres unicelulares y pluricelulares. La diferenciación celular. Los seres vivos como sistemas que intercambian materia y energía con el medio. Concepto de homeostasis como equilibrio dinámico.
- Funciones de los seres vivos. Algunas relaciones entre la presencia de determinadas estructuras y las funciones.
- Los seres vivos y la energía. Los alimentos combustibles para las células: respiración y fermentación. La síntesis de materia orgánica: la fotosíntesis.
- El procesamiento de los alimentos en animales: ingestión, digestión y absorción de nutrientes.

• **La perpetuación de la vida**

- El ciclo vital de los seres vivos. El proceso de la reproducción. Reproducción sexual y asexual. Diferencias, ventajas e inconvenientes. Reproducción sexual: la formación de gametos. Modelos de ciclos reproductores en vegetales.

• **La herencia: un enfoque mendeliano**

- Teoría cromosómica de la herencia.
- Algunas aplicaciones de la genética en la sociedad actual, en la mejora de especies, en el tratamiento de enfermedades,...

Organización de las unidades didácticas

Las ocho unidades didácticas en que se han distribuido los contenidos han sido explicitadas anteriormente. Si bien se les puede evaluar separadamente, el conjunto forma un cuerpo de conocimientos muy interrelacionado jerárquicamente, que van actuando de prerrequisitos sucesivamente unos de otros. La jerarquía conceptual de las unidades didácticas representada en el *Cuadro 2* muestra sus relaciones y justifica visualmente lo expuesto anteriormente.

La organización interna de cada Unidad didáctica se ciñe al modelo de componentes básicos, con el siguiente orden:

- Introducción.
- Contenidos: selección, organización y secuencia.
- Objetivos didácticos.

- Orientaciones didácticas.
- Sugerencias de tipos de actividades de aprendizaje y recursos didácticos.
- Evaluación: criterios y sugerencias de tipos de actividades de evaluación.

En la introducción se indica el por qué de los contenidos y su organización.

Los contenidos desarrollan los correspondientes de los núcleos temáticos del currículo de Bachillerato (establecido en el Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre (*Ver Anexo 2*)), dando prioridad a los hechos, conceptos y principios. Los procedimientos y las actitudes aparecen como una aplicación y correlato respectivamente de los conceptos.

Debido a la apertura y flexibilidad preconizadas para las programaciones en el modelo de enseñanza propuesto por la reforma, las unidades didácticas se pueden considerar también como un «banco de contenidos» para seleccionar y secuenciar en función de los objetivos didácticos programados por cada profesora o profesor.

En este sentido se ha pretendido «pecar por exceso» en la selección de contenidos potencialmente significativos y funcionales, lo que obligará a darles un tratamiento diferencial personal en cuanto a su extensión, para adecuarse a la distribución temporal. El tiempo estimado es una aproximación hipotética, que vendrá también condicionado por las variables de aula.

Se han diseñado objetivos didácticos en número suficiente, a nuestro modo de ver, para cubrir las capacidades propuestas en los objetivos generales, que son las que se pretende que desarrollen las alumnas y los alumnos tras el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Unidad didáctica. Un mejor nivel de concreción, al igual que en el caso de los contenidos, quedará supeditado a su puesta en práctica en el aula.

Las estrategias metodológicas (orientaciones didácticas) intentan dar pautas de actuación del profesorado y del alumnado durante el proceso de instrucción, acotando la profundidad y extensión de los contenidos y dando algunos datos para aclarar lo que alumnas y alumnos deberán aprender. Se hace referencia a los conocimientos previos concretos que deberán tenerse como punto de partida. Los preconceptos deberán detectarse en la evaluación inicial y someterse al correspondiente cambio conceptual, por lo que no hacemos ninguna referencia específica a ellos.

A pesar de que las actividades de aprendizaje son algo muy personal, íntimamente ligado a la idea que tiene cada profesora o profesor sobre cómo impartir su asignatura, se aportan diversas ideas y ejemplos que se podrán completar con la bibliografía seleccionada.

Las sugerencias de tipos de actividades proponen, de forma no exhaustiva, algunos modelos complementarios de las actividades de transmisión verbal comentadas anteriormente y consideradas el eje metodológico.

Se hacen referencias a distintos trabajos y experiencias para realizar por las alumnas y los alumnos, y a los recursos didácticos concretos más útiles para el desarrollo de la Unidad.

En el apartado de evaluación se incluyen tanto los criterios de evaluación como las actividades para la evaluación.

Los criterios vienen presididos por la selección, entre los criterios generales de evaluación, de los aplicables a cada Unidad didáctica, junto a los propios de ésta.

Introducción

Esta Unidad comprende todos los contenidos de bioquímica general de este nivel. Se revisan los distintos bioelementos y biomoléculas (principios inmediatos), dándose la máxima importancia a la descripción y valoración de su papel biológico. Es una Unidad didáctica básica para entender posteriormente la estructura y función celular en sentido amplio.

A pesar de su heterogeneidad química hemos considerado más didáctico incluir a todas las vitaminas en una sola lección, atendiendo más a su función que a su composición química, sin olvidar el papel coenzimático de la mayoría de las vitaminas hidrosolubles. Por la misma razón, se aísla a las enzimas en una lección independiente de las proteínas.

Contenidos

1. Bioelementos y biomoléculas.

2. Moléculas inorgánicas.

- Agua.
- Sales minerales.

3. Moléculas orgánicas.

- Carbohidratos.
 - Monosacáridos.
 - Enantiomorfos, epímeros y anómeros.
 - Fórmulas de Haworth.
 - Derivados de los monosacáridos.
 - Disacáridos.
 - Polisacáridos.
 - De reserva.
 - Estructurales.
- Lípidos.
 - Dispersiones lipídicas.
 - Micelas, monocapas y bicapas.
 - Ácidos grasos.
 - Lípidos simples.
 - Triglicéridos o lípidos neutros.
 - Ceras.
 - Lípidos compuestos.
 - Lípidos derivados.

- Proteínas.
 - Aminoácidos.
 - Péptidos.
 - Enlace peptídico.
 - Péptidos naturales.
 - Proteínas.
 - Niveles estructurales.
 - Clasificación.
 - Diversidad funcional.
- Enzimas.
 - Principios de catálisis y cinética enzimática.
 - Especificidad enzimática.
 - Inhibición enzimática.
 - Aplicación científica, industrial y médica.
- Vitaminas.
 - Vitaminas liposolubles e hidrosolubles.
 - Las vitaminas como componentes de los coenzimas.
 - Importancia en el organismo y en la dieta.
- Ácidos Nucleicos.
 - Revisión histórica de su estudio.
 - Nucleótidos.
 - ADN.
 - Regla de Chargaff.
 - Modelo de Watson y Crick.
 - ARN.
 - Tipos y estructuras.
 - Función autocatalítica.
 - Nucleótidos no nucleicos.
 - Transportadores de electrones.
 - Almacenadores de energía.

Objetivos didácticos

Las alumnas y los alumnos deben desarrollar capacidades para:

- Conocer los elementos que forman parte de la materia viva, así como las importantes funciones del agua y de las sales minerales en los organismos.
- Reconocer la naturaleza química de los monómeros que constituyen los distintos tipos de biopolímeros, la estructura y propiedades de éstos, así como su función biológica.
- Llevar a cabo, si es posible, algunos de los métodos de laboratorio o técnicas instrumentales básicas que han permitido los avances más importantes en la experimentación bioquímica.

- Conocer algunos hechos históricos, experimentos, descubrimientos y científicos fundamentales en la investigación de las biomoléculas, valorando su importancia científica y social.

Orientaciones didácticas

En esta Unidad se llega a la mayor complejidad conceptual en bioquímica del currículo de Secundaria. Ello exigiría para su aprendizaje significativo un nivel operacional formal avanzado. A pesar de ello, no consideramos que se tenga que aprender la formulación de todos los monómeros y polímeros de las biomoléculas que se estudian, sino únicamente la de los más importantes. Para ello las alumnas y los alumnos deberán tener cierta soltura en la formulación de química orgánica.

Estos contenidos se han prestado tradicionalmente a un típico proceso de enseñanza y aprendizaje basado en la memorización mecánica, y en la mente de todos está la inutilidad de este tipo de planteamiento.

Sin embargo, sí es el momento (y no en cursos anteriores) de que el alumnado conozca la estructura general y algunos ejemplos característicos de los principios inmediatos. Tal sería el caso de los carbohidratos de mayor proyección biológica.

Al desarrollar los bioelementos se hará suficiente énfasis en su importancia y diversidad de funciones (muchas aún desconocidas) en las personas y en los demás seres vivos.

De las biomoléculas se tratará como regla general, tras su conceptualización, composición y propiedades físicas y químicas (especialmente del agua), sus fórmulas estructurales, así como su importancia biológica y la repercusión de su consumo en la salud humana. Sus métodos de estudio o revisión histórica de su investigación llevará a la clasificación y a un análisis más pormenorizado de los distintos grupos, dando abundantes ejemplos de los de mayor interés biológico.

Sugerencias de actividades

Esta Unidad didáctica es un modelo de dificultad de desarrollo procedimental, tanto a nivel experimental como en la exigencia formal de la experimentación. No tiene mucho sentido plantear de un modo rutinario las clásicas prácticas (que se han de evitar casi siempre), en las que unos compuestos desconocidos (o complejos de entender) reaccionan de una forma difícil de comprender, dando un resultado del que sólo interesa, buena parte de las veces, el cambio de una propiedad física: el color.

La componente «mágica» —y por tanto atractiva o gratificante *«per se»* con baja demanda intelectual— de este tipo de experiencias no justifica que se programen como actividades.

Otra cosa sería cambiar la óptica del experimento con la utilización de compuestos como medio de reconocimiento y su aplicación a la identificación de principios inmediatos en los alimentos: por ejemplo el KI para el almidón.

De todas formas el contenido procedimental en sentido amplio podría ser objeto de los llamados objetivos expresivos, por tener valor en sí mismo más allá de los resultados.

Mejor sería la utilización de esferas de poliestireno de distintos tamaños o modelos moleculares, para representar analógicamente en el espacio la estructura molecular de ciertas biomoléculas: glúcidos, ácidos nucleicos, etc.

Actividades clásicas que se pueden realizar, siempre teniendo presente el asegurar su significatividad e integración con el resto de contenidos, podrían ser:

- Comprobación de fenómenos de ósmosis en células vegetales.

- Determinación del contenido en agua de muestras orgánicas: obtención de cenizas.
- Detección de sales minerales.
- Determinación de glúcidos en órganos y sobre compuestos aislados.
- Identificación de lípidos por sus propiedades físicas.
- Identificación de proteínas por sus propiedades.
- Detección de vitaminas en animales y vegetales.
- Comprobación de la acción de las enzimas sobre los principios inmediatos y de su presencia en las células.

En la bibliografía se incluyen textos que aportan suficiente información para desarrollarlas.

Evaluación

Criterios² válidos podrán ser entre otros:

- *Relacionar las macromoléculas con su función biológica en la célula, reconociendo sus unidades constituyentes.*
- *Enumerar las razones por las cuales el agua y las sales minerales son fundamentales en los procesos celulares, indicando algunos ejemplos de las repercusiones de su ausencia.*
- *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre los conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*
- Identificar la naturaleza química de moléculas de interés biológico, deduciendo —en la medida de lo posible— a partir de sus fórmulas su comportamiento físico y químico.
- Frente a una descripción de experimentos científicos básicos en la investigación sobre biomoléculas, identificar las hipótesis subyacentes y valorar los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

«LAS CÉLULAS / LAS MOLÉCULAS FORMAN ESTRUCTURAS»

Unidad didáctica 2

Introducción

La Unidad trata de todos aquellos contenidos que se podrían englobar en la citología o biología celular. Se estudiará paralela y detenidamente la morfología y ultraestructura celular, tanto de los procariotas como de los eucariotas (vegetales y animales, en sentido amplio), intentando relacionar la forma (estructura) con la función, así como el origen y evolución de las células.

Los conocimientos de bioquímica de la Unidad anterior se aplicarán al estudio y comprensión de las estructuras y componentes celulares. La idea general es que las diferencias más importantes entre los seres vivos se encuentran entre organismos procariotes y eucariotes.

² Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (*Ver Anexo 2*).

En algunos apartados no se ha seguido la generalización de otros, para facilitar la precisión de los contenidos. Esto no significa que se busque mayor extensión y profundidad de los mismos, sino una mayor precisión en ciertos lugares de la secuencia.

Contenidos

- 1. La célula: unidad de estructura y función.**
- 2. La teoría celular: desarrollo histórico del concepto de célula.**
- 3. Métodos de estudio de las células.**
 - Estudios morfológicos: microscopía óptica y electrónica.
 - Exploración funcional «in situ».
- 4. Modelos de organización celular.**
 - Procariotas y eucariotas: autótrofos y heterótrofos.
 - Origen y evolución celular: especialización celular.
- 5. Los componentes de la célula.**
 - Envueltas de la célula.
 - Paredes celulares.
 - Pared celular bacteriana.
 - Pared celular vegetal.
 - Otras envueltas.
 - Sistemas de membranas y orgánulos membranosos.
 - La membrana citoplasmática.
 - Modelos de membrana (D&D y S&N).
 - Composición química y estructura molecular.
 - Receptores de superficie, reconocimiento celular.
 - Intercambios moleculares a través de la membrana.
 - Transporte de pequeñas moléculas.*
 - Transporte de macromoléculas.*
 - Lisosomas y digestión intracelular.
 - Peroxisomas y demás microsomas.
 - Sistemas de síntesis y exportación celular.
 - Retículos endoplasmáticos liso y rugoso.
 - Aparato de Golgi.
 - Vacuolas.
 - Mitocondrias.
 - Plastos: cloroplastos.
 - Orgánulos y estructuras no membranosas.
 - Citosol y citoesqueleto.
 - Centriolos: cilios y flagelos.
 - Ribosomas.

- Inclusiones.
- El núcleo interfásico.
 - Envoltura nuclear.
 - Nucleoplasma.
 - Cromatina.
 - Cromosomas.
 - Morfología y tipos.
 - Organización de los nucleosomas en los cromosomas.
- Nucleolo.

Objetivos didácticos

Las alumnas y alumnos deberán ser capaces de:

- Conocer los acontecimientos históricos más importantes en el desarrollo de la teoría celular y la correlación de los avances en su estudio con los descubrimientos tecnológicos, y buscar fuentes bibliográficas para lograrlo.
- Comprender las diferencias de estructura y comportamiento bioquímico más importantes entre procariotas y eucariotas, división fundamental entre los seres vivos, y su relación evolutiva.
- Conocer, y en su caso saber aplicar, los métodos de laboratorio más importantes y las técnicas microscópicas que han permitido los avances en el estudio de las células.
- Analizar y describir los diferentes componentes celulares a nivel ultraestructural, intentando justificar su función a partir de su estructura.

Orientaciones didácticas

Los conceptos de citología son de difícil comprensión a pesar de lo cual, paradójicamente, son contenidos habituales de los currículos desde los primeros niveles educativos. Las alumnas y los alumnos probablemente puedan enumerar los orgánulos celulares y haber observado células al microscopio, pero difícilmente habrán realizado un aprendizaje significativo sobre lo estudiado o visto, debido al fuerte nivel de abstracción que necesitan los aprendizajes de los contenidos conceptuales y la descodificación de los mensajes visuales, tanto al microscopio óptico como al electrónico.

Partimos de la hipótesis de que las alumnas y los alumnos de este nivel ya están capacitados para comprender los contenidos tanto de una forma verbal como visual. En función de ello, se propone una metodología estrictamente audiovisual. Las distintas producciones en video sobre la célula (que se citan en la bibliografía) se pueden utilizar como motivación inicial y como epítome o resúmen final de los contenidos de la Unidad. Sin embargo, en el momento de trabajar los contenidos, son preferibles las imágenes fijas (transparencias, fotografías en papel o diapositivas), ya que es necesario un tiempo largo para su lectura y el aprendizaje de sus contenidos conceptuales.

La presentación de los contenidos en forma de mapas semánticos, jerarquías o mapas conceptuales, facilitará el aprendizaje de los escolares.

Sugerencias de actividades

Trabajar con las clásicas preparaciones de células elaboradas por los alumnos puede ser útil procedimentalmente, ya que la citología precisa de un soporte técnico, a veces de gran sofisticación.

ción, al que sólo se llega con entrenamiento. Las habilidades desarrolladas serán válidas posteriormente para la Unidad didáctica de microbiología. Es muy eficaz trabajar en grupo pequeño con imágenes sobre papel de microfotografías al microscopio óptico (o buenas fotocopias), identificando e interpretando orgánulos y estructuras, elaborando esquemas y analizando magnitudes, de la totalidad de la imagen o de zonas concretas.

Otras actividades pueden ser comentarios de textos científicos sobre la teoría celular, los primeros microscopistas, la teoría endosimbionte del origen celular o la relación de la teoría neuronal de Cajal con la teoría celular.

Las actividades de elaboración de modelos moleculares como el nucleosoma, o el modelado o construcción de orgánulos (ribosomas), ayudarán a la comprensión espacial de estructuras y orgánulos.

Evaluación

Criterios³ a considerar:

- *Interpretar la estructura interna de una célula eucariótica animal y de una vegetal, y de una célula procariótica —tanto al microscopio óptico como al electrónico—, pudiendo identificar y representar sus orgánulos y describir la función que desempeñan.*
- *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*
- Explicar el significado de la teoría celular y valorar su importancia como teoría básica de la biología y sus acotaciones en la actualidad.
- Utilizar las técnicas básicas de microscopía óptica para hacer preparaciones a partir de muestras adecuadas de vegetales y animales, y manejar con soltura el microscopio óptico.

Unidad didáctica 3

«FISIOLOGÍA CELULAR / LAS MOLÉCULAS EN ACCIÓN»

Introducción

La Unidad abarca los contenidos del metabolismo en sentido amplio. Tras el estudio de los elementos y las moléculas que forman las células y haber visto cómo se organizan en estructuras y orgánulos, se aborda ahora el estudio del mantenimiento de la vida celular, basado en los procesos de producción y consumo de energía, su relación con las biomoléculas y su ubicación en las células.

La selección de contenidos pretende revisar desde los procesos metabólicos básicos (respiración celular y fotosíntesis) hasta algunos otros, que si no son menos importantes para la vida celular y orgánica, *si se supeditan a los primeros.*

3. Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (*Ver Anexo 2*).

· Pese a que no se pretende su análisis con una excesiva profundidad (que corresponderá a la universidad), es en este curso de Bachillerato donde estos contenidos tienen su ubicación más apropiada en función de su complejidad conceptual.

Sin embargo, es muy probable que los contenidos de esta Unidad no sean comprendidos en su totalidad o significado profundo por el alumnado, debido a que «se requiere un nivel formal avanzado aún para la más mínima comprensión de la significación química de las moléculas presentes en los alimentos y en los productos digestivos (con la ayuda de un conocimiento medio de química)» (Shayer y Adey, 1984). Este hecho deberá tenerlo muy presente el profesorado en el momento de llevar a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje, planificando estrategias que faciliten el aprendizaje en el aula.

Contenidos

1. Procesos de producción y consumo de energía.

2. Concepto de metabolismo.

- Rutas metabólicas: catabolismo y anabolismo.
- Papel del ATP y del NADH en el metabolismo celular.

3. Metabolismo de los carbohidratos.

- Glucolisis: balance energético.
- Reacciones asociadas a la glucolisis.
 - Formación de láctico, etanol y Acetil CoA.
- Respiración aerobia.
 - Ciclo del ácido cítrico (ciclo de Krebs).
 - Cadena respiratoria.
 - Transporte de electrones.
 - Fosforilación del ATP.
 - Balance energético.
 - Topografía de las reacciones de la respiración.

4. Fotosíntesis.

- Topografía de las reacciones fotosintéticas.
- Fase lumínica.
 - Clorofilas y otros pigmentos fotosintéticos.
 - Fotorreducción y fotooxidación.
- Fase oscura.
 - Ruta primaria del C en la fotosíntesis.
 - Fotorrespiración versus fotosíntesis.
 - Vía alternativa de fijación del dióxido de carbono (ciclo de Hatch–Slack).

5. Quimiosíntesis.

- Energía procedente de la oxidación de fuentes inorgánicas.

Objetivos didácticos

Se pretende que las alumnas y los alumnos sean capaces de:

- Conocer cuál es la función del ATP en relación con el ciclo energético de las células heterótrofas y autótrofas.
- Comparar, seleccionando sus principales características, las rutas metabólicas más importantes en la célula.
- Reconocer la ubicación celular de las reacciones, ventajas evolutivas y papel biológico de las respiraciones aerobia y anaerobia.
- Conocer conceptualmente el proceso de obtención de energía de los organismos anaerobios, su ecuación global, rendimiento energético y algunos metabolitos importantes, comparándolo con la respiración aerobia, distinguiendo sus fases y balance energético.
- Reconocer las características metabólicas de los dos grandes tipos de células en función de la forma química del carbono que requieren, de la fuente de energía que utilizan y su relación con el oxígeno.
- Entender la importancia biológica de la fotosíntesis, sus fases y ubicación en la célula procarionótica y eucarionótica.
- Analizar las diferencias de mecanismo fotosintético entre las plantas C3 y C4.
- Conocer las relaciones entre fotosíntesis y fotorrespiración y su interés agrícola.
- Comprender el proceso de quimiosíntesis y sus diferencias con las reacciones fotosintéticas, sabiendo justificar su importancia en los ecosistemas.

Orientaciones didácticas

De los procesos metabólicos interesan los conceptos básicos, las principales moléculas actantes y la visión de conjunto, más que el aprendizaje de fórmulas o reacciones que en ocasiones, a estos niveles, oscurecen más que aclaran los significados, independientemente de la dificultad cognitiva de su aprendizaje.

En esta Unidad se deberá dar respuesta, adecuada a las capacidades de alumnas y alumnos, a las dos preguntas básicas (Stryer, 1985):

«¿Cómo obtienen las células la energía y el poder reductor?»

«¿Cómo sintetizan las células compuestos fundamentales de sus macromoléculas?»

Al dar respuesta a estas dos preguntas se habrá desarrollado genéricamente el concepto de metabolismo, ya que es el conjunto de los procesos que subyacen en estas preguntas quienes lo constituyen.

El conocimiento de las enzimas que controlan las reacciones metabólicas, no se considera de mucho interés, con excepción de sus funciones en relación con su pertenencia a los grandes grupos de las más importantes.

Se deberán ubicar topográficamente, tanto a nivel celular como orgánico, las reacciones metabólicas.

Al principio de la Unidad didáctica será interesante hacer una breve revisión histórica con los hechos e investigadores más destacados en la investigación de los mecanismos de liberación de energía.

Se deberán poner de manifiesto las posibles patologías ligadas a la disfunción de un proceso metabólico o a la carencia de algún tipo de molécula en la dieta. Tal es el caso de las anomalías genéticas que alteran el almacenamiento del glucógeno.

En resumen, esta parte de la Unidad didáctica debe aportar la visión de conjunto del proceso de extracción de energía a partir de los alimentos en los organismos, que, según H. Krebs, puede esquematizarse en tres etapas:

- a. Las grandes moléculas de los alimentos son fragmentadas hasta moléculas más pequeñas.
- b. Las numerosas moléculas pequeñas se degradan hasta unas pocas unidades simples que son las que juegan el papel central en el metabolismo: azúcares, ácidos grasos y aminoácidos (estudiadas suficientemente en la Unidad didáctica 1).
- c. Existen vías comunes en la degradación de las moléculas oxidables: el ciclo del ácido cítrico y la fosforilación oxidativa.

Es muy ilustrativo hacer referencia sucinta al comportamiento metabólico de órganos importantes como cerebro, riñones e hígado, sistemas como el muscular y tejidos como el adiposo.

La fotosíntesis debe iniciarse igualmente con la revisión histórica del concepto, desde el experimento de producción de oxígeno por las plantas, realizado por Priestley en 1780, hasta el descubrimiento de las plantas C4 por Hatch y Slack.

Tras el estudio de la clorofila, no se profundizará mucho en los procesos íntimos que acontecen en los fotosistemas, en el transporte electrónico y en las fórmulas de los compuestos participantes y sí en la conceptualización del proceso, sus fases y su importancia biológica.

También hay que destacar el papel de la enzima más importante del ciclo de Calvin la ribulosa 1-5 difosfato, y su relación con la fotorrespiración, así como dejar claro comparativamente las vías de fijación alternativa del dióxido de carbono (plantas C3 y C4) y su importancia biológica e interés agrícola.

Sugerencias de actividades

El uso de videofilmaciones como las producciones de TV Ontario sobre la «Respiración celular» (editadas por Mare Nostrum, *ver Bibliografía*) puede ser una excelente introducción (epítome) de la Unidad. Su análisis es una forma excelente de presentar los contenidos y su visionado final un recapitulador muy apropiado para estos complejos aprendizajes.

La observación de microfotografías de mitocondrias y cloroplastos actualizará los contenidos de la Unidad 2 y podrá completarse con la observación al microscopio óptico de plastos (cloro, cromo y leucoplastos) en preparaciones realizadas por las alumnas y los alumnos.

La elaboración de jerarquías o mapas conceptuales, resumen de los apartados o la totalidad de la Unidad, por los alumnos les permitirá una mejor jerarquización y organización de los conceptos fundamentales.

Los contenidos sobre fotosíntesis se prestan muy bien a la experimentación durante el horario lectivo o fuera de él.

Actividades que se pueden desarrollar a lo largo de esta parte de la Unidad, mediante diseños experimentales llevados a cabo por el alumnado, pueden ser:

- Extracción de pigmentos vegetales en medio líquido y su separación por cromatografía de papel o «barra de tiza».

- Detección de la formación de almidón en hojas y tallos fotosintéticos.
- Comprobación del consumo de dióxido de carbono, desprendimiento de oxígeno y de la acción de la luz.
- Respiración en vegetales.

Evaluación

Criterios⁴ de evaluación a tener en cuenta son:

- *Explicar el significado biológico de la respiración celular indicando las diferencias entre la vía aerobia y la anaerobia respecto a la rentabilidad energética, los productos finales originados y el interés industrial de estos últimos.*
- *Diferenciar en la fotosíntesis las fases luminica y oscura, identificando las estructuras celulares en las que se llevan a cabo, los sustratos necesarios, los productos finales y el balance energético obtenido, y valorando su importancia en el mantenimiento de la vida.*
- *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre los conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*
- Saber relacionar en forma de red o mapa conceptual una serie de rutas metabólicas y metabolitos actuantes.
- Explicar el papel central del ATP en el metabolismo vegetal y animal.
- Comparar, indicando las ventajas, los siguientes procesos metabólicos: respiración y fermentación, quimiosíntesis y fotosíntesis, y plantas C3 y C4.
- Interpretar redes conceptuales de rutas metabólicas y gráficas sobre la acción de distintos factores sobre la actividad fotosintética.
- Formular hipótesis (y deducir consecuencias) sobre la acción de los distintos factores sobre la actividad fotosintética, para su posible puesta en práctica experimental.
- Elaborar esquemas celulares en donde se ponga de manifiesto la ubicación topográfica de las distintas rutas metabólicas en células vegetales y animales.

Unidad didáctica 4

«LA BASE QUÍMICA DE LA HERENCIA: GENÉTICA MOLECULAR / ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LAS CÉLULAS»

Introducción

Esta Unidad didáctica trata sobre los contenidos de genética molecular, desde precursores como Griffith —quien detectó el «agente transformante», obteniendo los primeros indicios de la naturaleza del ADN—, hasta las modernas técnicas de ingeniería genética, con todas sus connotaciones económicas, éticas y sociales.

4. Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (Ver Anexo 2).

Una vez conocidas las estructuras moleculares del ADN y ARN, en la Unidad 1, y su ubicación celular, en la Unidad 2, en ésta se considerarán esas moléculas en acción (base molecular de la herencia) y su reflejo en el «dogma central de la biología molecular».

En pocos contenidos de las ciencias biológicas es tan obligado y útil conocer la evolución histórica de los conceptos como en el caso de la genética y en concreto en la ciencia síntesis que es la genética molecular, nacida con la «doble hélice» de Crick y Watson.

Es por ello que en los contenidos se hace referencia a investigadores, con la intención de que se conozcan y analicen sus experimentos y teorías, como base para el aprendizaje de los conceptos que en unos u otras subyacen y el conocimiento de los procedimientos que las desarrollaron.

Se incluye el concepto de mutación (que se trata a nivel génico), lo que junto con los contenidos de la Unidad 5 permitirán entender el concepto darwiniano de selección natural bajo una óptica actual, así como su correlato factual: la especiación.

Las implicaciones sociales de la genética, desde sus repercusiones médicas (anomalías), industriales (biotecnología), éticas (proyecto genoma humano) hasta incluso las políticas (racismo, eugenesia), deben ser enunciadas y, en ocasiones, desarrolladas más profundamente en esta Unidad. Su finalidad es servir de información y tema de reflexión, de cara al logro de objetivos actitudinales.

Contenidos

1. Naturaleza del material hereditario.

- Base molecular de la herencia.
- Desarrollo histórico.
 - Experimentos de: Griffith, Avery *et al*, McLeod & McCarty, y Hershey & Chase.

2. Conservación de la información genética.

- Replicación del material hereditario.

3. Expresión de la información genética.

- Transcripción del ADN y síntesis de los ARNs.
 - Transcripción en procariontes.
 - Transcripción en eucariontes.
 - Maduración del ARN.

4. El código genético.

- Características y desciframiento.
- Traducción: biosíntesis de proteínas.

5. Genes y regulación génica.

- Concepto de gen.
 - Teorías de Beadle & Tatum y Banzer.
 - Genes estructurales y reguladores.
- Regulación de la expresión génica en procariontes.
 - Sistemas de inducción: teoría de Jacob & Monod.

- Sistemas de represión.
- Control de la expresión génica en eucariotas.

6. Alteraciones de la información genética.

- Mutaciones.
 - Mutaciones génicas o puntuales.
 - Origen y consecuencia de las mutaciones.
- Mutaciones y evolución de las especies.
 - Población y acervo de genes.
 - Selección natural.
 - Especiación: mecanismos.

7. Genética aplicada.

- Malformaciones congénitas y enfermedades genéticas.
- Mejora genética en agricultura y ganadería.
 - Ingeniería genética y enfermedades hereditarias.
 - Ingeniería genética en la industria.

8. Repercusiones sociales de la genética.

- Eugenesia.
- Genes y cáncer.
- Proyecto genoma humano.

Objetivos didácticos

Los escolares deben adquirir capacidad para:

- Reconocer la naturaleza del material portador de la información genética, su codificación, conservación y expresión; así como localizar este material y sus procesos en las células.
- Describir y analizar los experimentos más significativos que han conducido al conocimiento de la naturaleza del material hereditario.
- Entender el concepto de gen y analizar las sucesivas acotaciones que han tenido lugar a lo largo del tiempo.
- Identificar y valorar las aportaciones de la genética al conocimiento de los mecanismos darwinianos de la selección natural y la moderna teoría de la evolución.
- Distinguir los distintos tipos de alteraciones que puede sufrir el material genético y analizar su repercusión en la transmisión de la información genética y su expresión en los organismos.
- Tener una actitud crítica sobre las implicaciones sociales de la genética y sobre las posibilidades abiertas por la manipulación genética, en relación con la adquisición de unos nuevos límites éticos y morales (bioética).

Orientaciones didácticas

La motivación en esta materia se puede intentar por medio de tormentas de ideas o debates sobre la importancia de la genética molecular en la actualidad.

En esta Unidad didáctica es más imprescindible si cabe, la utilización como recurso principal de imágenes analógicas, tanto estáticas como en movimiento. Ello se debe a que la complejidad de los conceptos y procesos, que se describen en la parte inicial, y su descontextualización del ámbito vivencial del alumno, hacen necesario que las alumnas y los alumnos tengan esquemas claros y el tiempo suficiente para su análisis e interpretación. Por tanto será necesario al trabajar con diapositivas o transparencias, que los escolares dispongan de reproducciones mudas para el seguimiento y discusión de los contenidos (estrategia, por otro lado, muy útil con cualquier tipo de contenidos).

Las imágenes analógicas animadas de muchas producciones videográficas serán válidas como recopilador, al permitir ver «en acción» procesos como la replicación, transcripción o traducción, estudiados a partir de imágenes fijas.

Paralelamente, los trabajos de resolución de cuestiones en pequeño grupo o el comentario y análisis de la metodología de antecedentes históricos, permitirán el conocimiento de los métodos de los científicos y ejemplificar la importancia de la historia social de la ciencia.

El conocimiento de las mutaciones cromosómicas y genómicas, así como su repercusión, sobre todo en los humanos, permitirá retomarlas al final de la Unidad para aplicarlas al epígrafe «Genética aplicada».

Sugerencias de actividades

No parece muy apropiado intentar la extracción del ADN de células como las de hígado de pollo o ternera (técnica que describen algunos textos de prácticas de laboratorio), debido a su complejidad procedimental y su bajo rendimiento conceptual. Esta actividad puede sustituirse, por ejemplo, por el análisis del vídeo de la Enciclopedia Británica «*La célula viva: el ADN*».

Si pueden ser de interés, por el contrario, actividades de construcción de modelos de genética molecular como los siguientes:

- Replicación de ADN eucariótico.
- Síntesis de ARNm.
- Estructura del ARNt.
- Replicación del cromosoma bacteriano.
- (...).

A este respecto, Arderol González (1983) propone varios de gran interés y fácil montaje.

Independientemente del trabajo con los conceptos básicos sobre las «*Repercusiones sociales de la genética*», este apartado se presta a la búsqueda de información en prensa diaria, revistas de divulgación o programas de TV (bien paralela o previamente a la Unidad), que permitirán al alumno desarrollar pequeños informes escritos de opinión (ética o social) o de actualidad científica (últimos descubrimientos o investigaciones). También podrán servir como material para debates en el aula.

No deberían faltar en esta Unidad, para su evaluación a largo plazo, la lectura, el posterior resumen de las ideas principales y el comentario personal (actitudinal) de libros sobre el tema, como: «*La lógica de lo viviente*» de F. Jacob; «*En busca de la doble hélice*» de J. Gribbin o «*La doble hélice*» de J. D. Watson.

Evaluación

Se pueden considerar los siguientes criterios⁵:

- *Explicar el papel del ADN como portador de la información genética y la naturaleza del código genético, relacionando las mutaciones con alteraciones en la información y estudiando su repercusión en la variabilidad de los seres vivos y en la salud de las personas.*
- *Analizar algunas aplicaciones y limitaciones de la manipulación genética en vegetales, animales y en el ser humano, y sus implicaciones éticas, valorando el interés de la investigación del genoma humano en la prevención de enfermedades hereditarias y entendiendo que el trabajo científico está, como cualquier actividad, sometido a presiones sociales y económicas.*
- *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*
- Conocer la evolución histórica de las investigaciones genéticas y la incidencia de estos conocimientos en la sociedad.
- Hacer esquemas de los procesos de transcripción y traducción en eucariotas y procariotas y confeccionar modelos moleculares adecuados.

Unidad didáctica 5

«CICLO Y DIVISIÓN CELULARES»

Introducción

Vistos los contenidos de carácter general, se pasa en esta Unidad didáctica a un nivel de funcionalidad, al tratarse los conceptos de ciclo celular y los tipos y mecanismos de la división celular.

Interfase–mitosis, por un lado y meiosis–gametogénesis–ciclos biológicos, por otro; son los dos grandes ejes de contenidos de la Unidad, vistos ya parcialmente en el curso anterior.

Contenidos

1. El ciclo y la reproducción celular.

- Mecanismos morfológicos y genéticos.

2. Concepto y fases del ciclo celular.

- Variaciones del ADN.
- Interfase.
- División nuclear y división celular.
 - Diferencias entre células animales y vegetales.
 - Reproducción en procariotas: procesos genéticos.

5. Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (*Ver Anexo 2*).

3. Meiosis y gametogénesis.

- Fenómenos morfológicos y genéticos de la meiosis.
- Significado genético de la meiosis.
- Gametogénesis en vegetales y animales.
 - Ovogénesis y oogénesis.
 - Espermatogénesis.

4. Ciclos biológicos.

5. Reproducción sexual y asexual.

- Ventajas e inconvenientes biológicos y evolutivos.
- Relaciones con la selección natural.

Objetivos didácticos

Se pretende la adquisición de las capacidades siguientes:

- Reconocer y describir los mecanismos morfológicos y genéticos de la transmisión de la información genética y sus relaciones con el ciclo celular.
- Analizar la función biológica de la meiosis, sus diferencias con la mitosis y su relación con la variabilidad genética y la formación de los gametos.
- Comparar los mecanismos de la reproducción asexual y sexual, y razonar sus ventajas e inconvenientes biológicos y evolutivos.

Orientaciones didácticas

Las alumnas y los alumnos deben aportar como conocimientos previos ideas básicas sobre el ciclo vital, la reproducción sexual y asexual y la formación de los gametos.

Ello unido al conocimiento celular (morfología cromosómica y estructuras microtubulares) debe permitir la comprensión del proceso mitótico. Tras el aprendizaje de éste, la meiosis puede ser — pese a su dificultad— más accesible.

La gametogénesis en animales (ejemplificada en humanos) ofrecerá menos dificultad que en vegetales. Partiendo del conocimiento de la morfología y ubicación de los órganos sexuales, se pasará a la visualización y análisis de microfotografías al microscopio óptico de cortes histológicos. Sin la ayuda de esquemas a línea, que reproduzcan lo visto al microscopio (a poder ser esquemas «calcados»), será muy difícil el aprendizaje significativo de estos procesos, que se tienden a memorizar mecánicamente. Estos esquemas mudos servirán de guión de trabajo para ser completados y analizados individualmente por las alumnas y los alumnos.

Y todo ello, partiendo de la hipótesis de que el alumnado se encuentra en el nivel formal avanzado necesario para la comprensión de los «procesos de división nuclear o percibir las ventajas de la reproducción sexual porque permite la variación y, con el tiempo, el cambio de las especies o las funciones de meiosis y mitosis» (Shayer y Adey, 1984).

Las fases de la mitosis deben trabajarse a partir de imágenes fijas, que serán seguidas por los alumnos con esquemas mudos, en donde se irán incorporando los contenidos progresivamente. Este proceso se estudiará paralela y comparativamente en animales y vegetales.

La utilización de videofilmaciones es imprescindible para la auténtica comprensión del mecanismo mitótico. De ser posible, se unirá al proceso en la pantalla de TV, la proyección paralela (diaposi-

tivas o transparencias) de un esquema global de las distintas fases o las variaciones de un cromosoma (ver Berkaloff, 1984), para permitir a las alumnas y a los alumnos ir identificando y relacionando las fases, en la rápida secuencia de imágenes de la videofilmación.

Sugerencias de actividades

La observación e interpretación de diapositivas o retroproyecciones fotográficas es una estrategia poderosa de aprendizaje de los contenidos conceptuales, que servirá también como entrenamiento para su aplicación en actividades de experimentación.

El empleo del microscopio óptico es una herramienta muy buena, tanto para el aprendizaje de conceptos como para la aplicación de los contenidos aprendidos. Diseñar actividades en donde pueda utilizarse servirá también para el aprendizaje de contenidos procedimentales, que serán además aplicables posteriormente en otras fases del curso.

Algunas de ellas pueden ser (ver *Proyecto Nuffield de Biología*, 1972):

- Montaje de preparaciones de meristemo apical de raíz de judía, cebolla, tradescantia o pelos estaminales de yemas jóvenes de tradescantia, para la observación de distintas fases de la mitosis.
- Preparaciones de yemas florales jóvenes, para la observación de fases meióticas.
- Gemación de levaduras de pan.
- Regeneración en planarias.

Evaluación

Los criterios⁶ de evaluación podrán ser:

- *Representar esquemáticamente y analizar el ciclo celular y las modalidades de división del núcleo y el citoplasma, relacionando la meiosis con la variabilidad genética de las especies.*
- Relacionar la cantidad de material genético con las distintas fases del ciclo celular y meiótico y explicar su significado.
- Relacionar la morfología cromosómica con la fase mitótica y meiótica correspondiente.
- Reconocer en esquema o fotografía las distintas fases de la mitosis o meiosis.

Unidad didáctica 6

«FORMAS ACELULARES : LOS VIRUS»

Introducción

Una vez revisadas las células y sus procesos, es necesario estudiar las formas que no se integran en ninguno de los cinco reinos al no presentar estructura celular, de ahí su denominación genérica de «formas acelulares».

6. Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (Ver *Anexo 2*).

En relación a su complejidad molecular vamos a distinguir entre priones, viroides, plásmidos y virus; aunque será de estos últimos de los que se ocupe fundamentalmente la Unidad didáctica.

Debido a su incuestionable interés científico y social y a su difícil relación con los otros contenidos, se ha considerado que los virus tenían entidad suficiente para dar lugar a una Unidad didáctica única.

Pese a su variabilidad estructural, se estudiará una estructura tipo de partícula vírica. Se analizarán los tipos de ciclo vital y se revisarán su clasificación y nomenclatura más actuales, en función de las repercusiones sanitarias y sociales de sus patologías más importantes, tanto en animales como en el ser humano.

Se deberá conocer, en líneas generales, la importancia de los virus en la investigación genética.

La revisión histórica de las investigaciones, que han llevado desde su descubrimiento a los conocimientos actuales integrados en una nueva rama de la biología: la virología, y los sucesivos descubrimientos de sus patologías más significativas, han de ser apoyo permanente y motivación de los contenidos de la Unidad.

Contenidos

1. Priones, viroides y plásmidos.

- Importancia científica, sanitaria y económica.

2. Descubrimiento e historia de los virus.

- Los virus como excepciones a los dogmas biológicos.

3. Origen, características generales y estructura de los virus.

- Tipos de viriones.

4. Clasificación de los virus.

5. Ciclo de multiplicación vírica.

- Tipos de ciclos.
 - Virus virulentos.
 - Virus atemperados.
 - Retrovirus.

6. Virus, ciencia y enfermedad.

- Métodos de lucha frente a los virus.
 - Vacunas y antivíricos.
 - Interferón.
- Investigación genética y virus.
 - Virus y cáncer.
- El sida.
 - Características del virus HIV.
 - Transmisión.
- Medidas de higiene frente a las infecciones víricas.
 - Vías habituales de la transmisión vírica.

Objetivos didácticos

Las alumnas y los alumnos deben desarrollar las capacidades de:

- Distinguir las distintas formas de vida acelular y su relación con las células procariotas y eucariotas.
- Conocer el origen, características generales de los virus y sus tipos de ciclos de vida.
- Entender las excepciones que aportan los virus al dogma central de la biología molecular.
- Conocer las repercusiones de los virus sobre la salud humana, las enfermedades más importantes en animales y vegetales, su repercusión económica y los principales métodos de lucha.
- Comprender la importancia científica de los virus y su trascendencia en la investigación genética, así como las repercusiones sociales y éticas de patologías como: herpes genital, hepatitis, sida, etc.
- Conocer los distintos criterios de clasificación de los virus y los principales grupos de la moderna taxonomía, relacionándolos con las patologías más importantes a que dan origen.
- Utilizar informaciones de TV, prensa, revistas de información general y científicas, como fuentes de información sobre el tema, valorándolas críticamente.
- Aplicar los conocimientos sobre la etiología de las patologías virales, para adoptar hábitos de higiene adecuados que tiendan a evitarlas y prevenirlas.
- Rechazar comportamientos y actitudes discriminatorios hacia las personas que sufren enfermedades como el sida, valorando las aportaciones de la ciencia en la búsqueda de soluciones y la dificultad para encontrarlas.

«Orientaciones didácticas», las «Sugerencias de actividades» y la «Evaluación» serán desarrollados en el apartado *Desarrollo de la Unidad didáctica: «Formas acelulares: Los virus»* de estos materiales.

Unidad didáctica 7

«MICROBIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA / DIVERSIDAD Y CLASIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS»

Introducción

La microbiología es una rama de la biología con una amplia tradición. Su origen se puede situar en el descubrimiento del microscopio por Van Leeuwenhoek y cuenta en su haber con hitos tan esenciales como la resolución de la controversia acerca de la generación espontánea.

Debido a su importancia científica, social y económica, tiene un gran interés formativo en este curso final de la Enseñanza Secundaria, tanto en su aspecto terminal como propedeúico.

Al inicio de la Unidad, se describen las características de los reinos y grandes grupos taxonómicos (fila) que encuadran o están constituidos exclusivamente por microorganismos, dentro de la clasificación actual en cinco reinos, esto es: moneras, protoctistas (protistas) y hongos.

La relación microorganismos/generación espontánea debe analizarse con todo detenimiento, debido a su incidencia sobre muchos preconceptos en el alumnado.

La acción de los microbios en los ecosistemas y su influencia en la vida cotidiana (desde la medicina a la biotecnología) debe quedar muy clara y se basará preferentemente en el análisis de ejemplos concretos. Se pondrá especial énfasis en su acción como descomponedores y en la patogeneidad bacteriana.

Un apartado de carácter procedimental, que se ocupa de técnicas microbiológicas básicas, se ubica en la secuencia, pero deberá ser desarrollado en relación con las actividades de laboratorio; no teniendo demasiado sentido, sin éstas, su estudio teórico.

Contenidos

1. Los microorganismos en los cinco reinos.

- Moneras.
 - Fila más importantes.
- Protoctistas.
 - Fila más importantes.
- Hongos.
 - Fila más importantes.

2. El descubrimiento de los microbios.

- Su relación con la teoría de la generación espontánea.
- Descubrimiento de la fermentación y de la vida anaerobia.
- Descubrimiento de su función como causantes de enfermedades infecciosas.
- Demostración de su papel como agentes geoquímicos.

3. La acción de los microorganismos en los ecosistemas.

- Actividad geoquímica de los microorganismos.
 - Habitats terrestres y acuáticos.
 - Intervención en los ciclos de la materia.
 - Relaciones ecológicas.
 - Simbiosis.

4. Patogeneidad microbiana.

- Fases de la infección microbiana.
- Factores de la patogeneidad microbiana.
 - Toxinas.
- Epidemiología de las enfermedades infecciosas humanas.
 - Modo de transmisión de patógenos.
 - Enfermedades infecciosas no víricas.
- Medidas de higiene frente a las infecciones microbianas.

5. Aprovechamiento de los microorganismos.

- Concepto e historia de la biotecnología.
- Las bacterias del ácido acético.
 - Fabricación del vinagre.

- Las bacterias del ácido láctico.
 - Los microorganismos en la fabricación de productos lácticos.
- Las levaduras.
 - Fabricación del vino.
 - Fabricación de la cerveza.
 - Fabricación del pan
- Los microorganismos como fuentes de proteínas
- Los microorganismos en la fabricación de sustancias quimioterapéuticas.
 - Antibióticos.
- Los microorganismos y el medio ambiente.
 - Los microorganismos en el control de la contaminación.
 - Los microorganismos en el control de plagas de insectos.

6. Métodos y técnicas microbiológicas.

- Las técnicas de cultivo.
- Esterilización.
- Nutrición microbiana.
 - Los medios de cultivo.
- Microscopia óptica y electrónica.
 - Técnicas de tinción.

Del «Aprovechamiento de los microorganismos» se desarrollará un solo apartado.

Objetivos didácticos

Alumnas y alumnos deben adquirir las capacidades de:

- Relacionar la clasificación en cinco reinos con los distintos grupos taxonómicos que incluyen microorganismos y conocer sus características generales.
- Appreciar la relación de los microbios con la controversia sobre la generación espontánea y conocer los experimentos más representativos y los científicos que los desarrollaron, así como las experiencias clásicas sobre las funciones de los microorganismos.
- Llevar a cabo algunos métodos microbiológicos básicos de cultivo y observación microscópica.
- Analizar la importancia de los microorganismos en los ecosistemas, así como su utilidad en biotecnología y otros campos de la actividad económica e industrial.
- Conocer la acción de los distintos grupos de microorganismos sobre la salud humana y de otros seres vivos y los distintos medios de lucha antimicrobiana.

Orientaciones didácticas

Se puede iniciar la Unidad recordando la clasificación de los seres vivos en cinco reinos, para lo que se puede utilizar el vídeo del mismo título. Se deben analizar imágenes de ejemplares de los diversos grupos para asegurar su reconocimiento morfológico.

La revisión histórica, que debe actuar en parte como organizador previo de algunos apartados de la Unidad, se puede llevar a cabo por medio de lectura y comentario sobre textos de historia de la ciencia seleccionados por el profesorado (Ver Bibliografía). Estos textos también servirán para valorar tanto los métodos de la ciencia como sus límites e interpretaciones. A este respecto merece especial atención el análisis, desde la óptica del trabajo científico, del experimento histórico de Pasteur, demostrando la inexistencia de la generación espontánea.

La utilización de hechos y datos del entorno más próximo es imprescindible en la lección «Los microorganismos en los ecosistemas», así como, al hablar de patologías microbianas, hacer referencia a las enfermedades más comunes en la vida cotidiana y las medidas de higiene y prevención.

La búsqueda de información en prensa y revistas de divulgación servirá para motivar y destacar, en función de su actualidad, algunos contenidos sobre el aprovechamiento de los microorganismos y su patogenicidad.

El análisis por las alumnas y los alumnos, trabajando en grupos pequeños, con boletines epidemiológicos o epizooticos, servirá tanto como motivación como para iniciar al conocimiento de las patologías de que son responsables y su incidencia social.

Sugerencias de actividades

La lectura de la descripción de los experimentos de Spallanzani y Pasteur se puede completar con el montaje de las experiencias correspondientes en el laboratorio, utilizando como medio un simple caldo de carne.

A este nivel y con los conocimientos adquiridos (o como medio para adquirirlos) se deben observar y describir —incluyendo dibujos esquemáticos— diversos tipos de microorganismos. Las muestras podrán tomarse de charcas, infusiones, sustancias animales en descomposición, frutos podridos, pan y queso enmohecidos, etc.

En el caso del pan, se podrá también comprobar la acción de los mohos sobre medios amiláceos, detectando la liberación enzimática de glucosa mediante lugol.

Como técnicas básicas de microbiología —si la infraestructura lo permite— se podrán desarrollar las actividades de preparación de medios de cultivo con extracto comercial de carne, peptona, cloruro sódico y agar nutritivo.

Con algunos métodos de tinción sencillos, se podrán observar al microscopio óptico, entre otras:

- Bacterias nitrificantes en nódulos de leguminosas.
- Bacterias del vinagre en la «madre» del vinagre.
- Bacterias de sustancias en descomposición (en corazón o hígado de pollo).
- Bacterias de las infusiones, en la «telilla» superficial.
- Bacterias del sarro dentario.

Pudiéndose realizar la tinción de Gram con:

- Bacterias nitrificantes y del vinagre: Gram (—).
- Bacterias del yogurt y de las infusiones: Gram (+).

Si fuera posible realizar cultivos bacterianos con cierta garantía, se podría comprobar la morfología de diversos tipos de colonias y la acción de agentes bacterianos (antisépticos o desinfectantes de uso común) sobre las bacterias.

Evaluación

Criterios⁷ a aplicar podrían ser:

- *Determinar las características que definen a los microorganismos, destacando el papel de algunos de ellos en los ciclos biogeoquímicos, en las industrias alimentarias, en la industria farmacéutica y en la mejora del medio ambiente, y analizando el poder patógeno que pueden tener en los seres vivos.*
- *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*
- Formular hipótesis, justificar el diseño experimental y analizar y criticar los datos obtenidos en los experimentos que jalonan la controversia sobre la generación espontánea.
- Emplear las técnicas microbiológicas básicas de tinción, para la observación de bacterias y aplicar los conocimientos sobre preparación de medios nutritivos a la obtención de cultivos bacterianos.

Unidad didáctica 8

«INMUNOLOGÍA / LAS DEFENSAS DEL ORGANISMO»

Introducción

En la actualidad, la inmunología se encuadra en la llamada «nueva biología», —en íntima unión con la genética molecular—, que constituye el ámbito de las investigaciones y técnicas más innovadoras, capaces de modificar los procesos biológicos.

Desde que en 1798 Jenner descubriera la vacuna contra la viruela (primera enfermedad «borrada» del planeta) hasta el descubrimiento de la naturaleza retroviral del sida y sus distintos tipos en los años ochenta, la inmunología ofrece un campo de estudio de gran interés cultural y formativo al tiempo que complejo en la comprensión de sus conceptos y procedimientos.

Parece lógico que sea en este curso donde se aborden con un cierto detalle los mecanismos de defensa orgánica interna, tanto inespecíficos como, y sobre todo, los específicos. Asimismo se tratará sobre la problemática de la inmunización y los problemas actuales de la inmunología, tema permanentemente presente en los medios de comunicación de masas y en la trama social.

Las patologías autoinmunes, el cáncer, el sida en su acción sobre el sistema inmune y la temática de los trasplantes, son revisados, prestando especial atención a la componente actitudinal.

Contenidos

1. Mecanismos de defensa orgánica interna.

- No específicos.
- Específicos.

⁷ Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (Ver Anexo 2).

- La respuesta inmune.
 - Respuesta humoral.
 - Respuesta celular.

2. Respuesta humoral.

- Estructura de los anticuerpos.
 - Formación de anticuerpos.
 - Linfocitos T.
 - Linfocitos B.
- Visión global sobre la reacción inmune humoral.

3. Respuesta celular.

4. La memoria inmune.

- Inmunidad e inmunización.
 - Inmunidad natural y adquirida.
 - Inmunización pasiva.
 - Inmunización activa: vacunas.

5. Problemas actuales de la inmunología.

- Hipersensibilidad.
 - Hipersensibilidad inmediata: choque anafiláctico.
 - Hipersensibilidad retardada: alergias de contacto.
- Autoinmunidad e inmunotolerancia.
 - Naturaleza de la enfermedad autoinmune.

6. Inmunología y cáncer.

- Diagnóstico.
- Métodos de lucha ligados a la inmunología.
 - Inmunoterapia.

7. El sida.

- Diagnóstico y etiología de la enfermedad.
- La acción del virus sobre el sistema inmunitario.
- Repercusiones éticas y sociales de la enfermedad.

8. Los trasplantes.

- Tipos e historia.
- Rechazos y prevención de los rechazos.
- Ejemplos cotidianos.
 - Piel, córnea, riñón, hígado, corazón, pulmón, médula ósea, páncreas.

- Aspectos médico-legales y éticos.
 - La ley española de trasplantes.
 - Biotecnología y fuentes de anticuerpos.
 - Sueros, vacunas e híbridomas.

De los apartados: «Problemas actuales de la inmunología», «Inmunología y cáncer», «El sida» y «Los trasplantes», se desarrollará solamente uno de ellos.

Objetivos didácticos

Se pretende que los escolares sean capaces de:

- Entender los mecanismos de defensa orgánica interna y describir las formas de la respuesta inmune a nivel celular y molecular.
- Comprender el concepto de inmunización, su importancia sanitaria y conocer los métodos para aumentarla o adquirirla.
- Analizar las características de alguna patología del sistema inmune, como la hipersensibilidad, la autoinmunidad o el cáncer.
- Reconocer la problemática médica y social de los trasplantes de órganos y del sida y desarrollar actitudes éticas al respecto.
- Conocer los métodos de lucha frente a las enfermedades del sistema inmune y analizar la importancia científica e industrial de las fuentes de anticuerpos.

Orientaciones didácticas

Se considera que los contenidos de esta Unidad didáctica también tienen un nivel de exigencia cognitiva que entra de lleno en el campo de las operaciones formales. Es por ello, que el proceso de enseñanza y aprendizaje precisa de unas estrategias de instrucción que faciliten el aprendizaje significativo de sus conceptos y procedimientos, y desarrollen las actitudes.

Una vez más las imágenes (esquemas en este caso) deberán ser el soporte icónico del aprendizaje de los contenidos. Esto se unirá a trabajos en grupo pequeño para la búsqueda de información, con el fin de elaborar pequeños informes.

Como material para discusiones en el aula que lleven a interiorizar, tras el conocimiento científico de la materia, un código ético de conducta frente a la problemática social, servirán los reportajes televisivos (abundantes sobre el tema), así como los artículos de prensa y revistas.

Sugerencias de actividades

Las discusiones en grupo junto con actividades de búsqueda de información, análisis y comentario de textos como los citados, serán básicamente el sustrato de los contenidos.

La elaboración de jerarquías o mapas conceptuales permitirá la relación de los distintos elementos del sistema inmune con su misión en el organismo.

Las actividades de resolución de cuestiones prácticas del tipo: ¿cómo actúan los anticuerpos frente a virus y bacterias?, permitirán a las alumnas y los alumnos aplicar los aprendizajes realizados y organizar esquemas representativos.

Evaluación

Pueden servir como criterios⁸ de evaluación:

- *Analizar los mecanismos de defensa que desarrollan los seres vivos ante la presencia de un antígeno, deduciendo a partir de estos conocimientos cómo se puede incidir para reforzar o estimular las defensas naturales.*
- *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*
- Describir y explicar la respuesta inflamatoria.
- Conocer y valorar la legislación española sobre trasplantes y la problemática social de éstos.
- Reconocer la importancia de las decisiones personales en la configuración de actitudes sociales frente al problema del sida.

8. Los criterios con letra cursiva se corresponden con los enunciados en el R. D. 1179/1992 que establece el currículo del Bachillerato (*Ver Anexo 2*).

Desarrollo de la Unidad didáctica: «Formas acelulares: los virus»

Introducción / Justificación

Esta Unidad didáctica incluye los contenidos referentes a los «organismos» que se engloban como formas acelulares (priones, viroides, plásmidos y virus), y que forman parte del núcleo temático 5 del currículo de Bachillerato (*Ver Cuadro 1*) (*La base química de la herencia: genética molecular*), dentro del subnúcleo temático 5.4: *Estudio de los virus como unidades de información. Su estructura básica y su funcionamiento.*

También se han tomado contenidos del núcleo temático 7, subnúcleo 7.5, en lo que se refiere a ciertos aspectos del sida.

Las causas de que se considere a estos contenidos con categoría de Unidad didáctica (aunque sea una pequeña Unidad didáctica) podrían estar en la respuesta que dio Andre Lwoff a la pregunta ¿qué es un virus?: «*un virus es un virus*».

Aceptando esta idea junto con su extraordinaria importancia científica y la repercusión social de sus patologías, se entenderá el tratamiento separado que se da a los virus y otras formas acelulares. El gran desarrollo que ha alcanzado esta rama de la biología no se ha venido correspondiendo con su tratamiento en los programas de COU, en donde no se la consideraba más que una breve pregunta inicial, introductoria del estudio celular. La importancia de la virología, como rama plenamente independizada en la actualidad de la microbiología, le hizo comentar hace unos años a Juan Oró que el gran reto de la ciencia en este final de siglo eran las patologías víricas (ya controladas las bacterianas) y el tiempo le ha dado la razón.

Esta Unidad didáctica es una «hipótesis de trabajo» que se desarrollará en función de las distintas variables que inciden en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula. Ello llevará a adecuarla tanto en su primera puesta en práctica como en el futuro, tras el análisis de los resultados de la evaluación.

Implícita queda la posibilidad de sustituir o incluir nuevas actividades y contenidos, aunque en el desarrollo realizado unas y otros se consideran máximos.

Sin embargo, la secuencia de los apartados o lecciones se considera difícilmente reestructurable, más allá de abrir con aspectos históricos como motivación o cerrar con las otras formas acelulares.

En lo que se refiere a su ubicación entre las unidades didácticas y su relación con ellas, esta Unidad necesita como prerequisites indispensables los contenidos de las unidades 1, 2 y 4; siendo a su vez ella prerequisite indispensable para las unidades 7 (microbiología) y 8 (inmunología).

Contenidos / Distribución temporal

Esta Unidad se encuentra entre las de contenidos con una base conceptual más fuerte, y así queda reflejado en la secuencia, aunque también las actitudes están presentes de manera destacada.

No existen contenidos procedimentales para desarrollar experimentalmente en el ámbito del laboratorio, pero sí otros que son soporte de habilidades y destrezas, como el análisis de experiencias que han marcado hitos en la historia de la virología.

Para la selección de contenidos se han tenido presentes las capacidades cognitivas de las alumnas y los alumnos, partiendo de la hipótesis de que la mayoría ha alcanzado el nivel formal, no olvidando que, como se ha venido diciendo, hay suficientes datos para pensar que eso no es así (Aguirre de Cárcer, 1985).

La mayoría de los conceptos de virología son asimilables únicamente mediante operaciones formales, o lo que es lo mismo «*aquellos (conceptos) que no poseen instancias perceptibles o aquellos cuyos atributos relevantes y definitorios no son perceptibles*» (Cantú y Herrón, citados por Aguirre de Cárcer, 1985).

La alumna o el alumno de este nivel «*puede dar sentido al concepto de virus porque su comprensión del modelo de la célula es ya bastante sofisticado*» (Shayer y Adey, 1984).

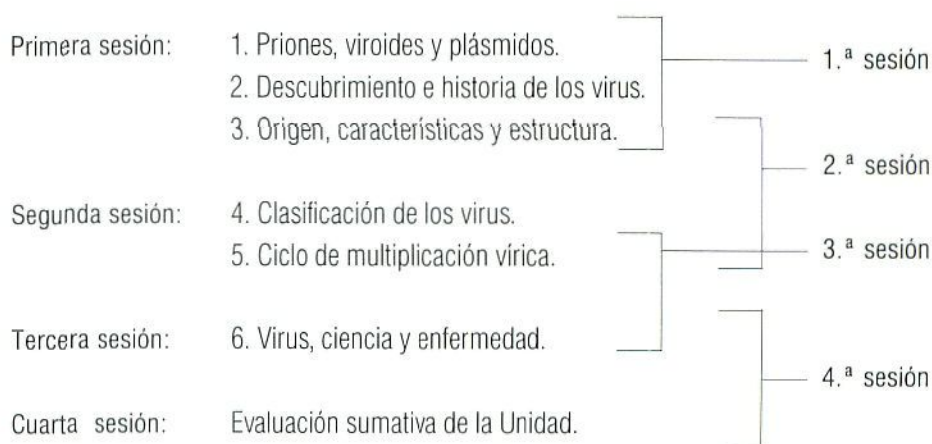
En el caso de no cumplirse la hipótesis (lo que deberá detectarse al inicio del curso en la evaluación diagnóstica), el profesorado deberá hacer un esfuerzo suplementario para intentar hacer «concretos» los contenidos «formales» de la Unidad, así se facilitará su aprendizaje. Para ello serán de gran ayuda, más si cabe, el uso de analogías, esquemas e imágenes.

Por otra parte, se han tenido en cuenta los intereses de las alumnas y los alumnos, detectados curso tras curso en el cuestionario inicial sobre conocimientos previos, preconcepciones y expectativas. Estos aspectos coinciden, por otra parte, con la temática de relevancia social de este ámbito de la biología.

Finalmente se han considerado los aspectos de tipo disciplinar, organizando los contenidos lógicamente de lo general a lo particular y contemplándose en paralelo como han ido apareciendo y evolucionando a lo largo del tiempo.

Como en el resto de la asignatura, la historia de la ciencia es un eje secundario de selección, secuencia y desarrollo.

La distribución temporal propuesta, que se completará con las actividades, permite repartir los contenidos de la Unidad en cuatro sesiones lectivas, que pueden distribuirse en formas diferentes, según se señala en las columnas de la izquierda y la derecha:



La propuesta anterior queda concretada de la forma que sigue, no implicando cada apartado o subapartado igual extensión y profundidad en su tratamiento, sino simplemente la presencia de esos contenidos en la Unidad.

Contenidos

1. **Priones, viroides y plásmidos.**
 - Importancia científica, sanitaria y económica.
2. **Descubrimiento e historia de los virus.**
 - Los virus como excepciones a los principios biológicos.
3. **Origen, características generales y estructura de los virus.**
 - Tipos de viriones.
4. **Clasificación de los virus.**
5. **Ciclo de multiplicación vírica.**
 - Tipos de ciclos.
 - Virus virulentos.
 - Virus atemperados.
 - Retrovirus.
6. **Virus, ciencia y enfermedad.**
 - Métodos de lucha frente a los virus.
 - Vacunas y antivíricos.
 - Interferón.
 - Investigación genética y virus.
 - Ingeniería genética y virus.
 - Virus y cáncer.
 - El sida.
 - Características del virus HIV.
 - Transmisión.
 - Medidas de higiene frente a las infecciones víricas.
 - Vías habituales de transmisión vírica.

Se pretende que las alumnas y los alumnos desarrollen las siguientes capacidades:

- Distinguir las diferentes formas de vida acelular y su relación con las células procariotas y eucariotas.
- Conocer el origen, características generales de los virus y sus ciclos de vida.
- Entender las excepciones que aportan los virus al dogma central de la biología molecular y a otras teorías biológicas.
- Conocer las repercusiones de los virus sobre la salud humana, las vías de infección, las enfermedades más importantes en las personas, animales y vegetales, así como su repercusión económica y métodos de lucha.

**Objetivos
didácticos**

- Comprender la importancia científica de los virus y su trascendencia en la investigación genética, así como las repercusiones sociales y éticas de patologías como: herpes genital, hepatitis, sida.
- Conocer los distintos criterios de clasificación de los virus y los principales grupos de la moderna taxonomía, relacionándolos con las patologías más importantes a que dan origen.
- Utilizar informaciones de TV, prensa, revistas de información general y científicas, como fuentes de información sobre el tema, valorándolas críticamente.
- Aplicar los conocimientos sobre la etiología de las patologías virales, para adoptar hábitos de higiene adecuados que tiendan a evitarlas y prevenirlas.
- Rechazar comportamientos y actitudes discriminatorios hacia las personas que sufren enfermedades como el sida, valorando las aportaciones de la ciencia en la búsqueda de soluciones y la dificultad para encontrarlas.

Estrategias metodológicas / Sugerencias de actividades

Conocimientos previos y preconceptos

En cuestionarios pasados durante algunos años a alumnas y alumnos de COU, antes del estudio de los contenidos relativos a los virus, para averiguar sobre todo conocimientos previos, se han venido detectando diversos errores conceptuales e intereses similares curso tras curso.

Las preguntas del *cuestionario* eran las siguientes:

- a) ¿Qué son y qué características tienen los virus?
- b) ¿Qué tipos de virus conoces?
- c) ¿Qué repercusión crees que tienen los virus sobre las personas?
- d) Haz un esquema de un virus
- e) ¿Qué te gustaría saber sobre los virus?

En la pregunta **a)** parece haber un consenso acertado en su comportamiento, ya que los virus son «parásitos de células» o que «atacan células», a las que utilizan para reproducirse: «se ayudan de otros seres para reproducirse» o «dentro de las células se reproducen» y «la célula atacada muere».

Sin embargo, su naturaleza parece estar más oscura, encontrándose respuestas del tipo: «bichitos sin vida propia que son visibles al microscopio», «estructuras celulares», «no son seres vivos», «células muy pequeñas», «células con misiones específicas que no poseen núcleo», «moléculas pequeñas», «estructuras micromoleculares muy parecidas a las bacterias», etc.

A la pregunta **b)** prácticamente no se daban respuestas significativas, a excepción de citar los virus animales y vegetales. No hay conocimientos previos ni preconceptos.

Las respuestas a la cuestión **c)** tenían el denominador común de considerar a los virus como productores de enfermedades en las personas («todos producen enfermedades, casi siempre») aunque alguna respuesta se alejaba de este modelo («también son utilizados para prevenirnos de ellas»), en confusa referencia, sin duda, a las vacunas.

Las respuestas a la pregunta **d)** que pedía el esquema de un virus, se pueden desglosar en dos tendencias: quienes no dibujaban nada (la mayoría) o quienes dibujaban el bacteriófago T4. Nadie hizo referencia a ningún otro virus.

Finalmente, se viene produciendo unanimidad a través de los años, en el interés por conocer las patologías víricas humanas, sus características y métodos de lucha. Ello queda muy claro en una respuesta tipo: «(...) *su repercusión en nuestro organismo, porque estamos oyendo constantemente hablar de virus asimilados a enfermedades sin saber muy bien qué son*».

Tras la información obtenida de los cuestionarios y las demandas expresadas, se ha intentado dar respuesta en la selección de contenidos de la Unidad didáctica.

Metodología y actividades

La selección y secuencia de contenidos están realizadas para permitir el desarrollo de actividades de aprendizaje en la línea de la definición dada anteriormente en la parte general.

Aplicando la clasificación al uso de los distintos tipos de actividades (ya citada en la página 18), la estrategia de instrucción que se propone se basa en el desarrollo de las diez siguientes, secuenciadas progresivamente en cuatro niveles. Su desarrollo lleva implícito el probable cambio conceptual sobre aquellos contenidos que lo precisen.

Actividades previas

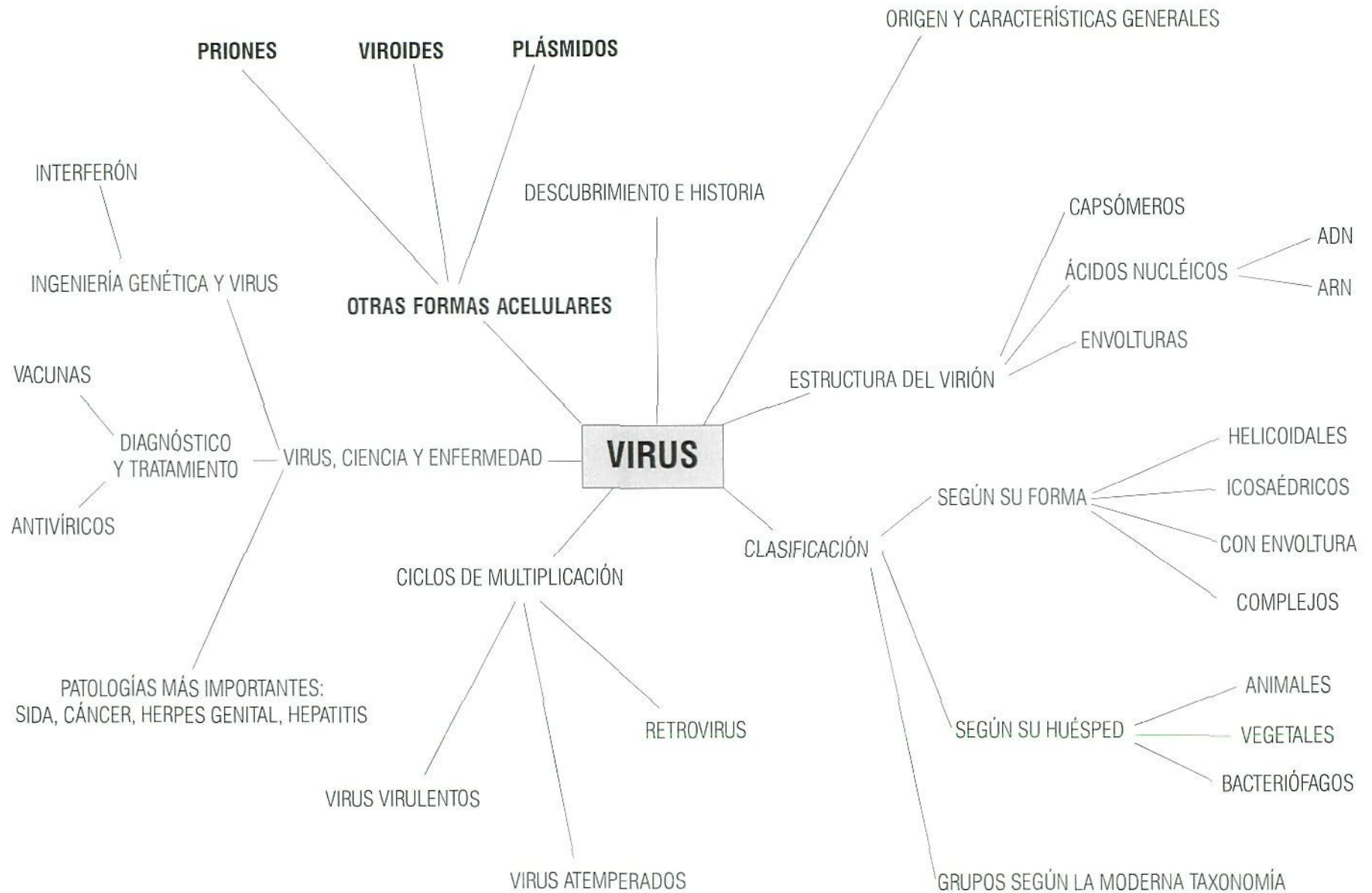
Búsqueda de información sobre la temática de los virus en distintos medios de comunicación social: TV, prensa diaria, revistas de información general, revistas de divulgación. Su misión es servir de motivación (visionado de reportajes de TV) o material de base para la «tormenta de ideas» inicial de la Unidad, o para la realización de trabajos bibliográficos.

Actividades iniciales

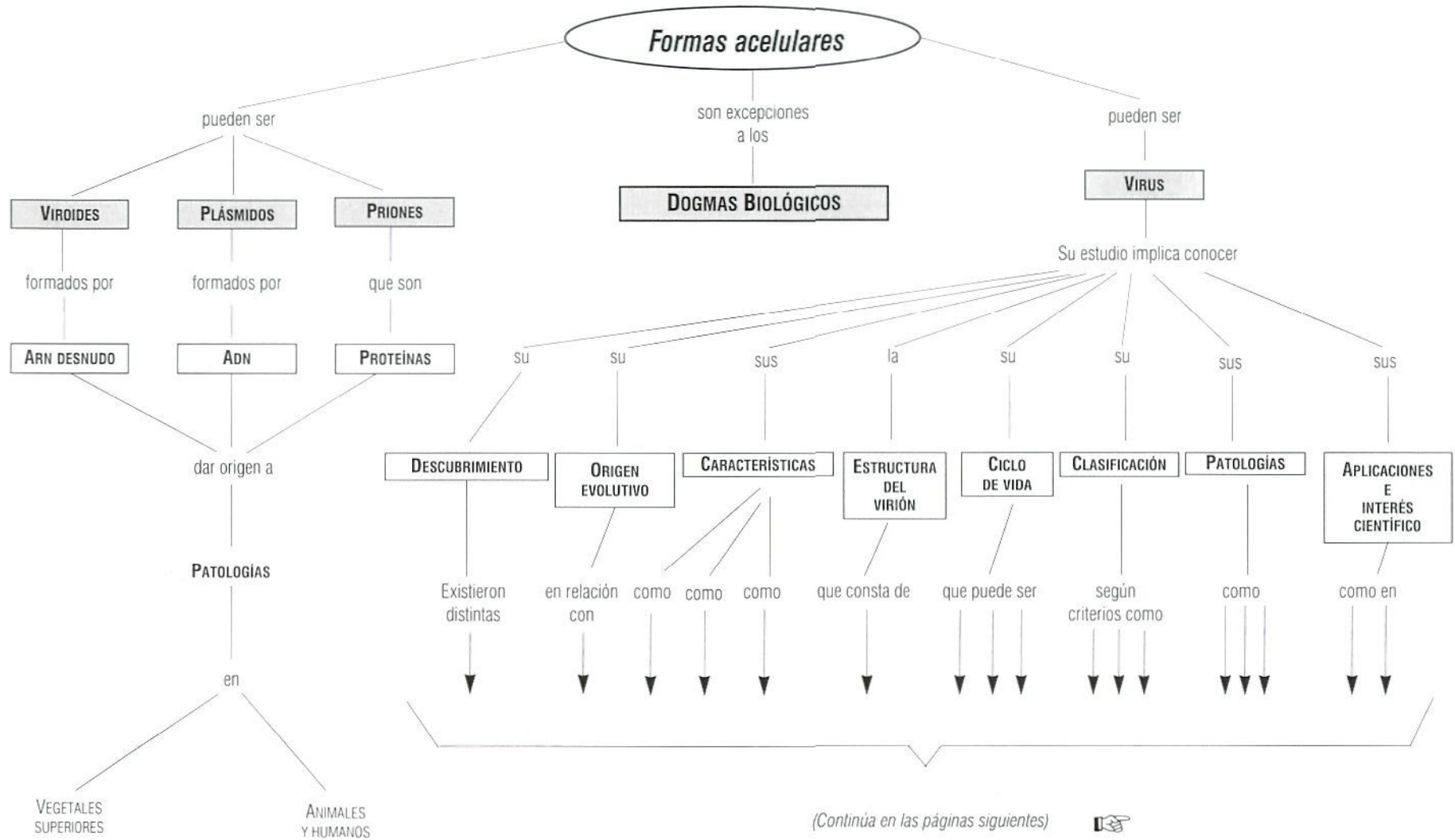
1. Cuestionario para averiguar conocimientos previos, expectativas y detectar preconcepciones (ver preconcepciones, anteriormente).
2. Tormenta de ideas sobre la «importancia de los virus en la actualidad y las enfermedades que originan». Su desarrollo llevará al epitome que se presentará en forma de Actividad 3.
3. Elaboración en grupo general (GG) de un mapa semántico de los contenidos de la Unidad y comunicación a las alumnas y los alumnos de los objetivos que se pretenden (ver el presentado en el *Cuadro 3*).

Actividades de desarrollo de la Unidad

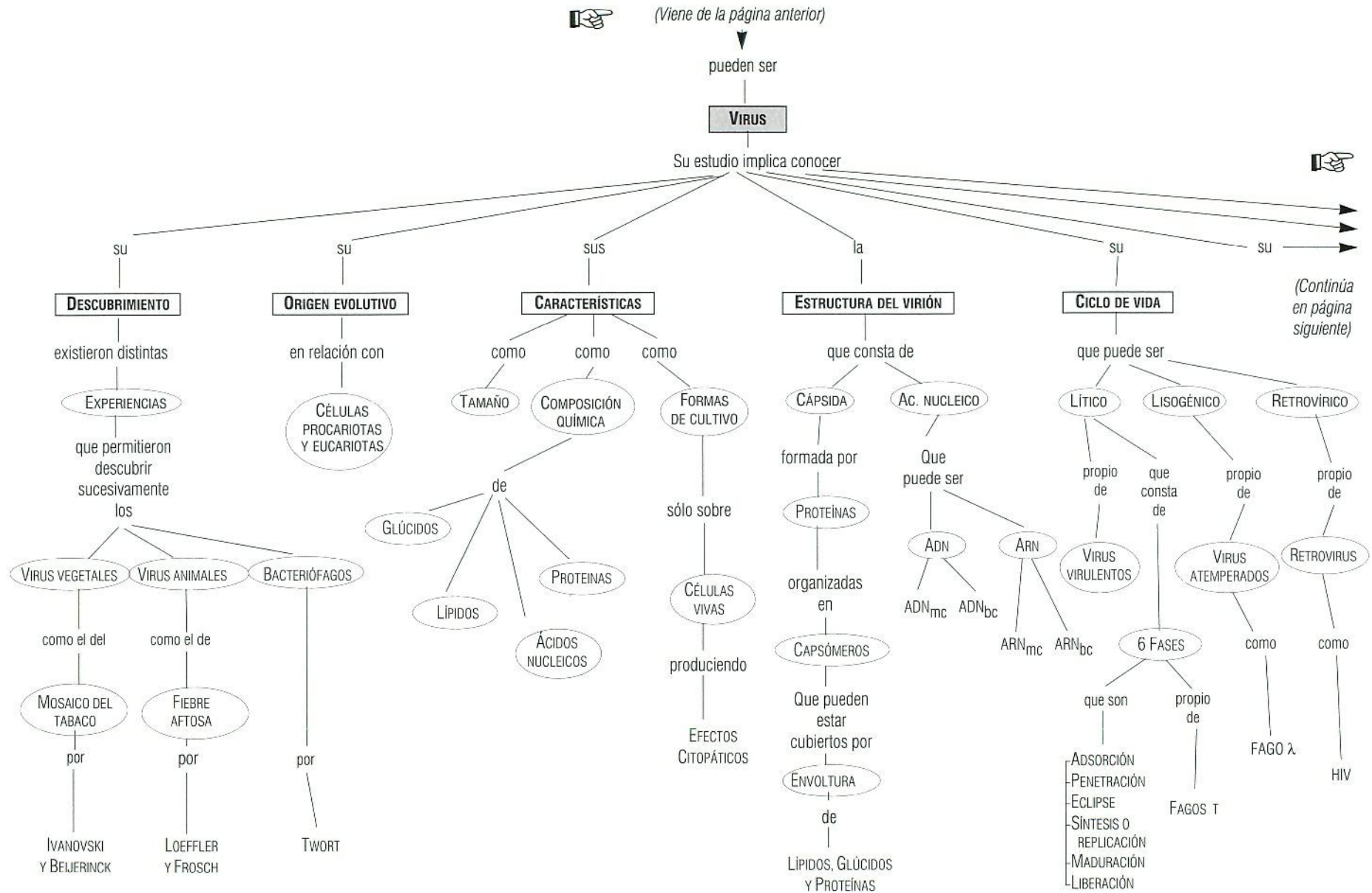
4. Trabajo con un texto de historia de la ciencia: «*Piratas de la célula*» (Scott, 1990).
5. Incorporación de textos a esquemas mudos a partir de las explicaciones del profesorado y análisis guiado de esquemas y fotografías. Estas actividades son la base de la Unidad, soporte del aprendizaje por transmisión verbal.
6. Análisis y estudio en GG de experiencias a partir de esquemas que las resumen y explican. Por ejemplo, experimento de Fraenkel-Conrat y Singer. Esta actividad se puede realizar entre las subactividades de la anterior.
7. Comentario de un artículo de prensa sobre un contenido de máxima actualidad. Se propone «*El virus del sida se disfraza de célula y así burla el sistema defensivo, según recientes estudios*» del diario *El País*.



Cuadro 3: Mapa semántico de presentación de la Unidad
—Actividad Inicial—

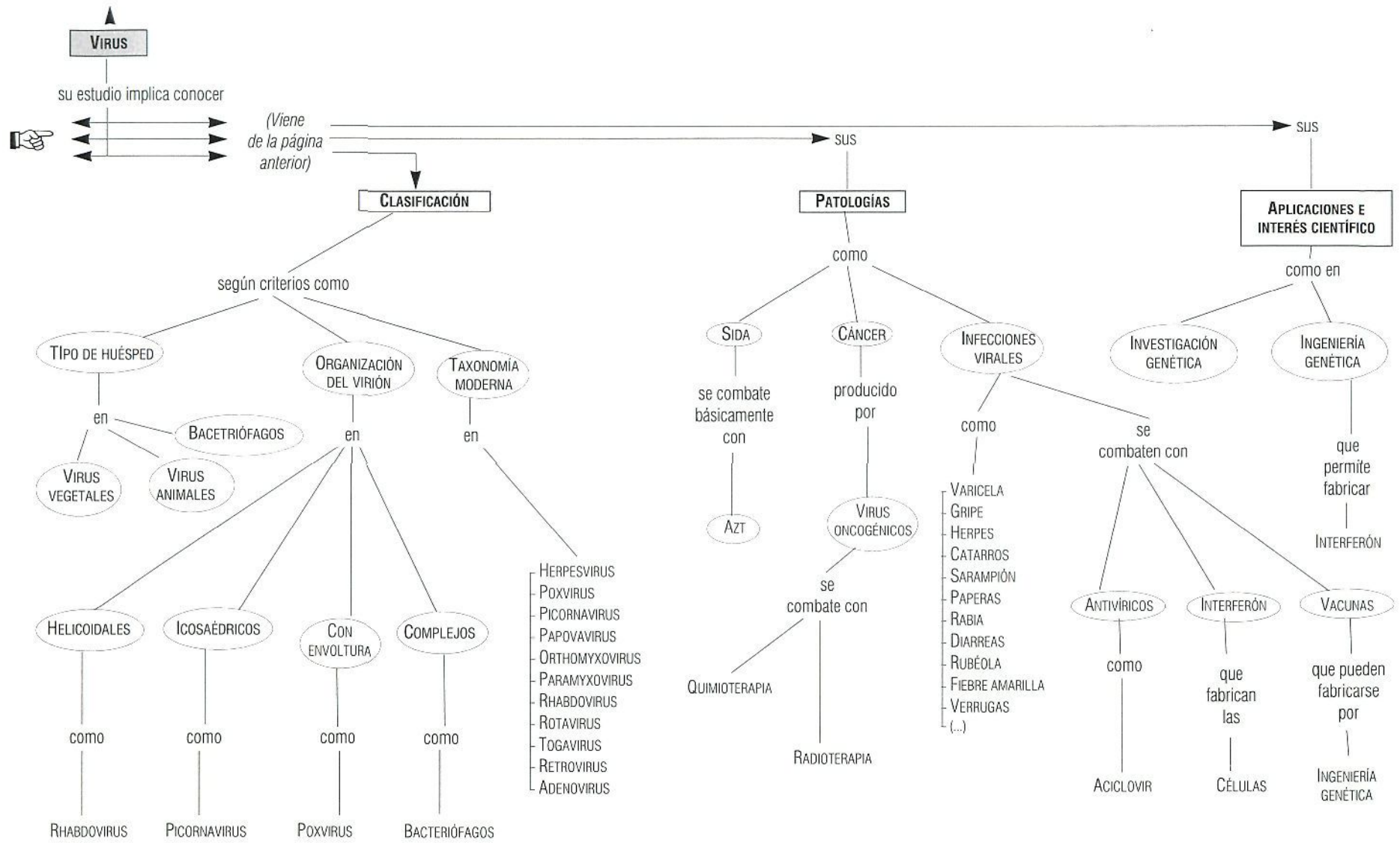


Cuadro 4:
Mapa conceptual de la Unidad didáctica 7: «Formas acelulares: los virus». (I).



(Continúa en página siguiente)

Cuadro 4:
Mapa conceptual de la Unidad didáctica 7: «Formas acelulares: los virus». (II).



Cuadro 4:
Mapa conceptual de la Unidad didáctica 7: «Formas acelulares: los virus». (III)

8. Elaboración de un glosario sobre los términos (conceptos) más importantes de la Unidad, que irán siendo indicados durante el desarrollo de los contenidos por la profesora o el profesor, unidos a otros de libre elección por el alumnado.

Actividades de aplicación

9. Elaboración en grupo pequeño (GP = equipo) de un mapa conceptual de la Unidad, preferentemente fuera del aula y puesta en común en clase al final del proceso (se presenta uno en el *Cuadro 4*, en las páginas 59, 60 y 61).
10. Pequeña investigación bibliográfica sobre aspectos muy concretos de la Unidad didáctica para entregar después de acabada ésta, tras su elaboración individual o en GP. Los temas que se pueden tratar son:
 - Vacunas existentes.
 - Distintos aspectos no inmunológicos del sida, como:
 - Origen del virus.
 - Tratamientos médicos.
 - Enfermedades asociadas a la inmunodeficiencia.
 - Comentario del libro «Más fuerte que el amor».
 - Polémica sobre la paternidad del descubrimiento del virus entre R. Gallo y L. Montaigner.
 - Epidemiología del virus en España.
 - Los medios de comunicación y el sida: número de noticias, tratamiento informativo, objetividad, etc.
 - Estudio monográfico sobre patologías como: herpes genital, hepatitis, rabia, gripe, etc.
 - Estudio monográfico de un grupo concreto: características, patologías, etc.

Recursos

El proceso de enseñanza y aprendizaje de esta Unidad (como el de las demás) se sustenta en la utilización permanente de soportes visuales en el aula, desde los esquemas mudos fotocopiados que actuarán de guión para el análisis de las proyecciones (transparencias y diapositivas), a las videofilaciones de TV, que constituirán la base para el desarrollo de contenidos actitudinales.

La fuente de los contenidos científicos sobre conceptos, hechos y principios se completa con una relación de referencias al final de la Unidad.

Evaluación

La evaluación del grado de aprendizaje de los contenidos alcanzado por las alumnas y los alumnos, se realizará tanto bajo un enfoque formativo como sumativo o aditivo y será global a nivel formativo, ya que no se considera la evaluación cuantitativa de las actitudes.

No se considera una evaluación recíproca (de los alumnos sobre el profesorado y la Unidad) para esta Unidad en concreto, ya que este tipo de evaluación se llevará a cabo únicamente al final del curso y de forma anónima. No obstante se incluye un cuestionario modelo que se podría pasar al alumnado en esta o cualquier otra Unidad.

La evaluación formativa del alumnado es un proceso continuo que se realizará mediante la observación de las actitudes hacia el aprendizaje, su participación en las actividades de GG y su implicación formal en las de GP.

Paralelamente, la realización de preguntas convergentes y divergentes en el aula permitirá ir conociendo los progresos y dificultades del alumnado en su proceso de construcción del aprendizaje.

También entrará dentro de la evaluación formativa el control sobre algunas actividades de aprendizaje, tales como completar y analizar esquemas y la elaboración del glosario y el mapa conceptual final, que será corregido y devuelto al grupo.

La evaluación formativa se hará a dos niveles:

- Sobre las actividades de aprendizaje.
- Con una prueba final, en la que irán incluidos los contenidos mínimos, consistente en una serie (decena) de preguntas cortas de respuesta abierta.

Criterios de evaluación

En el currículo de esta materia de Bachillerato (*Ver Anexo 2*) no hay ningún criterio de evaluación sobre virus, por lo que se consideran los siguientes:

1. Conocer los acontecimientos y personajes científicos más señalados en la historia de la virología, explicar las experiencias más importantes y valorar la trascendencia de sus investigaciones.
2. Enumerar los criterios para considerar las formas acelulares e indicar su naturaleza y actividad biológica.
3. Conocer la estructura de los virus, la naturaleza y disposición de las moléculas que los constituyen y la relación con la morfología de los distintos tipos de viriones.
4. Entender los tipos de ciclos de desarrollo víricos, describir sus fases y explicar las características propias.
5. Conocer los distintos criterios de clasificación de los virus y las clasificaciones resultantes y valorar la importancia de la unificación de criterios de la taxonomía vírica.
6. Reconocer la importancia de las patologías víricas en la sociedad actual. Conocer las vías habituales de infección y valorar la incidencia social de algunas de ellas como el sida, herpes genital o hepatitis.
7. Estar informado sobre los principales métodos de lucha contra los virus, su modo de acción y la importancia de la ingeniería genética en su fabricación.

Modelos de cuestionarios

Cuestionario de evaluación sumativa

El conjunto de cuestiones que se adjunta constituye una base para extraer las necesarias (o para elaborar otras similares), en función del desarrollo que haya tenido la Unidad en el aula.

- ¿Puede decirse que los virus están vivos? Justifica tu respuesta (*).

9. Las cuestiones marcadas con un asterisco (*) se consideran contenidos mínimos de la Unidad.

- ¿Por qué se dice que los viroides y plásmidos son más sencillos que los virus? ¿Qué les caracteriza molecular y funcionalmente y qué papel realizan en la naturaleza? (*)
- ¿Por qué se incluye a los priones entre las formas acelulares? ¿Qué les caracteriza? (*)
- En los años treinta W. Stanley aisló y cristalizó el virus del mosaico del tabaco. Cuando inyectó los cristales, nuevamente diluidos, a plantas sanas de tabaco éstas adquirieron inmediatamente la viriasis. ¿Qué te sugiere este experimento en relación con la naturaleza de los virus? (*)
- En lo que se refiere a la producción de ARN, ¿en cuántas categorías se pueden clasificar los virus?
- Esquematiza el ciclo de vida lítico de un fago T (*).
- Reconoce y escribe en cada lugar señalado los nombres de cada una de las etapas en este ciclo tipo de multiplicación vírica (dado el *Esquema 5*) (*)¹⁰.
- Reconoce y escribe el nombre de cada una de las fases señaladas en el ciclo de este retrovirus (dado el *Esquema 6*) (*).
- Indica las diferencias entre los tres tipos de ciclo de vida de los virus.
- Completa rotulando las distintas estructuras de este virus, indicando a qué tipo pertenece (retrovirus del sida) (dado el *Esquema 3*) (*).
- Rotula los nombres de las distintas partes de este virión de bacteriófago y ordena, numerándolas, las fases del mecanismo de inyección del ácido nucleico (dado el *Esquema 4*).
- Completa rotulando los números marcados e indica el tipo de los tres siguientes modelos de viriones (icosaédrico, helicoidal y con manto) (dado el *Esquema 1*).
- Pon el nombre a los distintos constituyentes señalados de este virión del virus de la gripe (dado el *Esquema 2*).
- Ante el esquema del virión del HTLV, escribe los nombres de las distintas partes marcadas en este virión.
- Enumera en dos columnas las características generales de los virus de eucariotas y de procariontes.
- Atendiendo al ácido nucleico, haz un esquema del ciclo de replicación de un retrovirus (*).
- Justifica la excepción al dogma central de la biología molecular y otras regularidades biológicas que presentan los virus (*).
- ¿Qué caracteriza respecto a su replicación a los virus de genomas segmentados?
- ¿Qué relación existe entre virus y cáncer? Cita las características de los virus oncogénicos.
- ¿Cómo actúa el interferón como antivírico? (*).
- Describe esquemáticamente la experiencia de Ivanovski y aclara las aportaciones que realizó Beijerinck al descubrimiento del virus del mosaico del tabaco (*).
- Según la taxonomía moderna nombra cinco grupos de virus que consideres importantes; indica las características de su material genético y las enfermedades más importantes que producen (*).

10. Los esquemas se presentan en el *Anexo 1*.

- Describe las características del virus HTLV y justifica el nombre de síndrome de inmunodeficiencia adquirida que recibe (*).
- Describe los mecanismos de acción del virus del sida.
- Indica las características generales de los virus herpes e indica y describe sus patologías.
- Cita cuatro patologías víricas de los animales que tengan importancia económica o sanitaria en relación con los humanos, indicando a qué grupo pertenecen.
- Cita las patologías víricas con vectores animales que afectan a los humanos, describiendo las características de la enfermedad en las personas.
- Esquematiza las vías habituales de transmisión de los virus en humanos (*).

Cuestionario de ideas previas

1. ¿Cómo definirías a los virus?
2. ¿En qué grupo de seres se encuadran a los virus?
3. Haz un esquema sencillo de un virión, indicando sus estructuras más importantes.
4. Respecto al material genético, ¿tienen alguna característica especial los virus?
5. ¿Podrías enumerar cinco enfermedades producidas por los virus en las personas, indicando al lado su vía de transmisión?
6. Frente a una infección vírica, ¿cuál o cuáles son las sustancias que podrían utilizarse para su tratamiento o cura? Márcalas con una cruz:
 - Antisépticos.
 - Antibióticos.
 - Interferón.
 - Medicamentos por vía oral.
 - Medicamentos inyectables.
 - Escribe otra si no está indicada y la conoces:
7. Anota las enfermedades víricas para las que estás vacunada o vacunado.

Cuestionario de evaluación recíproca

1. Los contenidos de esta Unidad responden a tus expectativas sobre ella:
 - Sí.
 - No.
 - No tengo opinión.
 - Expresa aquí, si quieres, otra opinión.
2. Globalmente el aprendizaje de los contenidos de esta Unidad te ha resultado:
 - Muy difícil.
 - Difícil.
 - Normal.
 - Fácil.
 - Muy fácil.

3. Especialmente difíciles han sido:
 - Los conceptos.
 - Los hechos y principios.
 - Los procedimientos.
 - Las actitudes.
 - Ninguno en especial.
4. Los recursos utilizados te han sido útiles para el aprendizaje (te lo han facilitado):
 - Sí.
 - No.
 - Han sido indiferentes.
5. ¿Crees que podría haberse utilizado algún otro recurso? Indícalo.
6. ¿Cómo calificarías a las actividades de cara a tu aprendizaje?
 - Muy interesantes.
 - Interesantes.
 - Poco interesantes.
 - Aburridas.
7. El orden en que has ido realizando las actividades, ¿te ha parecido válido?
 - Sí.
 - No.
 - Si has señalado «no», indica cómo las habrías secuenciado tú.
8. ¿Cómo te han parecido los textos seleccionados (científicos, prensa)?
 - Muy complicados.
 - Complicados.
 - Normales.
 - Fáciles.
 - Muy fáciles.
9. ¿Consideras de utilidad para tu vida cotidiana los conocimientos adquiridos en esta Unidad?
 - Mucho.
 - Bastante.
 - Algo.
 - Poco.
 - Nada.
10. ¿Qué actividad o actividades te han parecido más interesantes?
11. ¿Qué actividad o actividades consideras más difíciles de realizar?
12. ¿Qué actividad o actividades consideras que no aportan nada para el aprendizaje de la Unidad? ¿Por qué?

Información para el profesorado

Las actividades de análisis y comentario sobre textos científicos de historia de la ciencia o reportajes y artículos de prensa (actividades 4 y 7) están dirigidas a que las alumnas y los alumnos accedan a una óptica sobre la ciencia que, a menudo, queda al margen de los contenidos conceptuales y procedimentales, siendo en el ámbito de los actitudinales donde básicamente tiene su campo de actuación.

Sin embargo, son también un excelente método de introducir contenidos sobre conceptos, hechos y datos y en ocasiones sirven como guión para desarrollar procedimientos.

Como objetivos generales que les son propios, son válidos los señalados por Usabiaga *et al.* (1982) referidos al trabajo con escritos originales de científicos, pero generalizables a todo tipo de textos.

Así se pretende que alumnas y alumnos sean capaces de:

- Desarrollar interés por la ciencia y los científicos.
- Identificar aspectos del trabajo científico y características del modo de trabajar de los científicos.
- Distinguir y valorar actitudes científicas.
- Emitir juicios sobre los métodos científicos como una forma de acceder al conocimiento de la realidad.
- Entender la utilidad y provisionalidad de las opiniones y teorías emitidas o elaboradas por los científicos.
- Analizar los personajes, investigaciones y acontecimientos tanto bajo la óptica científica como la tecnológica o social.

A continuación presentamos unos comentarios a las actividades que proponemos para los alumnos (Actividades 4 y 7).

Comentarios a la actividad 4

Análisis de un texto de historia de la ciencia —«Un descubrimiento: el fluido misterioso»— (Scott, 1990)

Las finalidades del trabajo con este texto son:

- Motivación e introducción al tema.
- Presentación de una síntesis histórica sobre los descubrimientos iniciales que sentaron las bases de la virología.
- Aporte de información científica.

Comentarios a la actividad 7

Análisis de un artículo de prensa: «El virus del sida se disfraza de célula y así burla el sistema defensivo, según recientes estudios». (*El País*, 25-II-93).

Las finalidades del trabajo con este texto son:

- Motivación.
- Ampliación de contenidos.

Actividades de análisis de textos

- Valoración del impacto de la ciencia en la sociedad.
- Información sobre la temática en la más reciente actualidad.
- Aplicación de conocimientos previamente adquiridos.

Evaluación

Estas actividades se evaluarán a partir del informe escrito presentado por las alumnas y los alumnos a nivel individual.

Material para el alumnado

Actividad 4. CUESTIONARIO DE TRABAJO

- Lee detenidamente el texto.
- Selecciona subrayando (o marcando con rotulador fluorescente) los mensajes fundamentales.
- Busca los términos o conceptos desconocidos o importantes en el tema, para incorporarlos al glosario.
- Sintetiza por escrito el contenido del texto, destacando la idea principal y señalando las secundarias.
- Organiza en columnas los acontecimientos que han jalonado la historia de la investigación sobre los virus, anotando junto a cada autor sus investigaciones y conclusiones.
- Traslada a tus propias palabras la «teoría del germen», a partir de lo citado en el texto, y justifica el por qué de la confusión de Ivanovski.
- ¿Qué hubiera sucedido si Ivanovski hubiera «acometido el origen de la enfermedad con una mentalidad más abierta»?
- ¿En qué sentido podrían haberse orientado las investigaciones de Ivanovski si hubiera continuado en la línea de sus trabajos?
- Indica que aportó Beijerinck con sus trabajos y conclusiones, sobre lo dicho por Ivanovski.
- ¿Qué afirmación de Beijerinck abrió el campo de la aceptación de la existencia de las formas *acelulares*?, ¿qué «dogma» biológico contravino?
- ¿Qué característica fundamental del ciclo de los virus descubrió Beijerinck?
- ¿Qué similitudes encuentras entre los trabajos de Beijerinck y Loeffler y Frosch?
- ¿Qué experiencia es común en las investigaciones de Beijerinck, Loeffler y Frosch y Twort?
- ¿Qué relación tienen la destrucción de bacterias por bacteriófagos y la forma de sus colonias?
- Enumera qué elementos del trabajo científico se describen en el texto.
- ¿Detectas algún factor o prejuicio extracientífico que haya tenido influencia sobre las investigaciones que se citan?

Actividades de ampliación:

- Tras los conocimientos que puedes haber adquirido en esta lectura, imagínate que te encuentras ante una enfermedad nueva cuyo origen tienes que investigar, ¿qué protocolo de investigación diseñarías y qué sucesivas hipótesis de trabajo irías planteando?

- Haz una lista con los nombres, hechos y conceptos fundamentales y elabora una jerarquía o un mapa conceptual, que podrías titular: «*El descubrimiento de los virus*».

Actividad 7: CUESTIONARIO DE TRABAJO

- Lee detenidamente el texto.
- Selecciona subrayando o marcando los mensajes fundamentales del contenido.
- Busca los términos o conceptos desconocidos o importantes, para incorporarlos al glosario.
- Sintetiza, como en la Actividad 4, el contenido del texto.
- ¿Qué hipótesis sostiene el investigador francés Zagury?, ¿crees que aporta algo nuevo a las investigaciones sobre el sida?
- El virus VIH comparte moléculas con las células, ¿de dónde crees que podrán provenir éstas?
- ¿Qué aportan las moléculas de origen celular presentes en el virus a la patogeneidad de éste?
- ¿Cómo se explica que el virus tenga mayor virulencia de la esperada en esta enfermedad?
- ¿Por qué se sostiene que el sida es una enfermedad autoinmune?
- Si lo descrito en el artículo es cierto, ¿qué línea de lucha antiviral sería factible para controlar el sida?

Actividad 4: TEXTO PARA SU COMENTARIO Y ANÁLISIS

«Allá por los últimos años del siglo pasado, un joven botánico ruso llamado Dimitri Ivanovski estaba investigando una enfermedad infecciosa de las plantas del tabaco conocida como la enfermedad del mosaico del tabaco. Este nombre se debe al patrón en mosaico de zonas de color verde claro y verde oscuro que aparece en las hojas infectadas. Ivanovski trituró en un recipiente algunas plantas de tabaco enfermas y recogió el jugo que soltaban al exprimirlas envueltas en una tela de lino. Como se podría esperar, tratando plantas sanas con el jugo infectado, logró transmitirles la enfermedad. Después Ivanovski hizo pasar un poco del jugo a través de un filtro de porcelana que se creía que era lo suficientemente fino como para retener todo tipo de microorganismos. Pero con gran sorpresa comprobó que el jugo filtrado seguía siendo infeccioso. Aunque no se percató, Ivanovski había descubierto los virus.

(...) En las décadas inmediatamente precedentes a las investigaciones de Ivanovski, el trabajo desarrollado por científicos como Louis Pasteur o Robert Koch había llevado a aceptar la teoría del germen de las enfermedades, que atribuía todas las enfermedades infecciosas a los animáculos de Leeuwenhoek, en especial, las bacterias. Por tanto, era natural que Ivanovski supusiera que la enfermedad del mosaico del tabaco se debiera a una infección bacteriana. Desafortunadamente, se aferró a esta idea a pesar de su extraordinario descubrimiento. Para explicar la infectividad del jugo filtrado sugirió que las bacterias que causaban la enfermedad producían una toxina soluble que podía pasar a través del filtro. Como alternativa, sugirió que las bacterias mismas podrían ser extraordinariamente pequeñas y capaces de atravesar el filtro.

Ivanovski publicó estas conclusiones en 1892, pero hallaron escaso eco en el mundo de la microbiología. Fue uno de tantos miles de científicos cuyas aspiraciones a la fama se han visto mermadas por no haberse dado cuenta del verdadero significado de los resultados. Si hubiera llevado sus investigaciones un poco más allá o hubiera acometido el problema del origen de la enfermedad con una mentalidad más abierta, ahora se le recordaría como el único e indiscutible fundador de la ciencia de la virología. En cambio, la imagen es más borrosa y a veces se atribuye el descubrimiento de los virus a

Martinus Beijerinck, un microbiólogo holandés que realizó el mismo experimento que Ivanovski, pero llegó a conclusiones muy diferentes.

Beijerinck empezó en 1897 una serie de experimentos sobre la enfermedad del mosaico de tabaco sin conocer, según parece, los anteriores descubrimientos de Ivanovski. Al igual que él, pronto descubrió que el paso del jugo infectado a través de un filtro «a prueba de bacterias» no impedía que el jugo infectara a otras plantas. Además, observó el jugo al microscopio y no pudo encontrar ningún microorganismo causante de la enfermedad. El siguiente experimento crucial fue tratar de cultivar el agente infeccioso. Lo intentó empleando métodos que hubieran permitido a las bacterias multiplicarse: añadiendo jugo infectado a mezclas acuosas de nutrientes y manteniendo templadas las placas de cultivo; sin embargo, percibió que no se producía ningún microorganismo capaz de transmitir la enfermedad del mosaico del tabaco.

La idea de que una toxina bacteriana pudiera pasar a través del filtro no le convencía. Había descubierto que el jugo filtrado podía transmitir la enfermedad sucesivamente a través de un número ilimitado de plantas, lo que implicaba que el agente causante de la enfermedad podía multiplicarse en las plantas. Por tanto, lo que estaba pasando a través del filtro parecía ser algún tipo de organismo vivo (o, al menos, capaz de reproducirse) más que una toxina química. Muchas otras extrañas características hicieron que Beijerinck sospechara que se trataba de un tipo de organismo completamente nuevo, y no simplemente de una bacteria muy pequeña. Por ejemplo, parecía ser resistente al alcohol, a soluciones diluidas de formalina y a una fuerte deshidratación, características que quizá podían esperarse de sustancias químicas, pero no de organismos vivos. A Beijerinck le pareció aún más intrigante la capacidad del agente infeccioso de difundirse a través de geles de agar (gelatina de carbohidratos que mezclada con nutrientes proporciona un medio de cultivo sólido para bacterias). Se creía que sólo los líquidos y las sustancias disueltas eran capaces de difundirse por medio de estos geles y que, por supuesto, no lo eran el material sólido o particulado, como las células vivas.

Beijerinck se enfrentaba a un dilema: se hallaba ante un organismo aparentemente vivo que atravesaba filtros tan finos que retenían todas las formas de vida conocidas y que a menudo se comportaba más como un compuesto químico que como un microorganismo. Para dar respuesta a esta perplejidad, Beijerinck prescindió del conocimiento ya existente y dio un paso hacia lo desconocido. Propuso que la enfermedad del mosaico del tabaco era producida por un nuevo tipo de agente infeccioso que se presentaba en forma de fluido o soluble y no como un ser compuesto de células. A esta nueva y misteriosa forma de vida la denominó *contagium vivum fluidum* (germen vivo soluble).

Al hacer esta atrevida y extraordinaria afirmación, Beijerinck prescindió del dogma ampliamente aceptado de que todo lo vivo debe estar formado por una o más células. Son muchos los que consideran que esta proposición de formas de vida no celulares fue el salto especulativo que puso a la ciencia de la virología en su camino, ya que el «germen soluble vivo» que causaba la enfermedad del mosaico del tabaco era, en realidad, un virus. (...)

Las revolucionarias ideas de Beijerinck sobre la naturaleza de los virus no coinciden precisamente con la imagen que más tarde reveló la ciencia moderna. No obstante, su trabajo desveló una de las características centrales del ciclo de vida de todos los virus: a pesar de que no se podía cultivar el virus del mosaico del tabaco de forma artificial, en mezclas de nutrientes, observó que podía multiplicarse sin dificultades en el interior de las plantas infectadas. Esto le hizo pensar a Beijerinck que para reproducirse este «germen vivo soluble» tenía que «incorporarse al protoplasma de la célula viva». Con esta inspirada frase resumió lo que ahora sabemos que es la característica más distintiva de los virus: fuera de las células vivas son inertes y «carentes de vida». Sólo al incorporarse al metabolismo de una célula «huésped» pueden mostrar las propiedades que, como la reproducción, se asocian normalmente a la vida. Por ello, a menudo, se tilda a los virus de «parásitos obligados», ya que se ven obligados a parasitar células vivas para poder multiplicarse.

Basta con considerar el trabajo de Ivanovski y Beijerinck para apreciar la importancia que tiene la interpretación de los resultados en el avance de la ciencia. Ambos realizaron experimentos similares y

obtuvieron resultados similares, pero sus conclusiones difícilmente podrían haber sido más diferentes; estas conclusiones tan diferentes podían haber orientado la futura investigación en direcciones completamente distintas. Su trabajo también nos muestra la frecuente necesidad de la realización de varios intentos independientes antes de dar por resuelto un problema. De hecho, Ivanovski y Beijerinck no fueron los únicos que a finales de siglo andaban enfrascados con los virus. Dos científicos alemanes hallaron que el agente infeccioso causante de la fiebre aftosa también presentaba extrañas propiedades, similares a las del virus del mosaico del tabaco.

El gobierno alemán había encargado a Friedrich Loeffler y Paul Frosch que investigaran el problema de los repetidos y dañinos brotes de fiebre aftosa en la cabaña alemana. Sus resultados demostraron la posibilidad de que los virus podían infectar a los animales igual que a las plantas. Empezaron por recoger el fluido (linfa) de las vesículas que se forman en la boca y las ubres del ganado enfermo. Inocularon esta linfa en soluciones de nutrientes, pero no consiguieron que se desarrollara el agente de la fiebre aftosa. Luego, probaron filtrar la linfa infectada por medio de filtros «a prueba de bacterias». Una vez filtrada, la linfa todavía podía infectar animales sanos de la misma manera que el jugo filtrado proveniente de plantas de tabaco enfermas también podía transmitir la enfermedad del mosaico del tabaco. Al igual que Ivanovski, Loeffler y Frosch sugirieron que las bacterias podrían producir una toxina soluble que atravesara el filtro. También consideraron la idea de que el organismo causante de la enfermedad pudiera atravesar el filtro, pero, a diferencia de Ivanovski, no insistieron en que debiera ser una bacteria. La posibilidad de que un tipo desconocido de organismo pudiera ser el causante se puede entrever en su descripción del agente infeccioso como «un agente capaz de reproducirse..., tan pequeño que puede atravesar incluso los poros de un filtro que retiene a la más pequeña de las bacterias». (...)

En 1915 se amplió aún más el espectro de virus conocidos cuando Frederick Twort, bacteriólogo británico, demostró que también podían atacar a las bacterias. Twort había desarrollado bacterias en placas de cultivo (...). Las colonias bacterianas desarrolladas en estas condiciones eventualmente se hacen visibles en forma de puntos, cada uno de los cuales contiene millones de células bacterianas. Pero Twort notó que algunos puntos tenían un aspecto vítreo muy poco característico. Y también que las muestras que se tomaban de estas colonias vítreas no se reproducían en nuevas colonias cuando se las transfería a otras placas de agar. La pista de lo que no funcionaba en las colonias vítreas la obtuvo cuando filtró material proveniente de estas colonias a través de filtros «a prueba de bacterias».(...) El que las colonias bacterianas normales adquiriesen una apariencia vítreas (...) indicaba que era un virus el que provocaba que las bacterias formaran los puntos vítreos.

Ahora sabemos que los virus se multiplicaban dentro de las células bacterianas: ocasionalmente hacían que las células reventaran y liberaran otra generación de partículas víricas («partícula vírica» es el nombre que se da a una unidad vírica). La explosión de las bacterias era lo que daba la apariencia vítreas y, como es obvio, las muestras de células reventadas no podían crecer en un agar fresco, que es exactamente lo que Twort demostró.

Como a menudo sucede en la ciencia, el importante descubrimiento de Twort atrajo muy poca la atención. Sin embargo, en 1917, Felix d'Herelle, del Instituto Pasteur de París, descubrió el mismo fenómeno.

En esta ocasión, el hallazgo provocó un gran interés y fue ampliamente discutido. D'Herelle acuñó el término «bacteriófago» (comedor de bacterias) para aquellos virus que infectan bacterias, y, desde entonces, los bacteriófagos se han convertido en uno de los organismos más intensamente estudiados».

SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor (Grupo de Telepublicaciones). 1990.

El virus del sida se disfraza de célula y así burla el sistema defensivo, según recientes estudios

LUCÍA ARGOS, Madrid

El VIH, virus responsable del sida, está demostrando una perversidad casi humana. Ataca por las vías más íntimas del individuo. Es capaz de permanecer agazapado hasta 10 años en un cuerpo sano antes de manifestarse a traición. Y ahora recientes investigaciones, publicadas el pasado diciembre y este mes, han revelado que se disfraza de célula; que incorpora en su membrana moléculas celulares con las que burla el sistema defensivo del organismo y, además, lo puede dirigir contra sus propias víctimas, los linfocitos.

Si un policía fuera en busca de un asesino que luce una flor en el ojal y se encontrara 20 personas con el mismo adorno, probablemente detendría a todas como medida preventiva. Así es como parece que se comporta el virus del sida en el modelo descrito por el investigador francés Daniel Zagury: como un asesino que comparte componentes con células del organismo, frente a un sistema defensivo incapaz de distinguir entre unos y otras y que por tanto carga indiscriminadamente contra todas.

La primera evidencia se publicó en la revista *Science* del pasado mes de diciembre, y la segunda es un trabajo del polémico investigador Zagury aparecido este mes en la revista *Proceedings*, de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. "Estas investigaciones vienen a decir que el virus se las ingenia para disfrazarse, pasar desapercibido y además dirigir mal la respuesta inmunológica", indica Esteban Domingo, virólogo del Centro de Biología Molecular.

Pequeño número

Desde que se identificó el virus del sida, en 1983, los biólogos moleculares han ido avanzando en su conocimiento y su modo de infectar. Ya se sabía que, junto a su famosa glicoproteína de cubierta gp-120, antígeno responsable del anclaje con el linfocito T4 (elemento vital del sistema inmunológico) al que destruye, existía una cantidad pequeña de moléculas similares a las de una célula. Pero precisamente por su supuesto pequeño número no se valoró su papel.

El estudio del Instituto Na-

cional del Cáncer de EE UU, aparecido en la prestigiosa publicación científica *Science*, demuestra que cada virus tiene en su cubierta 216 moléculas de gp-120, pero también 600 moléculas de HLA y 375 de beta 2 microglobulina, las dos últimas de carácter celular y comunes con otras células del cuerpo. Esto significa, como explica el virólogo español Rafael Nájera, "que en el virus del sida existen cinco veces más elementos celulares que de antígeno viral en superficie".

Anticuerpos

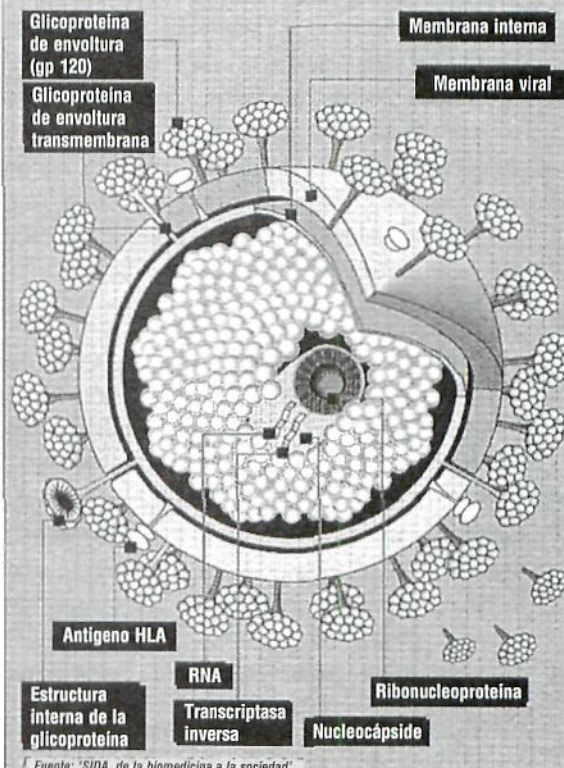
La aportación de Zagury, en la misma línea, es la identificación en el VIH de otra molécula celular, un pentapéptido denominado SLWDQ, que está también en los linfocitos y parece implicado en los procesos de rechazo de órganos trasplantados. Según su hipótesis, los anticuerpos defensivos del organismo serían incapaces de distinguir entonces entre el virus y el linfocito, paralizándolo, lo que deja el campo libre a otras células para fabricar una sustancia, el interferón alfa, que echa abajo el sistema inmunológico del individuo.

Las consecuencias de esta nueva morfología están aún por desarrollar. La primera podría ser un replanteamiento de cómo entra en contacto el virus con los linfocitos. "Parece ser que, en lugar de una unión directa entre la gp-120 y el linfocito, se forma un pegote de adhesión en el que intervienen estas moléculas celulares", dice Nájera.

Y la segunda sería la explicación de por qué en el sida existe una destrucción celular mayor de la que cabría esperar

Estructura clásica de la partícula viral del VIH.

(Tomada de Koch, 1987)



Fuente: "SIDA, de la biomedicina a la sociedad".

por el solo ataque del virus a la célula.

En opinión de Nájera, el hecho de que los anticuerpos frente al virus sean capaces de destruir también las células confirmaría la tesis mantenida desde un principio sobre que el sida es una enfermedad autoinmune. Es decir, que el propio sistema defensivo del organismo se vuelve contra él, amplificando la acción asesina directa del virus.

Domingo cree que estos descubrimientos pueden ayudar a comprender la patogénesis del virus del sida, "a conocer los motivos por los cuales produce enfermedad a través de una tremenda desregularización del sistema inmunológico".

La siguiente cuestión es averiguar si el camuflaje del virus del sida dificulta el desarrollo de antidotos. "En algunos casos sí, porque se estaría atacando también a la célula. Pero otras estrategias, como los fármacos actuales, en principio no se dejan influir por ese disfraz, ya que atacan al material genético del virus, que es independiente de cómo se disfraza", explica Domingo.

Zagury también ha encontrado un elemento positivo en su pentapéptido recién descrito, y es que, al parecer, es común en todas las cepas del virus, lo que a su juicio podría tenerse en cuenta para el desarrollo de una vacuna eficaz contra todas.

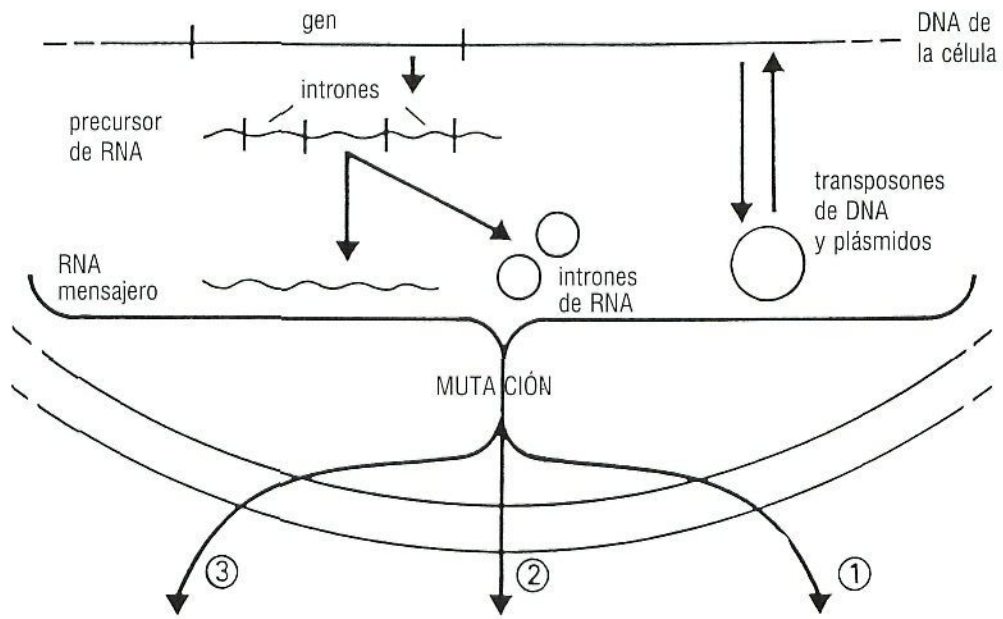
Fuente: *El País*. 25 de febrero de 1993.

1. Posibles vías para el origen de virus y viroides a partir de material genético celular.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
2. El experimento de Ivanovski y Beijerinck que condujo al descubrimiento del virus del mosaico del tabaco.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
3. Estructura del virus del mosaico del tabaco.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
4. Arquitectura vírica icosaédrica y estructura del virus de la gripe.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
5. Estructura del virus de la gripe tipo A.
(CABEZAS, J. A. y HAUNOUN, C. «La gripe y sus virus». *Investigación y Ciencia*. 160 (enero 1990). 50-62).
6. Virión del HTLV-III.
(GALLO, R. C. «El virus del SIDA». *Investigación y Ciencia*. 126 (marzo 1987). 30-41).
7. Representación esquemática de un fago T-par.
(HORNE, R. W. *Estructura y función de los virus*. Barcelona. Omega. 1979).
8. Producción de ARNm vírico.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
9. Clasificación de los virus más importantes que afectan al hombre.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
10. Resumen de la multiplicación vírica.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
11. Mecanismos de entrada de los virus en las células animales:
 - a) Penetración directa a través de la membrana celular.
 - b) Endocitosis.
 - c) Fusión de las membranas vírica y celular.
 - d) Mecanismo combinado propuesto para la entrada de los virus de la gripe.(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
12. Mecanismo de inyección de ADN vírico por un virión del bacteriófago T2.
(BERKALOFF, A. *et al. Biología y fisiología celular*, vol. II. Barcelona. Omega. 1984).
13. Ciclo vital de los retrovirus.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
14. Ciclo de replicación del patrimonio genético de los retrovirus.
(TEMIN, H. «El origen de los retrovirus». *Mundo Científico*. 35 (abril 1984). 408-418).
15. Efectos dañinos que pueden causar los virus en las células.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).

16. Consecuencias generales alternativas más importantes de la infección vírica.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
17. Vías habituales de la transmisión vírica, con ejemplos.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
18. Evolución relativa en el tiempo de una típica respuesta inmune antivírica tras la primera exposición al virus. Tras una segunda exposición (es decir, después de una inmunización) la evolución de la respuesta específica inmune cambia tal como indica la flecha discontinua.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
19. Aspectos conocidos de la actividad antivírica del interferón. El ARN vírico de doble cadena induce la producción de interferón en las células infectadas (arriba). El interferón se une entonces a las células vecinas, estimulando la producción de proteínas responsables del estado «antivírico» (abajo).
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
20. Los interferones se unen a moléculas de receptores (...).
(HIRSCH, M. S. y KAPLAN, J. C. «Terapia antivírica». *Investigación y Ciencia*. 129 (junio 1987): 50-62).
21. Producción de una vacuna peptídica.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
22. Una forma en la que se podrían utilizar los retrovirus para curar enfermedades genéticas de las células sanguíneas.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
 - 1) Se añade el gen necesario para corregir una cierta anomalía a un genoma retrovírico junto con un gen que confiera resistencia a un fármaco tóxico;
 - 2) Se forman las partículas retrovíricas que contienen al genoma manipulado en las células en cultivo y se recogen;
 - 3) Se infectan con el retrovirus células tomadas de la médula ósea del paciente y, entonces,
 - 4) Se devuelven al paciente;
 - 5) Se trata al paciente con el fármaco al que las células manipuladas por ingeniería genética serán resistentes, lo que hace que las células madre manipuladas genéticamente se multipliquen, lleguen a dominar la población de células madre y produzcan células sanguíneas que contienen el gen terapéutico activo. En ese momento se puede suspender la administración del fármaco.
23. Aspectos clave de los efectos del virus del sida sobre las células T4.
(SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990).
24. Documentación complementaria: Una nueva enfermedad y preguntas básicas sobre el sida.
(VARIOS. «La década del sida». *El País*. N^o 270 (11 de marzo de 1993). Suplemento «Temas de nuestra época»).
25. Fechas, hechos e investigadores importantes en los inicios de la virología (transparencia).

Nota

La numeración inicial (excepto la *Figura 25*) corresponde a la de las figuras que van situadas a continuación.



Las capacidades de las vías 1 y 2 más la adquisición de genes que codifican las proteínas de la cubierta.

Las capacidades de la vía 1 más la adquisición de genes que codifican proteínas que ayudan en la replicación.

La capacidad de pasar de célula a célula y ser replicado pasivamente sin control.

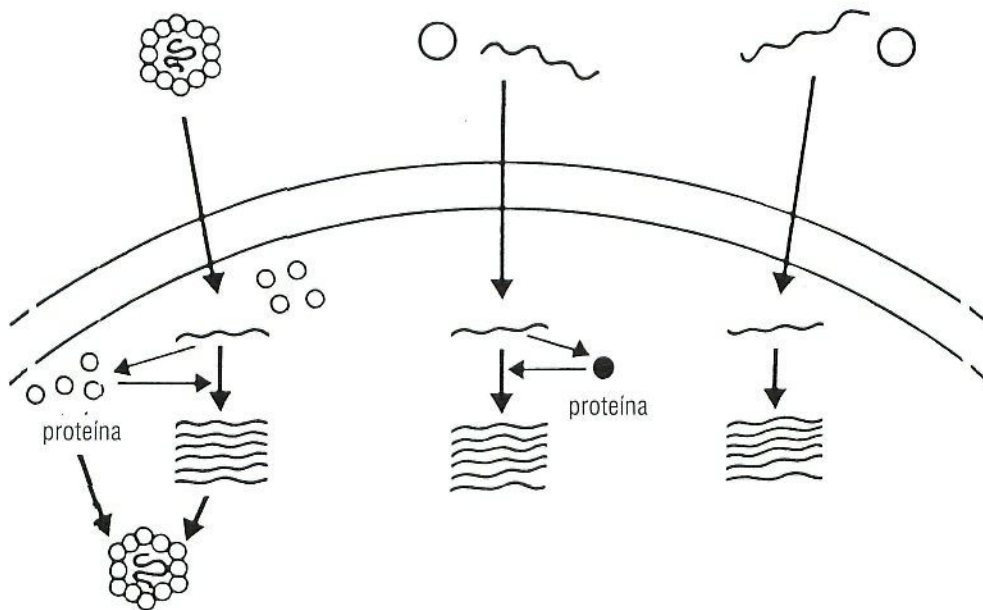


Figura 1: Posibles vías para el origen de virus y viroides a partir de material genético.

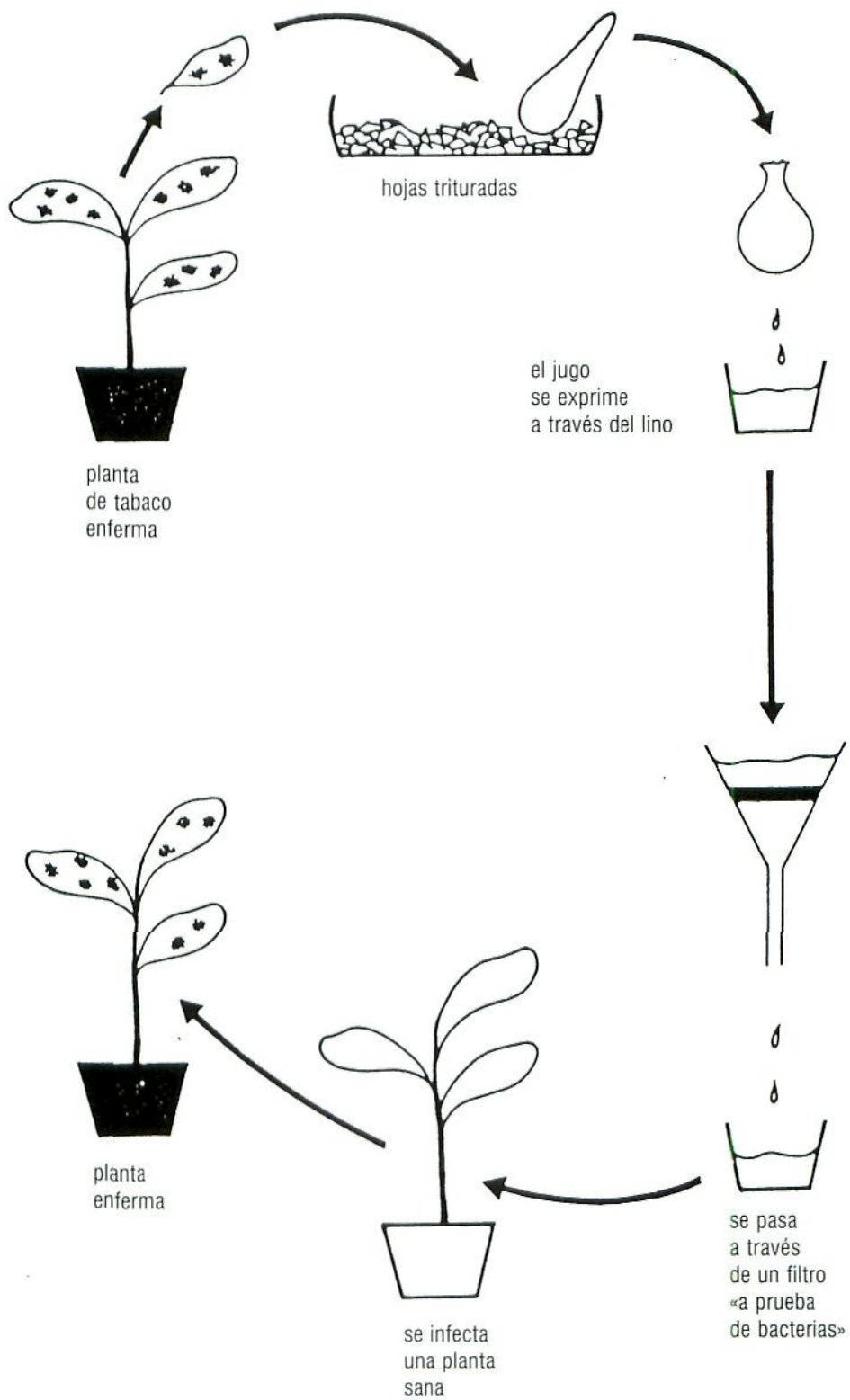


Figura 2: El experimento de Ivanovski y Beijerinck que condujo al descubrimiento del virus del mosaico del tabaco.

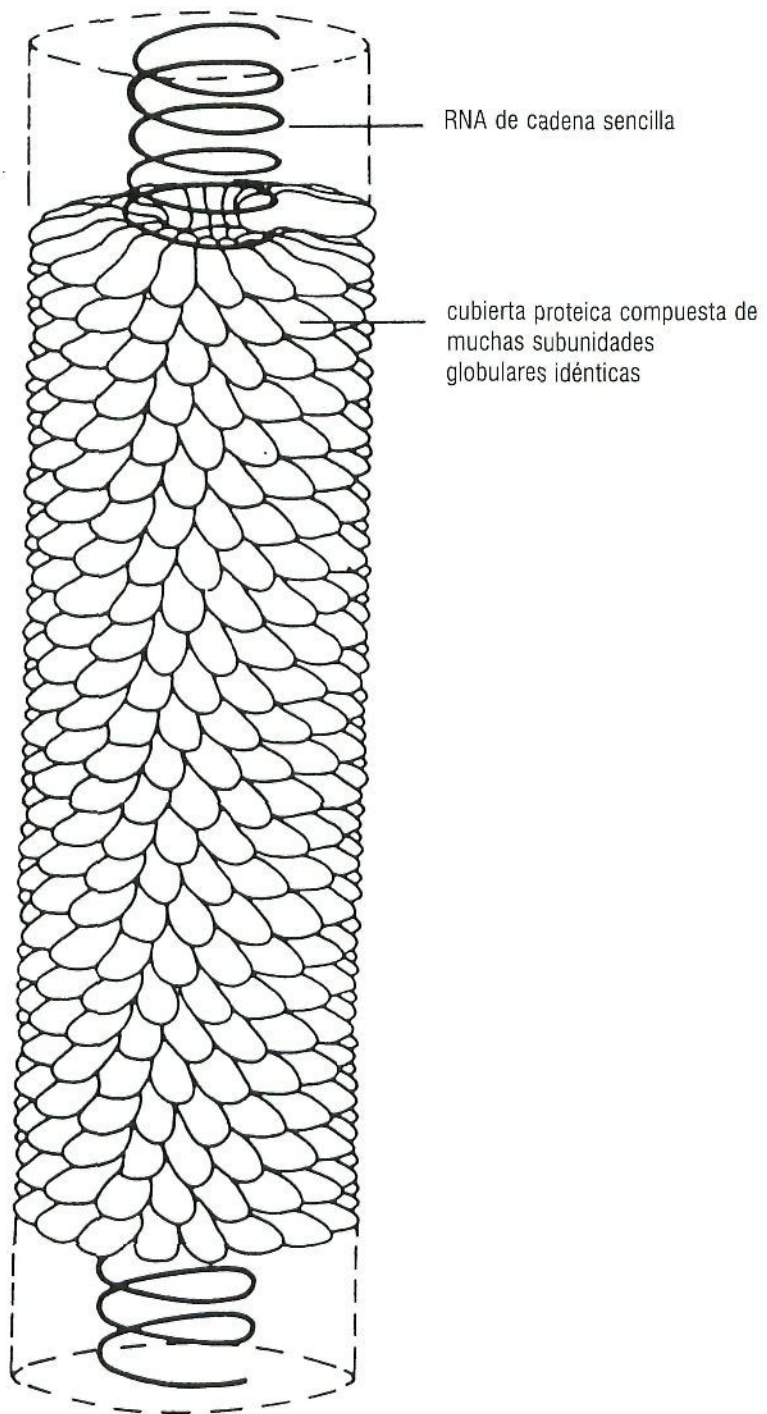
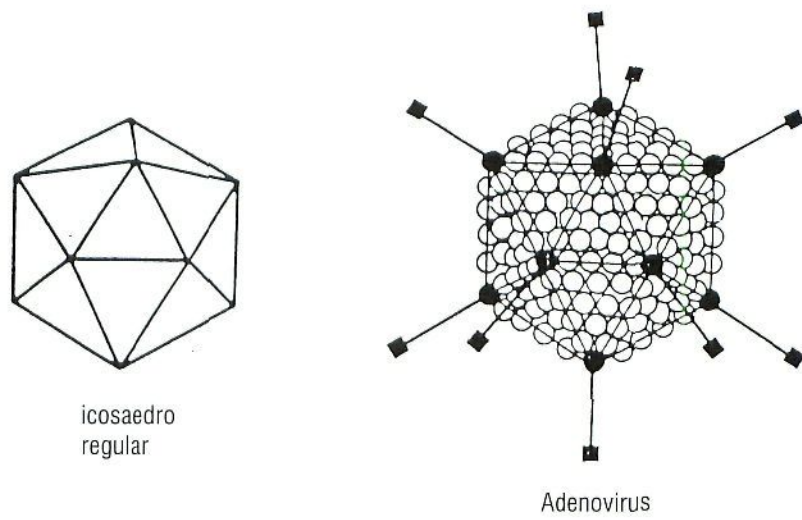


Figura 3: Estructura del virus del mosaico del tabaco.



Arquitectura vírica icosaédrica.

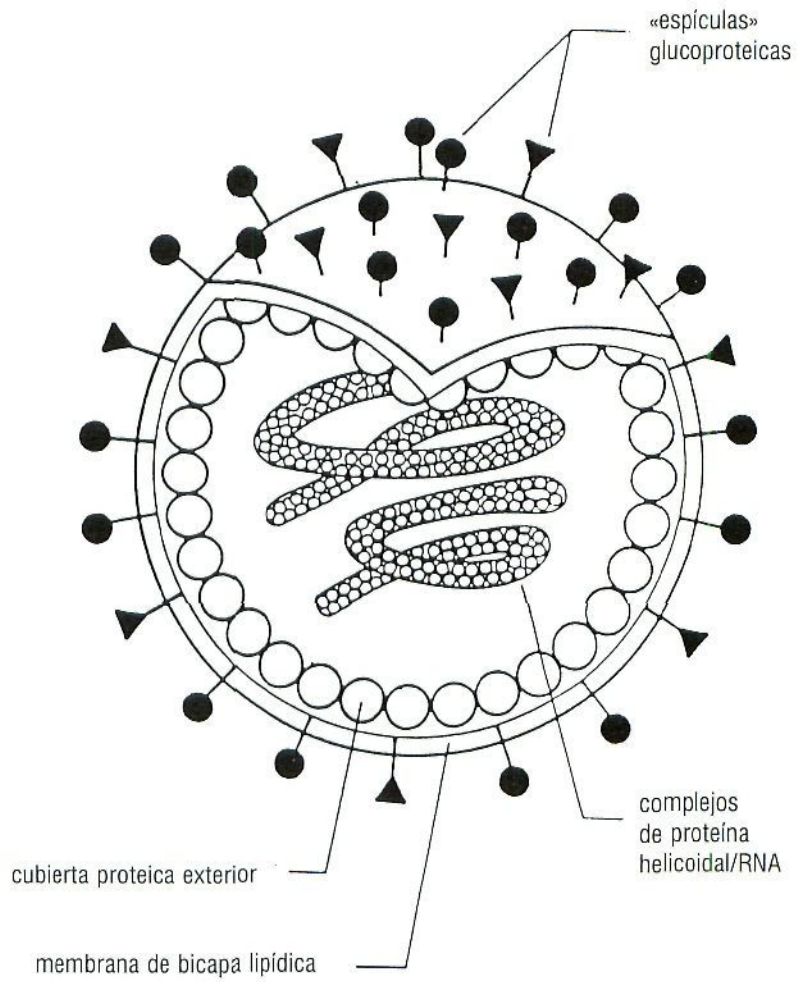
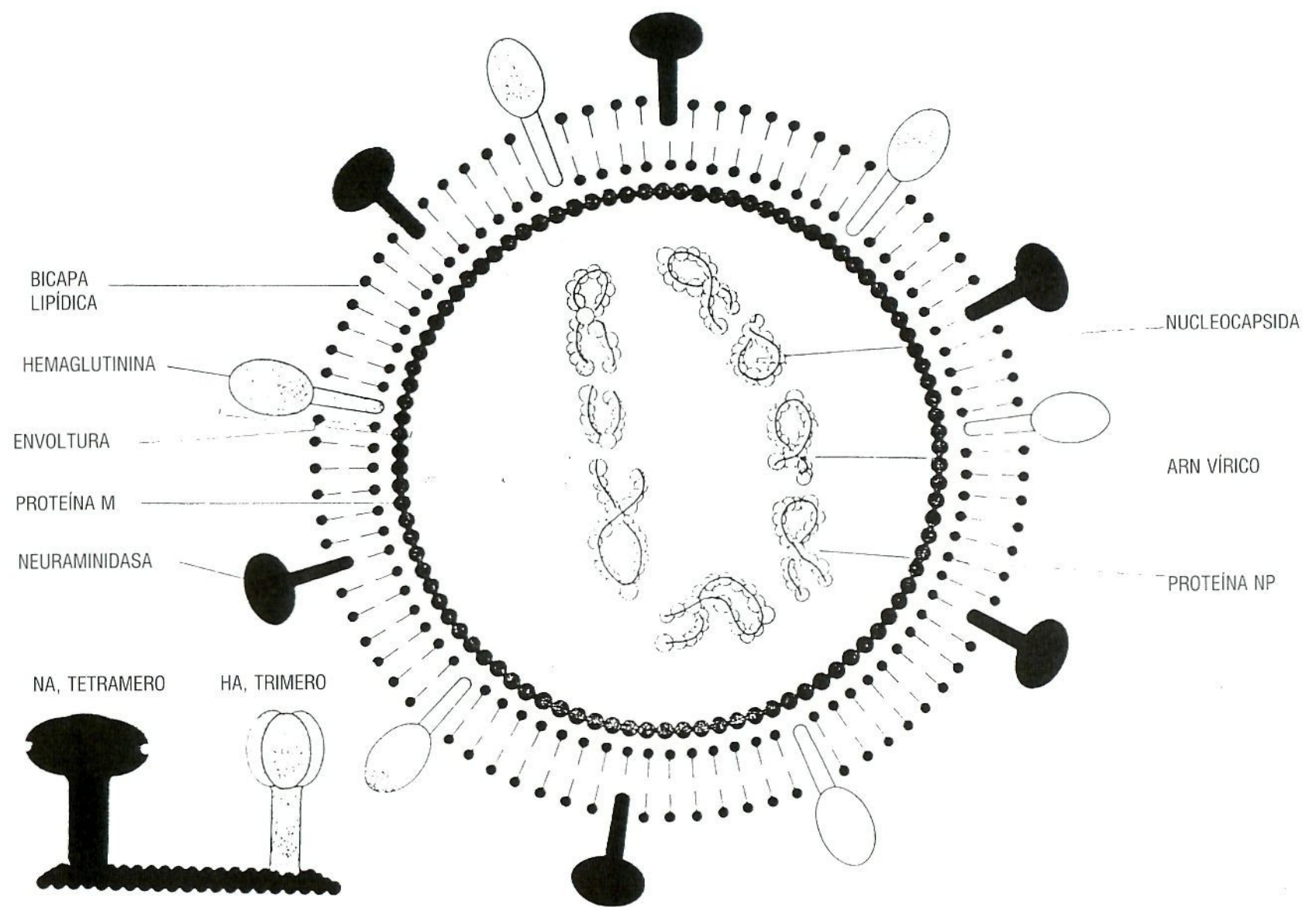


Figura 4: Estructura del virus de la gripe.

Figura 5: Estructura del virus de la gripe tipo A.



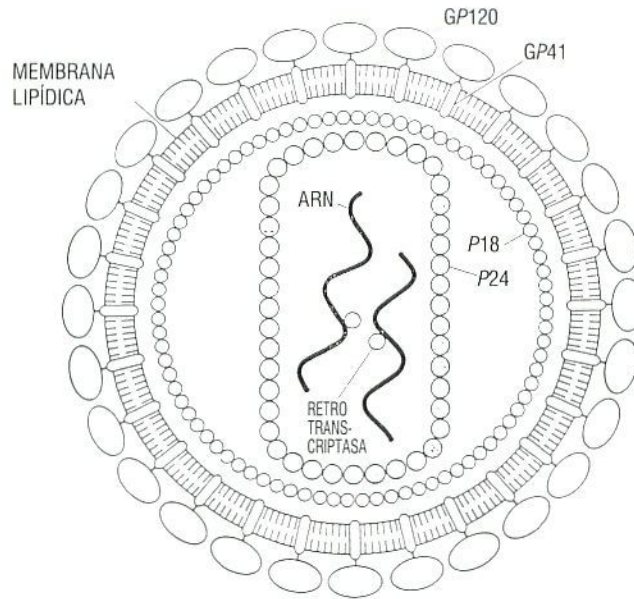


Figura 6: Virión del HTLV-III.

Es una esfera que transversalmente mide unos 1.000 Angström (una diezmilésima de milímetro). La partícula está recubierta por una membrana externa de la célula hospedadora. De la membrana sobresalen glicoproteínas (proteínas que llevan unidas cadenas de azúcar), cada una de las cuales posee dos componentes, *gp41*, que atraviesa la membrana de un lado a otro, y *gp 120*, que sobresale de ella. La envuelta formada por membrana y proteínas engloba el «núcleo» del virión, formado por las proteínas *p24* y *p18*. En éste se encuentran, además, el ARN del virus y la enzima retrotranscriptasa, que cataliza la síntesis del ADN vírico.

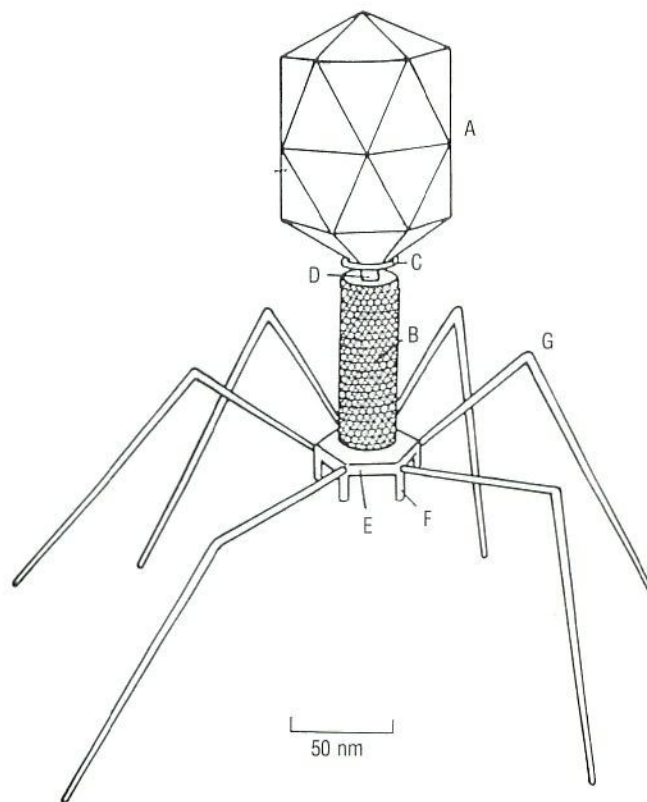


Figura 7: Representación esquemática de los componentes proteínicos de un fago T-par.

(A) Cabeza proteínica icosaédrica alargada, (B) vaina helicoidal contráctil, (C) collar, (D) punta hueca (se extiende desde la base de la cabeza hasta la placa basal hexagonal). (E) Placa basal hexagonal, (F) patas de la placa basal y (G) fibras de la cola.

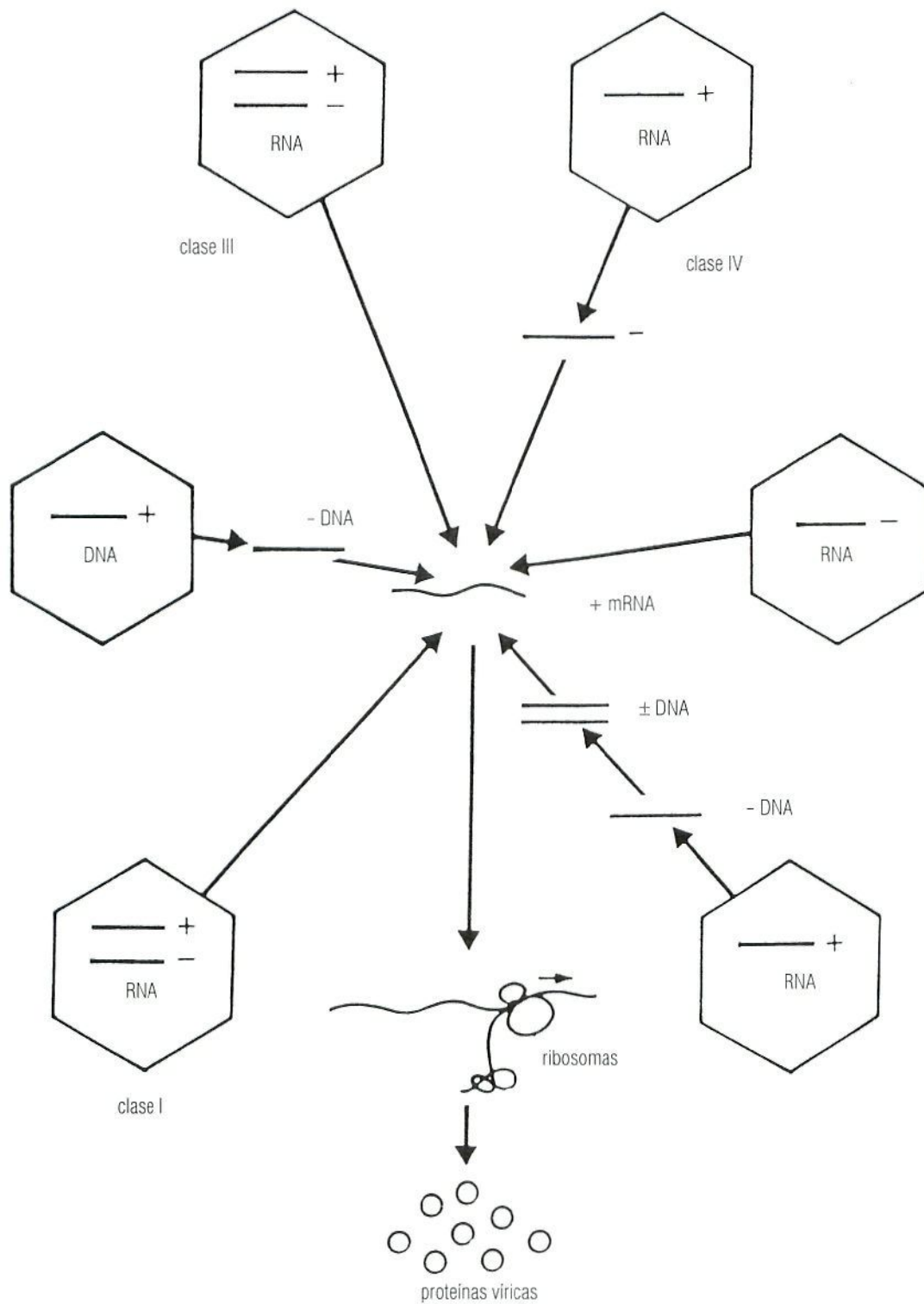


Figura 8: La producción de mRNA vírico.

Se puede clasificar los virus en seis categorías, en función del tipo de material que contienen y la forma con la que se expresa y replica el material genético. Para que el material genético pueda ser usado para hacer proteínas primero debe copiarse su información a mRNA y para cada categoría se sigue una ruta diferente hasta la producción del mRNA. Todos los pasos de copiado necesarios están basados, sin embargo, en la producción de cadenas complementarias, ya sea de DNA o RNA, según las reglas de apareamiento de bases de Watson y Crick. Estas son las reglas que permiten que la secuencia de una cadena de ácido nucleico determine la secuencia de una cadena complementaria hecha con la cadena original como molde.

ÁCIDO NUCLEICO	FORMA	¿CUBIERTA?	GRUPO	TAMAÑO APROX. (nm)	MIEMBROS DEL GRUPO	PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSADAS
RNA	Icosaédrica	No	PICORNAVIRUS	24-35	Poliovirus Coxsackievirus Ecovirus Virus de la hepatitis A Rhinovirus	Poliomielitis Meningitis aséptica Meningitis aséptica Hepatitis A Resfriado común
		No	REOVIRUS	60-80	Reovirus Rotavirus	? Gastroenteritis
		Si	TOGAVIRUS	40-70	Alfavirus Flavivirus Virus de la rubella	Encefalitis Fiebre amarilla, dengue Rubella (Rubéola)
	Helicoidal (en una cubierta esférica o en forma de bala)	Si	ORTOMIXO-VIRUS	80-120	Virus de la gripe	Gripe
		Si	PARAMIXO-VIRUS	100-120	Virus parainfluenza Virus de las paperas Virus del Sarampión Virus respiratorio sincicial	Garrotillo, otras infecciones respiratorias Paperas Bronquitis
		Si	RHABDOVIRUS	80-180	Virus de la rabia	Rabia
		Si	CORONAVIRUS	80-130	Coronavirus	Resfriado común
		Si	ARENAVIRUS	110	Virus de la coriomeningitis linfocítica Virus de la fiebre de Lassa	Coriomeningitis linfocítica Virus de la fiebre de Lassa
		Si	ARENAVIRUS	110	Virus de la coriomeningitis linfocítica Virus de la fiebre de Lassa	Coriomeningitis linfocítica Virus de la fiebre de Lassa
	DNA	Icosaédricas (los herpes con una cubierta esférica)	No	PAPOVAVIRUS	50	Virus del papiloma
No			ADENOVIRUS	80	Adenovirus	Infecciones respiratorias
Si			HERPESVIRUS	120	Virus del herpes simple Virus varicela-zoster Citomegalovirus Virus Epstein-Barr	Herpes genital y pupas Varicela, zoster Enfermedad de las inclusiones citomegálicas Fiebre glandular
compleja		No	POXVIRUS	230-300	Virus de la viruela Virus vaccinia Virus orf	Viruela Viruela vacuna Orf
sin clasificar	No		42	Virus de la hepatitis B	Hepatitis B	

Figura 9: Clasificación de los virus más importantes que afectan al hombre.

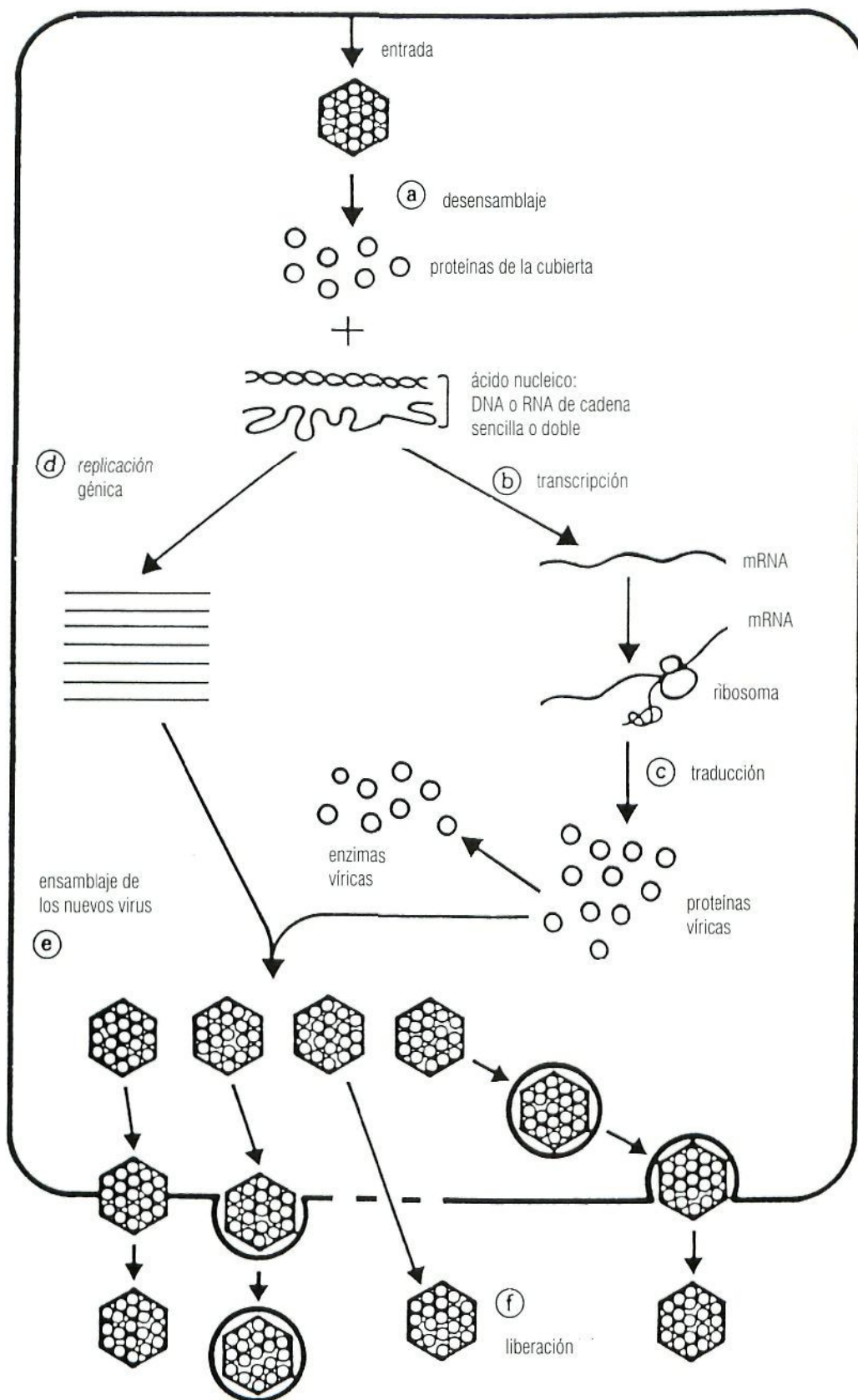


Figura 10: Resumen de la multiplicación vírica.

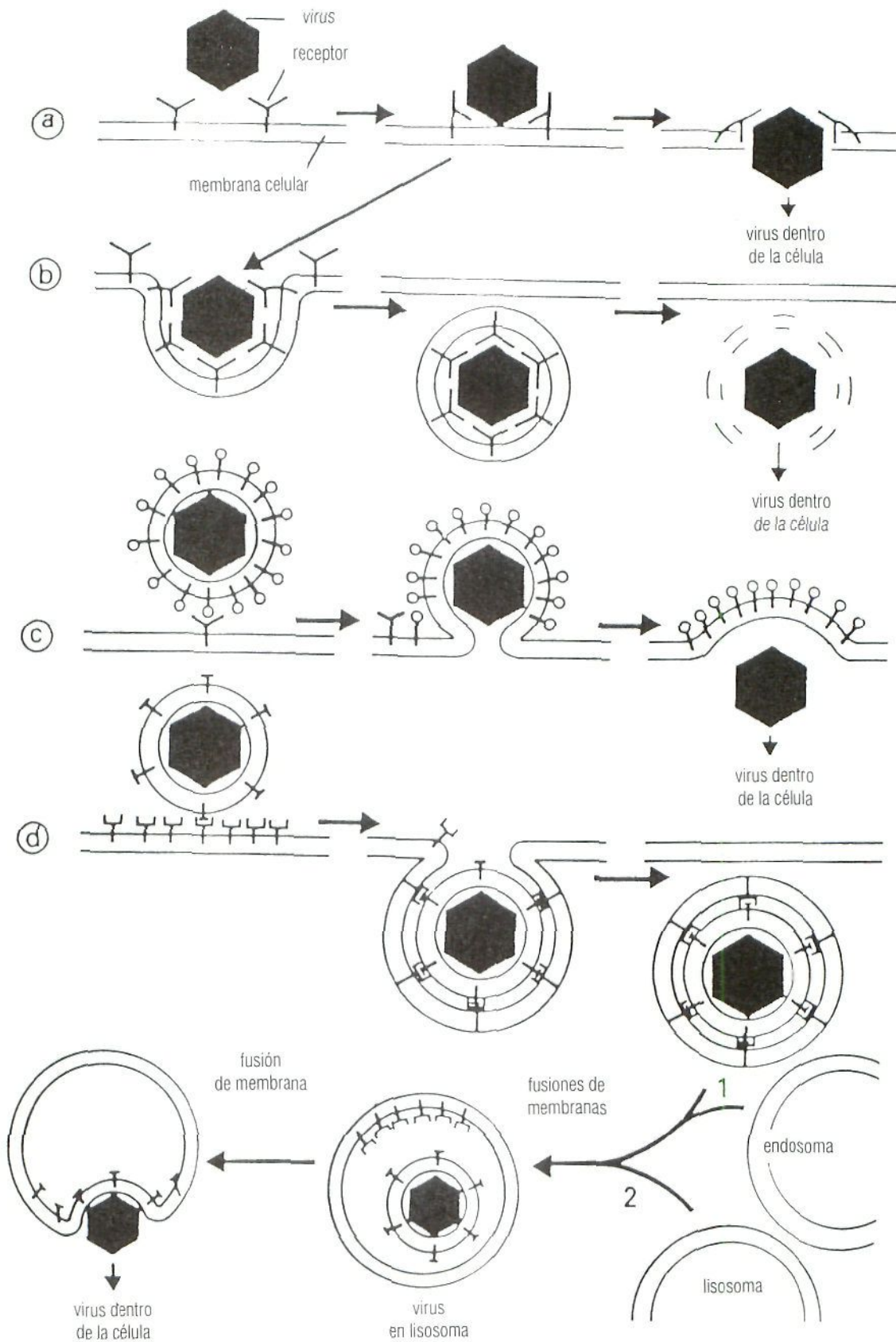


Figura 11: Mecanismos de entrada de los virus en las células animales.

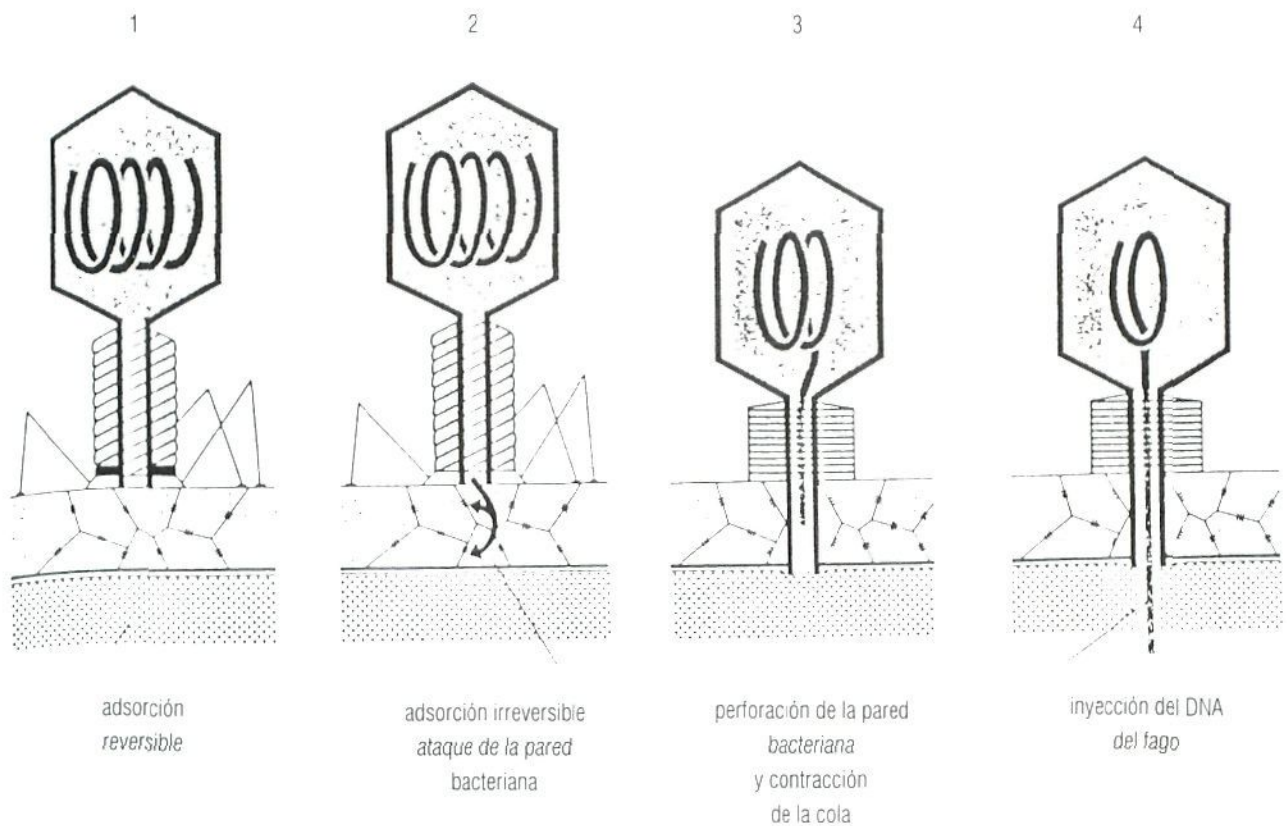


Figura 12: El mecanismo de la inyección del DNA vírico por un virión del bacteriófago T2.

El virión se fija sobre la pared bacteriana por medio de su placa y de sus fibras caudales. La fijación se hace rápidamente irreversible y el enzima de penetración ataca los enlaces que aseguran la cohesión de la pared celular. El manguito, que envuelve al eje tubular de la cola, se contrae y se inserta a este tubo entre los elementos dislocados de la pared. El DNA vírico es inyectado entonces a través de este canal.

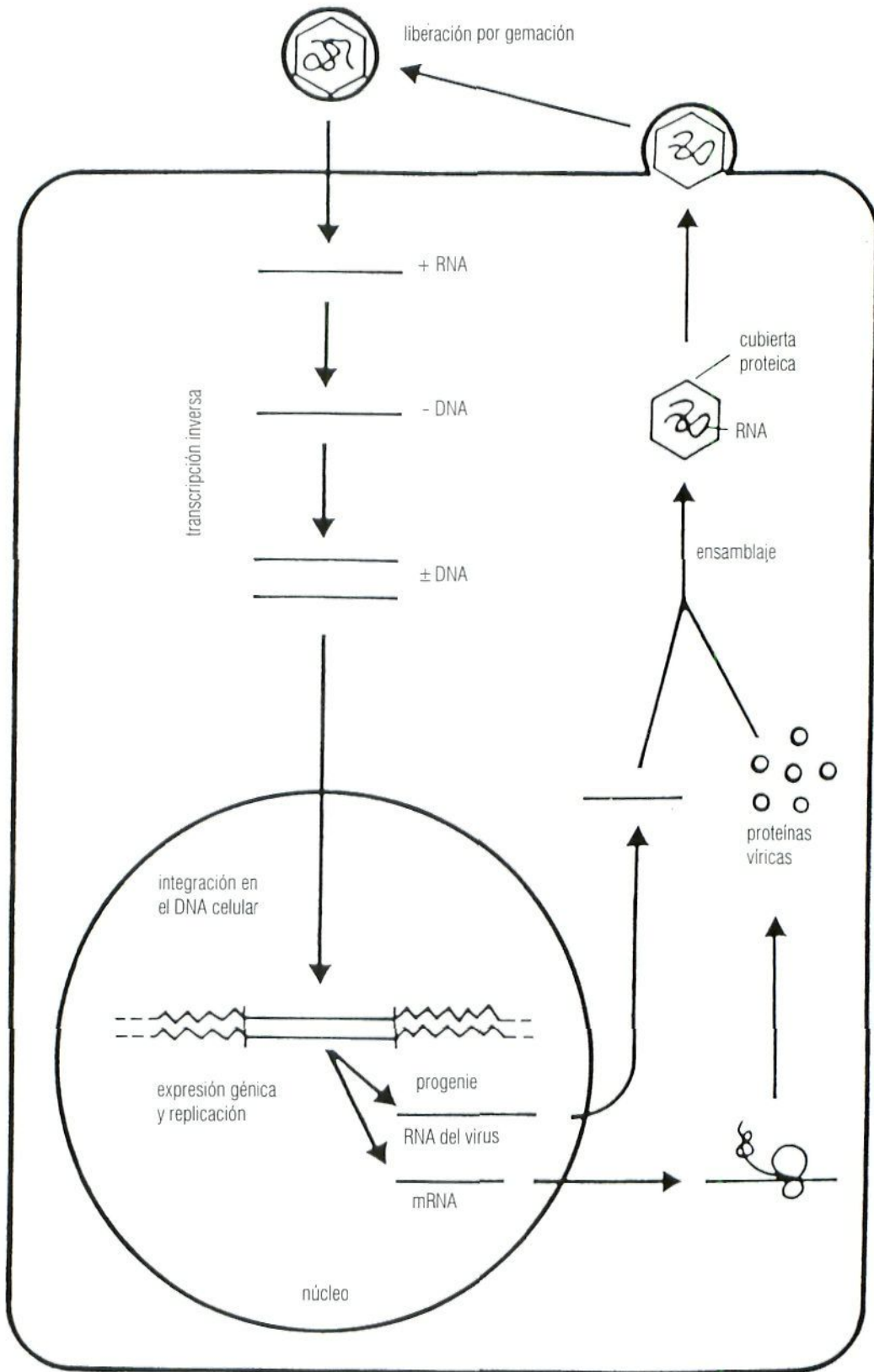


Figura 13: Ciclo vital de los retrovirus.

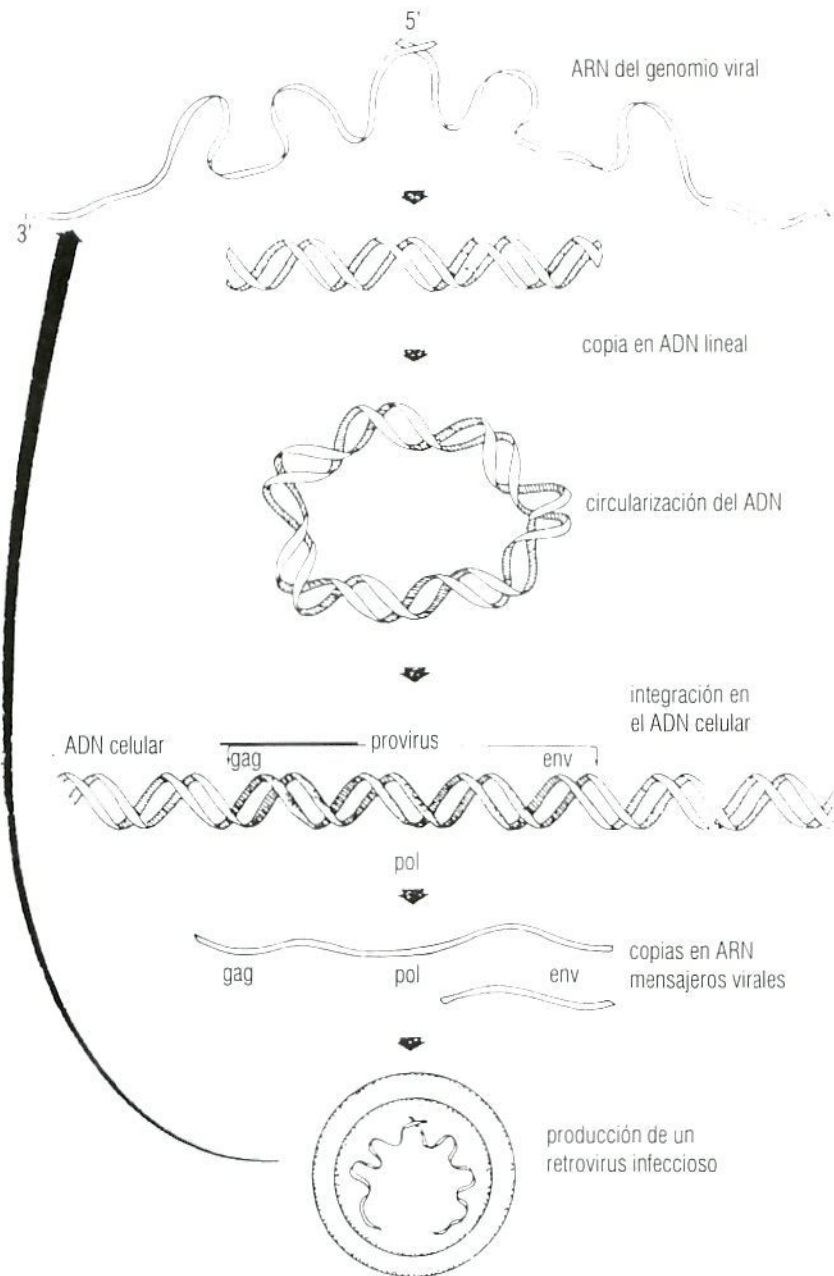


Figura 14: Ciclo de replicación del patrimonio genético de los retrovirus.

El ciclo de replicación del patrimonio hereditario de los retrovirus pasa por dos etapas originales y necesarias: el ARN viral es copiado a ADN y éste se integra en un cromosoma. El genoma viral está formado por dos moléculas de ARN, cada una de las cuales, en un virus infeccioso capaz de replicarse, comporta al menos tres genes, llamados: gag, pol y env. En el plano estructural este ARN viral posee todas las características de un ARN mensajero de una célula eucarionte y además una repetición directa de aproximadamente veinte a cien nucleótidos en cada extremo de la molécula. A este genoma viral se encuentra ligado un ARN de transferencia (ARNt) de origen celular que sirve de cebador para el inicio de la síntesis del ADN viral. El enzima que permite copiar el ARN en ADN se llama ADN-polimerasa-ARN-dependiente o «transcriptasa inversa». Su descubrimiento en 1970 rompió con el dogma de la biología celular que consideraba que sólo existía una transferencia de información genética y era en el sentido ADN → ARN. A través de mecanismos bastante complejos se forman las moléculas de ADN lineal de doble filamento a partir del ARN en el citoplasma. Estas moléculas tienen la particularidad de poseer una redundancia terminal de aproximadamente 250–1000 nucleótidos llamada secuencias LTR (véase *La Recherche*, n° 134, p. 772, junio 1982). Una de las moléculas lineales emigran hacia el núcleo, donde algunas se circularizan. Estas moléculas seguidamente pueden integrarse al azar en el genoma de la célula, donde pasan a ser parte integrante del patrimonio hereditario. Es a partir de este «provirus» integrado que se forman varias clases de ARN, algunos de los cuales sirven para la síntesis de proteínas virales, y los otros constituirán los ARN genómicos. Los viriones se forman a partir de estos elementos y emergen a través de la membrana plasmática de la célula. Así, el retrovirus libre, que eventualmente puede ir a infectar a otra célula, es una forma móvil de un grupo de genes celulares, el provirus.

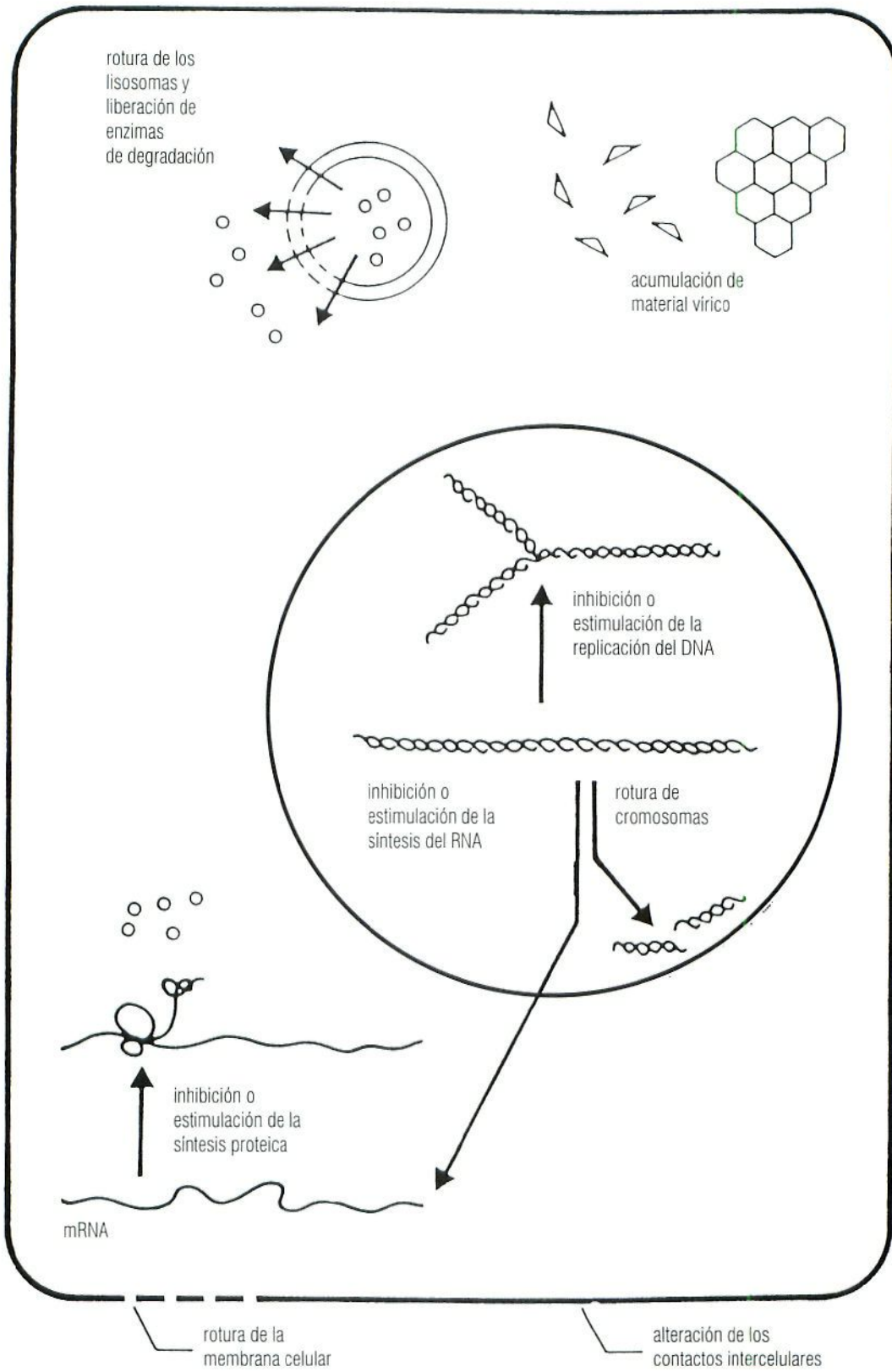


Figura 15: Efectos dañinos que pueden causar los virus en las células.

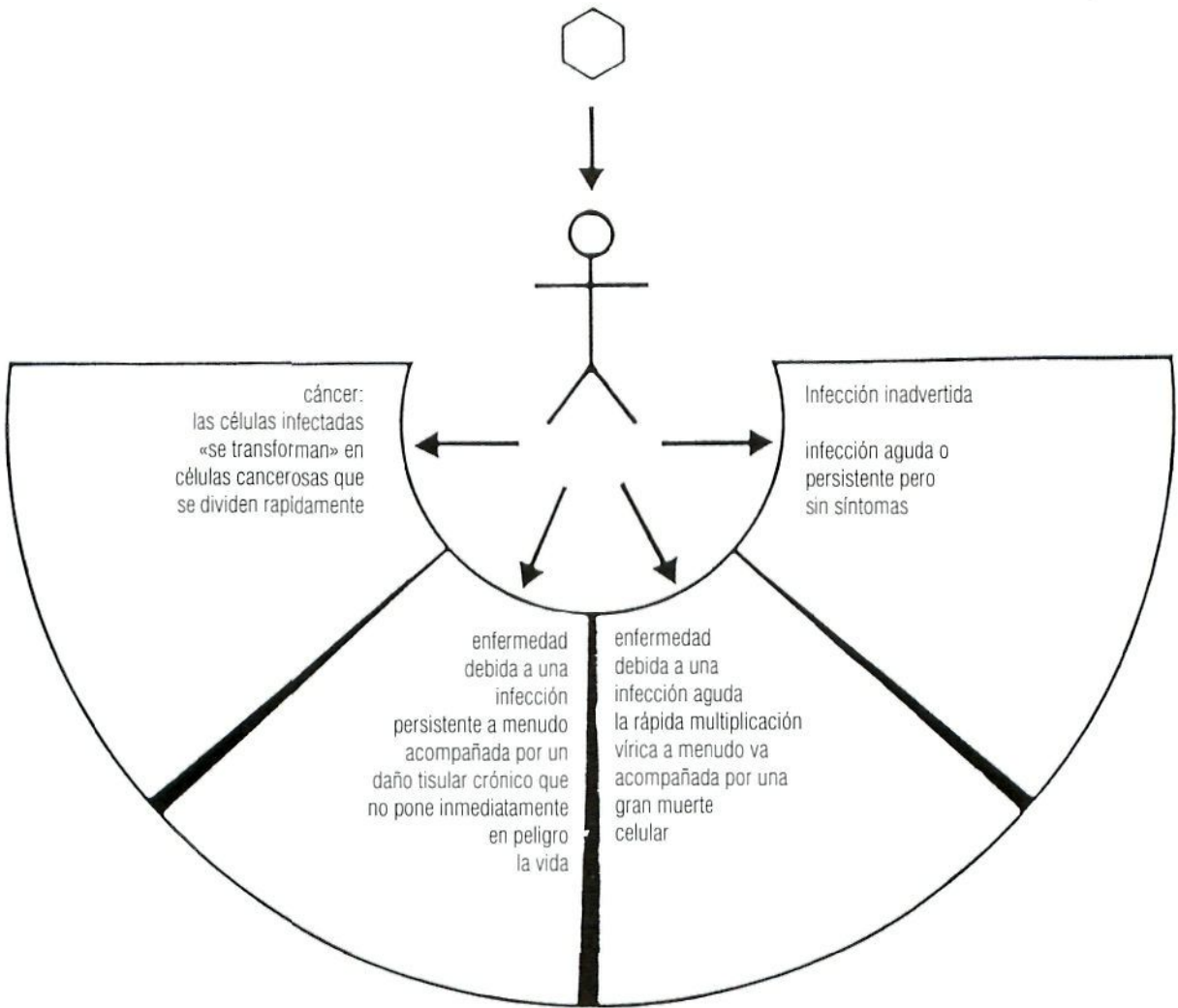


Figura 16: Consecuencias generales alternativas más importantes de la infección vírica.

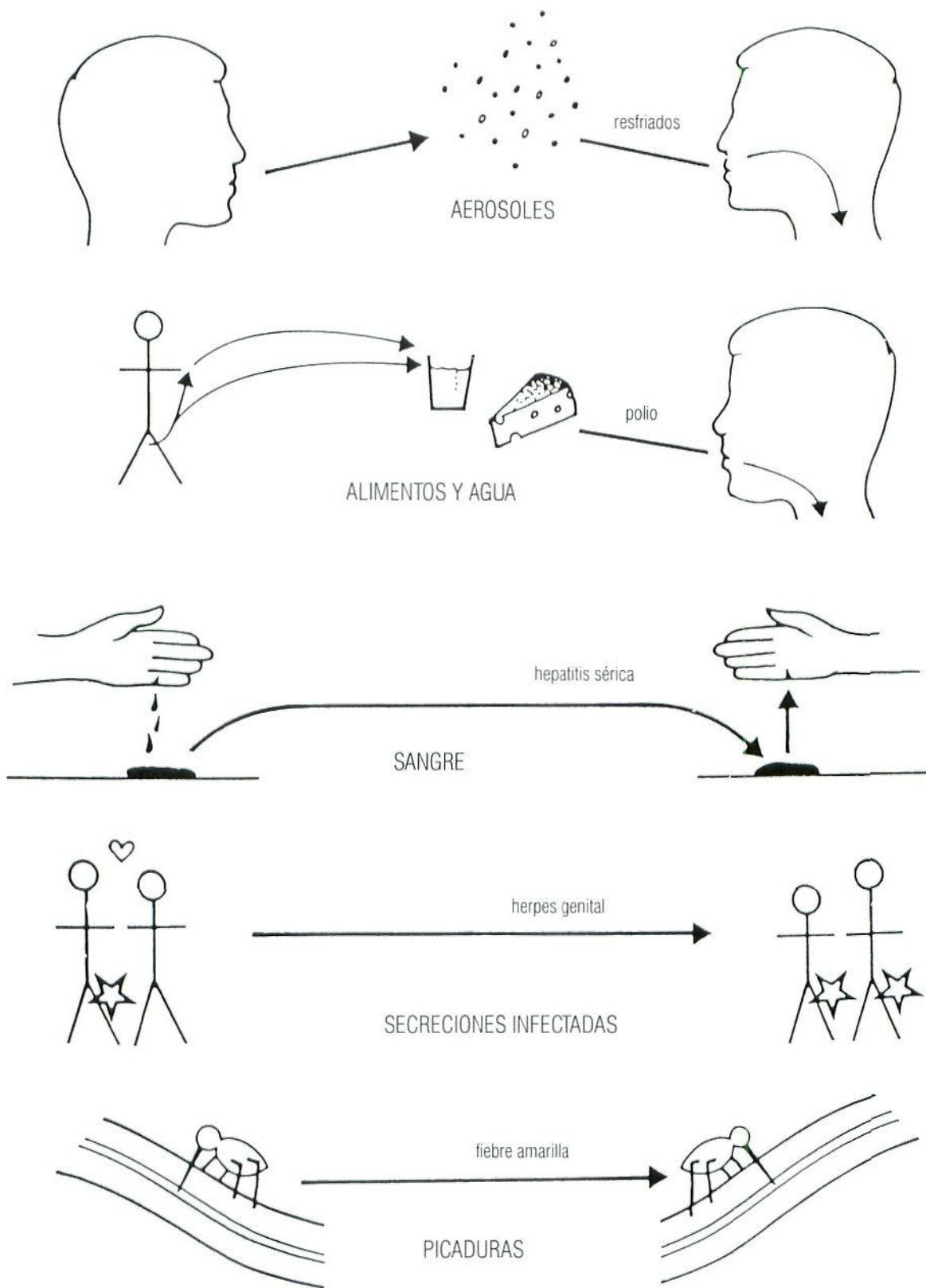


Figura 17: Vías habituales de la transmisión vírica.

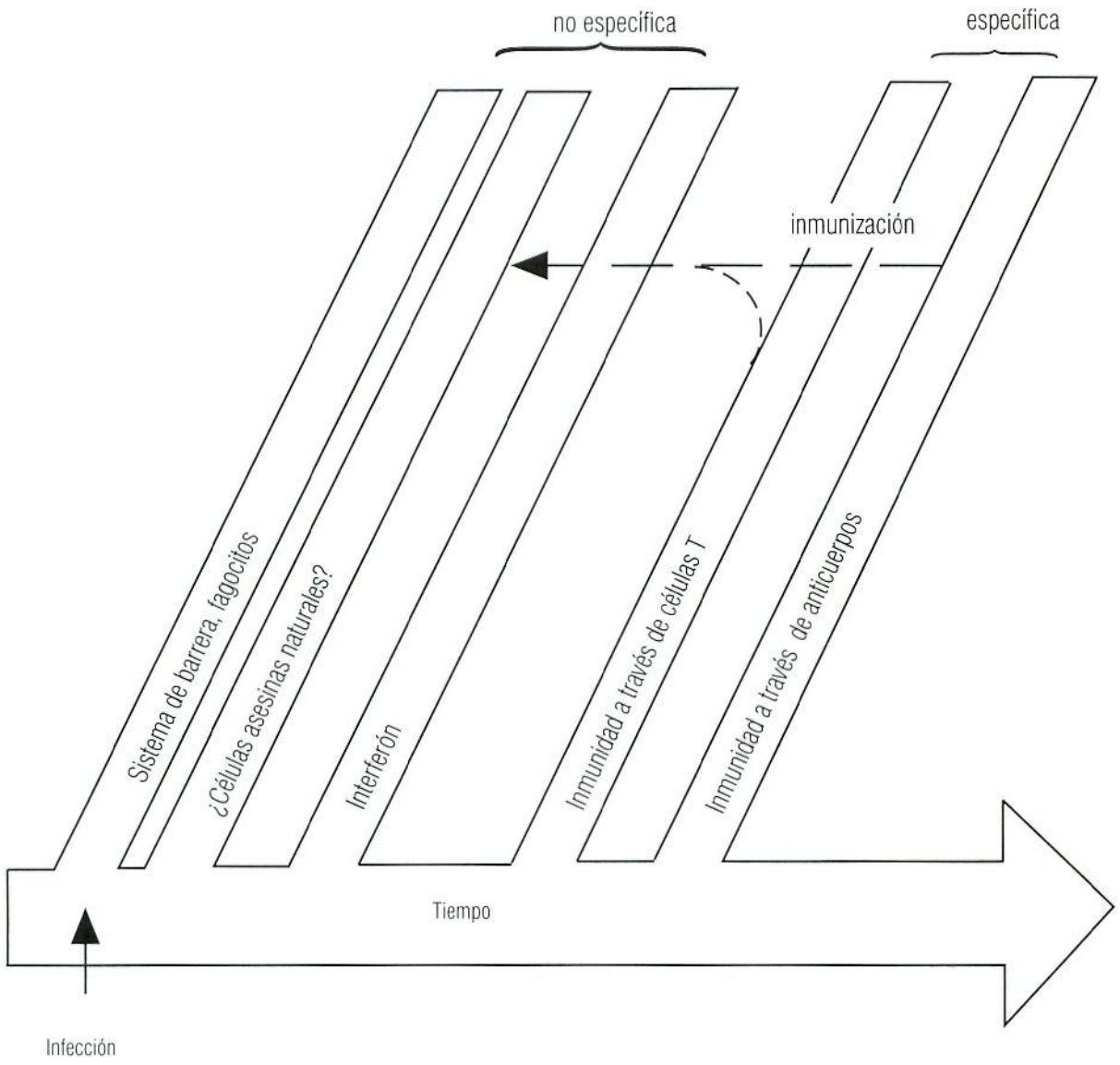


Figura 18: Evolución de una respuesta inmune antiviral.

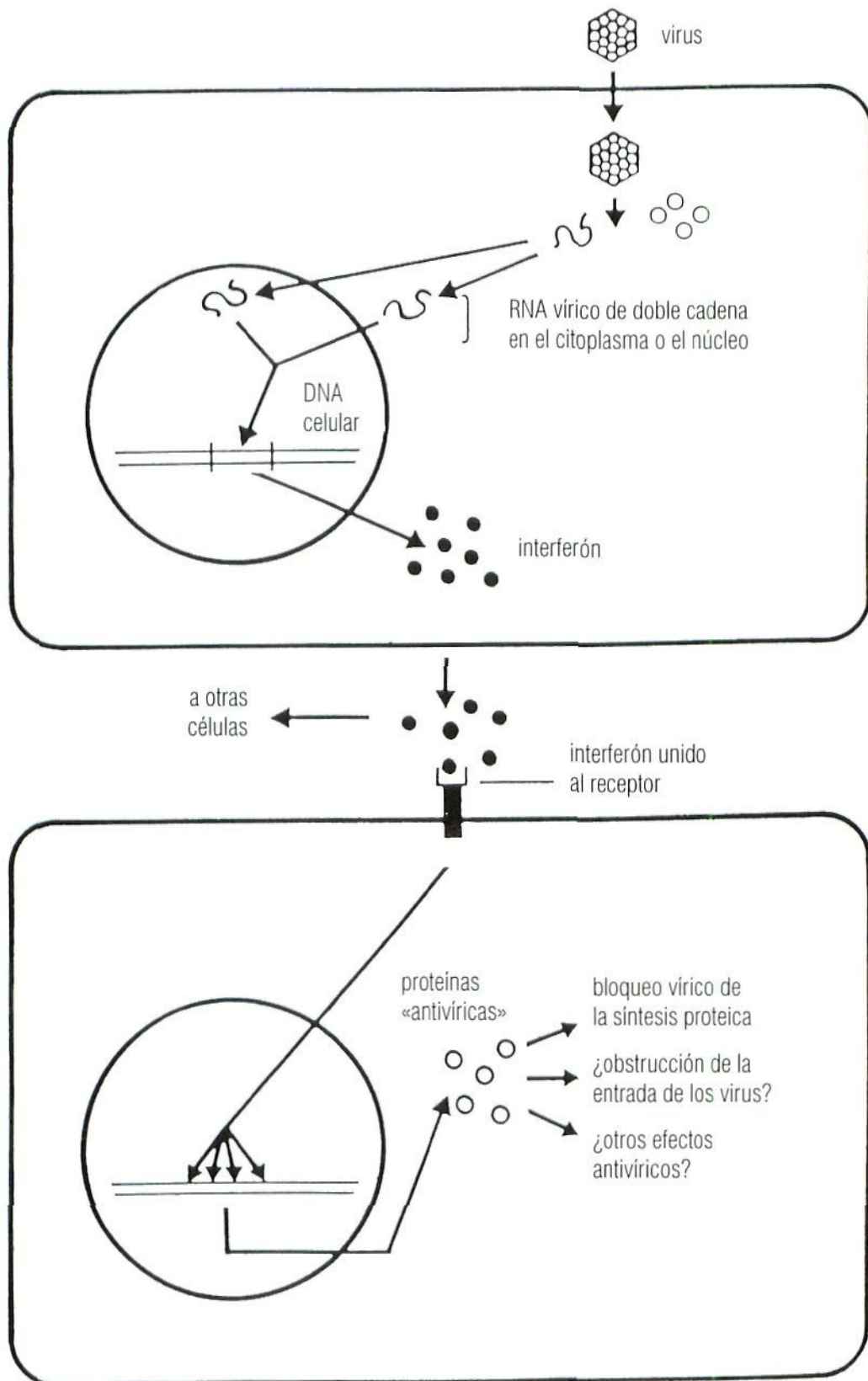


Figura 19: Aspectos conocidos de la actividad antivírica del interferón.

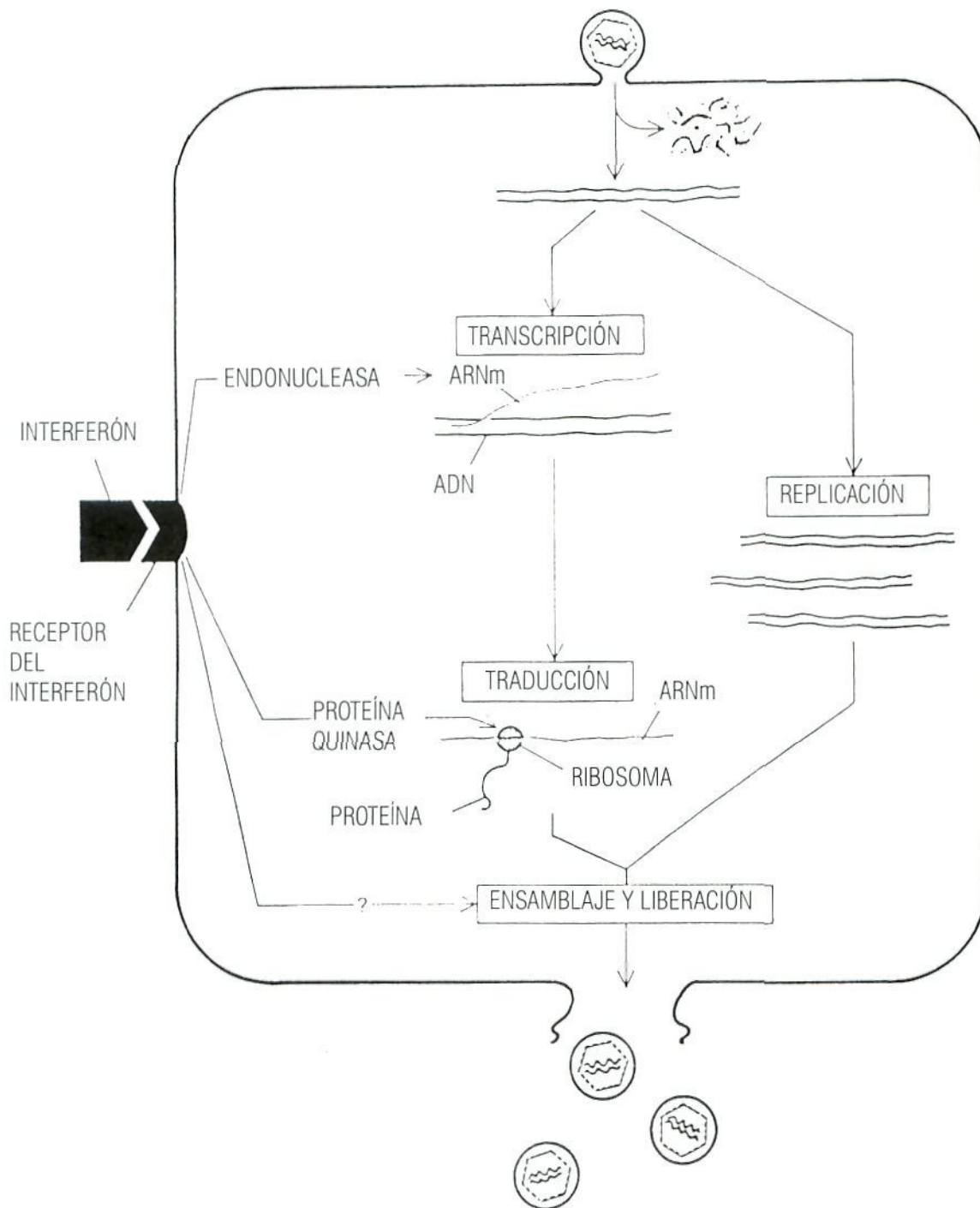


Figura 20: Interferones.

Los interferones se unen a moléculas de receptores dispuestos en la superficie de la membrana de la célula infectada (izquierda), pudiendo ejercer luego su efecto antiviral en varios puntos del ciclo de replicación del virus. Uno es la transcripción del ADN vírico, proceso mediante el cual la información genética del virus se copia en ARN mensajero (ARNm). Los interferones pueden desencadenar procesos bioquímicos que activan una endonucleasa, una enzima que degrada el ARNm vírico. Otra posible diana de los interferones es la traducción, la producción de proteínas a partir de un molde de ARNm, que tiene lugar en los orgánulos denominados ribosomas. Los interferones pueden instar a la célula a que fabriquen una proteína quinasa, que inactiva un factor que participa en la traducción. Un tercer blanco puede ser el paso final de la replicación del virus: el ensamblaje de nuevas partículas de virus a partir de nuevas proteínas y material genético replicados y la liberación de las partículas. Se ignoran los mecanismos mediante los cuales los interferones bloquean el ensamblaje y liberación del virus. (Los dibujos son obra de Thomas C. Moore).

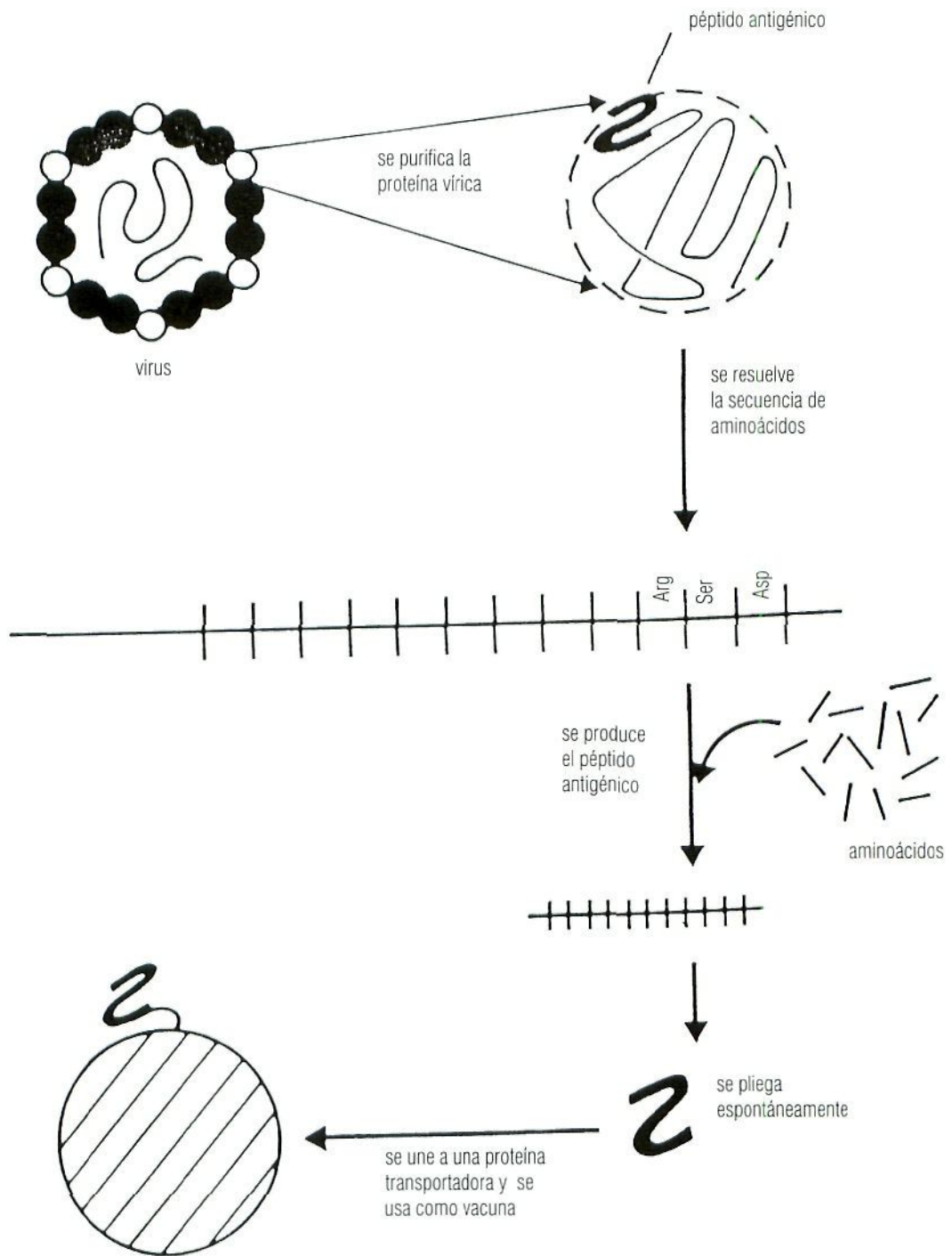


Figura 21: Producción de una vacuna peptídica.

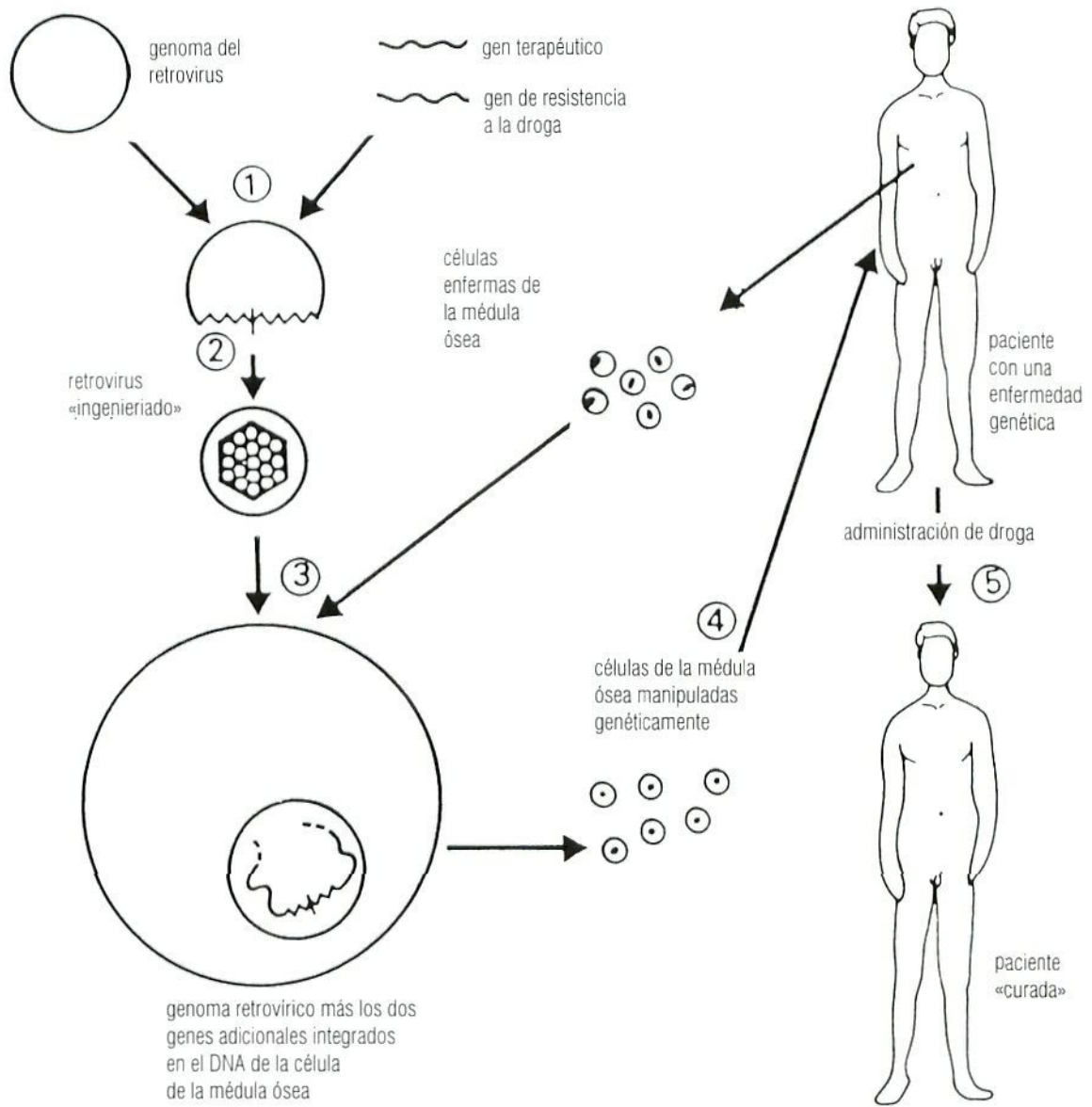


Figura 22: Retrovirus para curar enfermedades genéticas de las células sanguíneas.

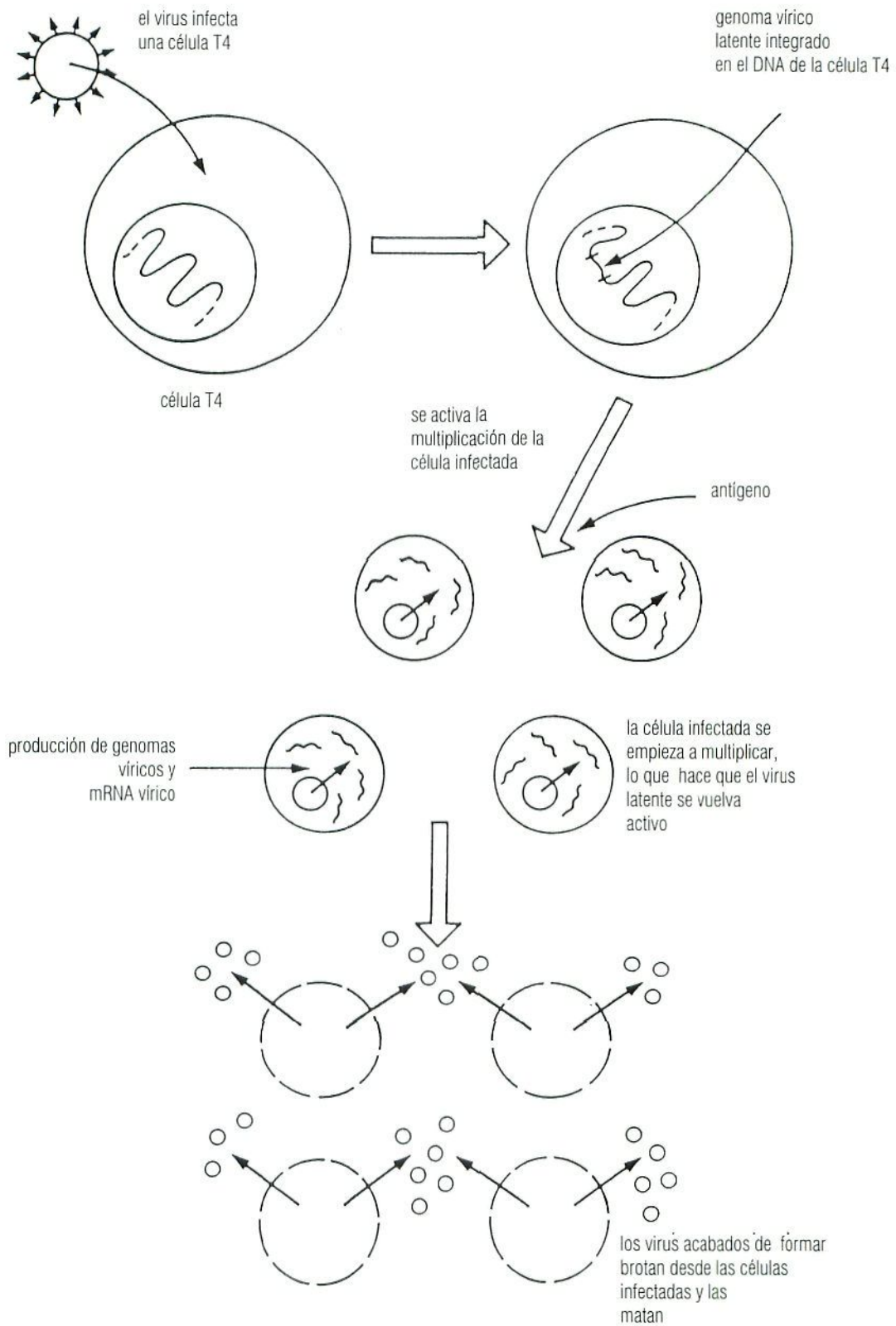


Figura 23: Aspectos clave de los efectos del virus del SIDA sobre las células T4.

Una nueva enfermedad

En junio de 1981, el Centro de Control de Enfermedades de Estados Unidos alertó a la comunidad científica de la aparición del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (sida), un nuevo tipo de enfermedad, detectada por primera vez en 1980, que afectaba principalmente a los homosexuales (7 de cada 10 infectados) y de la cual sólo se conocían los síntomas y que se transmitía por vía sexual, pero se desconocían las causas. La comisión de investigación definió el sida como un conjunto de cuadros clínicos (síndrome) caracterizados por una alteración subyacente de la inmunidad celular.

● **1982.** Alarma en EE UU por el incremento del sida: once casos semanales declarados como promedio en junio. Los expertos llegaron a la conclusión de que la sangre podía ser un medio de transmisión del sida. Los hemofílicos y aquellas personas que hubieran recibido transfusiones de sangre en los últimos tiempos se consideraron, junto con los homosexuales y drogadictos, grupos de alto riesgo.

● **4 de enero de 1983.** Un biólogo del hospital Claude-Bernard de París, Willy Rozenbaum, se puso en contacto con Luc Montagnier, del Instituto Pasteur, para que estudiara una muestra de un ganglio extraído a uno de los primeros enfermos de sida. El equipo encabezado por Luc Montagnier, Jean-Claude Chermann y François Barré-Sinoussi logró en unas semanas aislar, fotografiar y hacer una descripción completa del virus.

● **Mayo.** El Insalud reconoció oficialmente el fallecimiento en Sevilla de dos hermanos hemofílicos de 9 y 14 años, primeras víctimas españolas del sida, y un tercer enfermo en tratamiento. Con posterioridad se supo que ya había habido una víctima en 1981 y otra en 1982. Hasta la fecha se habían contabilizado 1.350 casos en todo el mundo, y entre ellos 450 fallecimientos.

El equipo de Montagnier publicó en la revista *Science* un informe sobre sus descubrimientos: el sida está causado por un retrovirus humano de un tipo nuevo, el LAV (Lymphadenopathy Associated Virus).

● **Julio.** Montagnier visitó al investigador Robert Gallo en su laboratorio de Bethesda, Maryland, EE UU, y le entregó una muestra del virus.

● **24 de abril de 1984.** La secretaria de Sanidad de Estados Unidos, Margaret Heckler, anunció públicamente que el profesor Gallo había descubierto la "causa probable" del sida: un retrovirus, bautizado HTLV-3 y obtenido a partir de varias enfermedades. En todo el mundo, más de 1.700 personas habían fallecido por esta enfermedad desde 1981.

● **Enero de 1985.** Publicación del informe comparativo de los virus descubiertos por Montagnier y Gallo: eran tan similares que parecían proceder del mismo enfermo.

● **2 de marzo.** Las autoridades sanitarias de EE UU aprobaron la comercialización de la primera prueba para detectar sida en la sangre y evitar el contagio a través de las transfusiones.

● **Abril.** En la I Conferencia Internacional sobre el Sida (Atlanta) se calculaba que el 75% de los portadores del virus eran homosexuales, y que un 5% no pertenecía a ninguno de los llamados grupos de alto riesgo.

● **Junio.** Concesión de una patente americana al equipo del doctor Gallo para la explotación comercial de un test de diagnóstico del sida. El Instituto Pasteur vio rechazada la solicitud que había cursado en 1983. Los france-

UNA NUEVA ENFERMEDAD

ses demandaron al NIH (Instituto Nacional de Sanidad) de EE UU.

● **6 de septiembre.** Decreto ley con la prohibición de importar plasma y hemoderivados que no tuviesen el certificado de control anti-sida.

● **Marzo de 1986.** Según la OMS el sida se define por la existencia de dos o más síntomas principales y uno secundario. Principales son considerados el sarcoma de Kaposi, la meningitis criptocócica, la pérdida del 10% del peso, la diarrea crónica o persistente, la fiebre intermitente o constante durante más de un mes. Como secundarios, la tos persistente más de un mes, la dermatitis pruriginosa generalizada, la candidiasis orofaríngea, la infección herpética progresiva crónica y la linfadenopatía generalizada.

● **25 de julio.** La OMS bautizó al virus causante del sida como Virus de Inmunodeficiencia Humana, VIH.

● **20 de septiembre.** EE UU aprobó y recomendó la utilización en casos de sida de la azido-timidina (AZT).

Montagnier descubrió un segundo tipo de virus procedente de África Occidental al que denominó VIH-2.

● **9 de enero de 1987.** El colegio de religiosas María Goretti de Durango, Vizcaya, decidió la expulsión del alumno israelí Pagalday, de tres años, tras enterarse de que el niño tenía anticuerpos. Fue el primer caso de discriminación infantil a causa del sida en España.

● **Febrero.** Según la OMS, 39.144 personas habían desarrollado la enfermedad. Orden ministerial de Sanidad que obliga a hacer la prueba anti-sida en todas las donaciones de sangre previamente a su distribución. Escándalo del contagio de sida a tres pacientes por transfusiones de sangre que no habían pasado el control exigido en el hospital de Bellvitge, Barcelona.

● **3 de marzo.** El Ministerio de Sanidad informó que las mujeres embarazadas afectadas por el virus podrían abortar.

● **2 de junio.** El Senado norteamericano aprobó la obligatoriedad de las pruebas del sida para los inmigrantes.

● **Junio.** La III Conferencia Internacional del Sida criticó la realización de pruebas obligatorias para detectar el sida.

● **Agosto.** Inicio de la campaña de prevención del sida en TVE con la recomendación del uso de preservativos.

● **Junio de 1988.** La IV Conferencia Internacional del Sida (Estocolmo) acordó la realización de un ensayo del AZT sobre 3.000 portadores que no habían desarrollado síntomas.

● **Octubre.** Según una encuesta de Sanidad, un 30% de los españoles siente rechazo hacia los afectados de sida.

● **31 de mayo de 1989.** Según una encuesta de Sanidad, un 36% del personal sanitario creía que los enfermos de sida deberían ser aislados para evitar el contagio y un 68,5% afirmaba que debía "primar el derecho a la libertad del individuo antes que la asistencia al enfermo".

● **6 de junio.** La V Conferencia Internacional sobre el Sida (Montreal) estimaba en 480.000 el número real de enfermos en todo el mundo.

● **Julio.** Según el Instituto Nacional del Cáncer de EE UU, la droga experimental didanosina (DDI) resultó eficaz para controlar el VIH al reducir el proceso de reproducción del microorganismo en el primer ensayo efectuado con humanos.

● **21 de noviembre.** La Audiencia de Barcelona condenó a los responsables de transfusiones de sangre contaminada del hospital de Bellvitge y al Instituto Catalán de la Salud a indemnizar a los infectados.

UNA NUEVA ENFERMEDAD

● **1 de diciembre.** Inicio de la campaña del Ministerio de Sanidad para frenar el rechazo social a los afectados de sida. En anuncios de prensa y radio invitaron a las personas expuestas a prácticas de riesgo que se realizaran las pruebas de sida. Hasta la fecha habían fallecido en España 1.458 personas de los 3.894 casos declarados desde 1981.

● **25 de abril de 1990.** Los investigadores del centro médico de Albany anunciaron que habían conseguido una prueba capaz de detectar el virus del sida casi al inicio de la infección.

● **5-8 de marzo de 1991.** Celebración en Madrid del I Congreso Nacional sobre el Sida.

● **Junio.** El informe de los expertos asistentes a la VII Conferencia Internacional sobre el Sida aseguró que África tendrá, en 1995, 10 millones de infectados por el virus del sida. Valoración positiva de los tratamientos que combinan AZT y DDI.

● **20 de octubre.** El *Chicago Tribune* filtró que las investigaciones del Departamento de Salud de EE UU sugerían que el virus aislado por el francés Luc Montagnier había sido el único utilizado por el equipo norteamericano de Robert Gallo.

● **29 de noviembre.** Según portavoces del Plan Nacional del Sida y de la Secretaría de Salud Pública, España era el segundo país de Europa con 73 casos de sida por millón de habitantes.

● **Febrero de 1992.** Según la OMS, en los ocho meses anteriores se habían producido un millón de nuevos contagios declarados de VIH, 90% de ellos a través de relaciones heterosexuales.

● **Junio.** La CE recomienda la comercialización del DDI.

● **19-24 de julio.** La VIII Conferencia Internacional se celebró en Amsterdam porque EE UU no permitía la entrada de seropositivos. Declaración de Derechos de los Enfermos de Sida.

● **23 de octubre.** El doctor Michel Garreta, ex director del Centre National de la Transfusion Sanguine (CNTS), condenado a cuatro años de cárcel por permitir la distribución consciente de productos sanguíneos contaminados con el sida entre los hemofílicos en Francia que provocó el contagio de 1.500, 250 de los cuales habían ya fallecido.

● **Noviembre.** Según la OMS, el número de infectados por el VIH era de 12 millones, la mayor parte de ellos, en África.

● **Enero de 1993.** Según el Ministerio de Sanidad, en España, 17.029 enfermos de sida han desarrollado la enfermedad y hay 150.000 portadores. Es el país europeo con mayor incidencia de sida y en los últimos años se ha incrementado el número de mujeres infectadas, hasta el 17,6%, así como también aumentó el contagio heterosexual. El 64% de los infectados son usuarios de droga por vía parenteral. Desde 1981 han fallecido 6.910 enfermos de sida, más del 80% de ellos hombres. En cuanto a los hemofílicos, los casos son 1.147, de los cuales han fallecido 416.

● **1 de enero.** El Gobierno francés exigió que EE UU reconociera la primacía francesa en el descubrimiento del sida y renegociara el acuerdo de 1987 sobre los *royalties* del análisis del sida, ya que el Departamento de Salud norteamericano había declarado a Robert Gallo "culpable de engaño deliberado y mala conducta científica" por haber utilizado en su trabajo el virus aislado por Montagnier.

● **5 de marzo.** En la clausura del II Congreso Nacional del Sida (Bilbao) el doctor Ronald Desrosiers, de la Harvard Medical School de EE UU, anunció que una vacuna preventiva contra el VIH, obtenida a partir de la atenuación del virus, se probará en humanos en 1994.

PREGUNTAS BÁSICAS

¿Qué es el sida? El síndrome de inmunodeficiencia adquirida.

¿Qué causa el sida? El denominado virus de inmunodeficiencia humana (VIH).

¿Cómo actúa el VIH? Parasitando y destruyendo los linfocitos o células blancas de la sangre, que son las que tienen la misión de proteger al organismo humano de microorganismos procedentes tanto del exterior (bacterias, virus, protozoos, parásitos, etcétera) como del propio organismo (células tumorales). Cuando el VIH afecta a un número importante de células linfocitarias, se produce la inmunodeficiencia.

¿Cómo se transmite el virus causante del sida? Siempre que a nuestro torrente sanguíneo llegue sangre, semen o flujo vaginal que contenga VIH, corremos el riesgo de infectarnos.

¿Cuáles son las prácticas con riesgo? Compartir jeringuillas, las penetraciones vaginales o anales sin condón, ingerir o retener en la boca semen o flujo vaginal y tener hijos si se es portadora del VIH.

¿Cuáles son las medidas de prevención? A falta de una vacuna, hoy por hoy, las únicas formas de prevenir la transmisión del VIH son no compartir jeringuillas, usar el condón en las penetraciones vaginales o anales, evitar ingerir o tener en la boca semen o flujo vaginal y evitar el embarazo si se es portadora del VIH.

¿Qué diferencia hay entre un portador del virus y un enfermo de sida? Partiendo de la base de que ambos son portadores del virus, la que se conoce como portadora del virus es la persona que, estando infectada por el mismo, no presenta ningún síntoma de enfermedad, es decir, que no padece inmunodeficiencia o que conserva el sistema de defensas en un estado óptimo para defenderse de otras infecciones o enfermedades. Una persona es enferma de sida cuando su sistema inmune o sistema de defensas está deficiente o deteriorado y a causa de ello no puede hacer frente a otras enfermedades que le sobrevienen, también llamadas enfermedades oportunistas.

¿Cómo puedo saber si soy portador / a del VIH? Si se han mantenido prácticas con riesgo, pidiendo a un médico que nos hagan la prueba del sida.

¿En qué consiste la prueba del sida? En una extracción de sangre, parte de la cual es sometida a unos reactivos especiales para detectar la presencia de anticuerpos frente al VIH.

¿Cuándo debo hacerme la prueba del sida? Cuando hayan pasado tres meses desde la última práctica con riesgo, ya que la prueba del sida lo que detecta es la presencia de anticuerpos frente al VIH y no la del propio virus, y este periodo de tres meses —también denominado *período ventana*— es el tiempo máximo que se estima que puede tardar nuestro organismo en generar dichos anticuerpos si hay presencia de virus.

¿Cómo puedo ayudar a la lucha contra el sida? Poniendo en práctica las medidas de prevención y difundiendo a los demás, respetando los derechos de las personas afectadas y apoyando la labor que llevan a cabo las organizaciones ciudadanas que trabajan para conseguir que desaparezcan los problemas extrahospitalarios que acarrea esta enfermedad.

Blas Mompradé López es director del Comité Ciudadano Anti-Sida de Madrid.

**FECHAS, HECHOS E INVESTIGADORES IMPORTANTES
EN LOS INICIOS DE LA VIROLOGIA**

- | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1789. | Desarrollo de la vacuna de la viruela: Jenner. |
| 1885. | Desarrollo de la vacuna de la rabia: Pasteur. |
| 1892. | El virus del mosaico del tabaco (VMT) atraviesa filtros de porcelana: Ivanovski. |
| 1897. | Comprobación de la existencia del VMT, virus filtrable, molécula pequeña: Beijerinck. |
| 1897. | Descubrimiento de la naturaleza del agente de la fiebre aftosa (glosopeda): Loeffler y Frosch. |
| 1901. | Descubrimiento de la naturaleza del agente de la fiebre amarilla: Reed. |
| 1915. | Descubrimiento de los bacteriófagos: Twort. |
| 1917. | Redescubrimiento de los bacteriófagos: D'Herelle. |
| 1935. | Cristalización del VMT (partículas muertas): W. Stantey. |
| 1937. | Naturaleza nucleoprotéica del VMT: Bawden y Pirie. |
| 1955. | Cristalización del virus de la poliomielitis, primer virus animal cristalizado: Schewerat y Schaffer. |
| 1955/57. | Reconstrucción de un virus infeccioso en el laboratorio: Fraenkel-Conrat, Williams y Singer. |

Figura 25. Fechas, hechos e investigaciones importantes de los inicios de la virología. (Transparencia).

- ASIMOV, I. *Introducción a la Ciencia: Ciencias Biológicas*. Barcelona. Orbis. 1986.
- BELL, R. «El caso Gallo: las trampas de la administración norteamericana». *Mundo Científico*. nº 133 (marzo 1993), pp. 278-286.
- BERKALOFF, A. *et al. Biología y fisiología celular*. vol. II. Barcelona. Omega. 1984.
- CABEZAS, J. A. y HAUNOUN, C. «La gripe y sus virus». *Investigación y Ciencia*. 160 (enero 1990). pp. 50-62.
- DIENER, T. O. «Viroides». *Investigación y Ciencia*. 54 (marzo 1981). pp. 18-26.
- GALLO, R. C. «El virus del SIDA». *Investigación y Ciencia*. 126 (marzo 1987). pp. 30-41.
- HIRSCH, M. S. y KAPLAN, J. C. «Terapia antivirica». *Investigación y Ciencia*. 129 (junio 1987). pp. 50-62.
- HORNE, R. W. *Estructura y función de los virus*. Barcelona. Omega, 1979.
- LAPIERRE, D. *Más grandes que el amor*. Barcelona. Planeta/Seix Barral. 1990.
- MILLS, J. y MASUR, H. «Infecciones asociadas con el SIDA». *Investigación y Ciencia*. 169 (octubre 1990), pp 26-34.
- NÁJERA, R. *Sida: de la biomedicina a la sociedad*. Madrid. Eudema. 1990.
- NOVICK, R. P. «Plásmidos». *Investigación y Ciencia*. 53 (febrero 1981). pp. 46-59.
- PENNINGTON, T. H. y RITCHIE, D. A. *Virología molecular*. Barcelona. Omega. 1979.
- PRIMROSE, S. B. *Introducción a la virología moderna*. Madrid. H. Blume. 1974.
- PRUSINER, S. B. «Priones». *Investigación y Ciencia*. 99 (diciembre 1984). pp. 22-32.
- SCOTT, A. *Piratas de la célula*. Barcelona. Labor. 1990.
- TEMIN, H. «El origen de los retrovirus». *Mundo Científico*. 35 (abril 1984). pp. 408-418.
- USABIAGA, C. *et al. Científicos en el aula*. Apuntes IEPS. Madrid. Narcea. 1982.
- VARIOS. «La década del sida». *El País*. 270 (II marzo 1993). Suplemento «Temas de nuestra época».
- VARIOS. «Lo que la ciencia sabe sobre el sida». *Investigación y Ciencia*. 147. (diciembre 1988). número monográfico.

Nota:

Contenidos sobre «formas acelulares» y concretamente virus, se pueden encontrar también en los textos de genética, bioquímica y microbiología citados en la bibliografía general comentada.

Bibliografía y recursos

- AGUIRRE DE CÁRCER, I. *Los adolescentes y el aprendizaje de las ciencias*. Madrid. Estudios de Educación. MEC. 1985.
- APARICIO, J: J. «La psicología del aprendizaje y los modelos de diseño de enseñanza: la teoría de la elaboración». *Tarbiya*. Revista del ICE de la UAM. 1-2 (julio-noviembre 1992). pp. 19-44.
- ARDEVOL GONZÁLEZ, J. F. «Construcción de modelos en Biología de COU: Genética molecular». *Nueva revista de Enseñanzas Medias*. MEC. 2 (1983). pp. 65-75.
- AUSUBEL, D; NOVAK, J; HANESIAN, H. *Psicología educativa*. Mexico. Trillas. 1983.
- BERKALOFF, A. *et al. Biología y fisiología celular*. I, II, III y IV. Barcelona. Omega. 1984.
- BIOLOGÍA NUFFIELD. Barcelona. Omega. 1992.
- CAAMAÑO, A. «Tendencias actuales en el currículo de ciencias». *Enseñanza de las ciencias*. 6 (3) (noviembre 1988). pp. 265-277.
- COLL, C. *Psicología y Currículum*. Barcelona. Laia. 1987. Paidós. 1991.
- DRIVER, R. «Beyond processes». *Studies in Science Education*. 14 (1987). pp. 33-62.
- FRIED, G. H. *Biología*. Mexico. McGraw-Hill. 1990.
- HARRE, R. *Grandes experimentos científicos*. Barcelona. Labor. 1986.
- KLAUSMEIER, H. J. «Instructional design and the teaching of concepts», en LEVIN, J. & ALLEN, V. *Cognitive learning in children: Theories and strategies*. New York. Academic Press. 1976.
- NOVAK, J. D. *Teoría y práctica de la educación*. Madrid. Alianza Editorial. 1982.
- SAUNDERS, A. *Etudes des Programmes Europeens: Biologie*. Strasbourg. Conseil de l'Europe. 1972.
- SHAYER, M; ADEY, P. *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid. Narcea. 1984.
- STRYER, L. *Bioquímica*. Barcelona. Reverté. 1985.
- USABIAGA, C. *et al. Científicos en el aula*. Apuntes IEPS. Madrid. Narcea. 1982.

Bibliografía
citada
en el texto

Bibliografía comentada

Además de los textos citados en las demás reseñas bibliográficas, se consideran de interés los siguientes:

- ▣ AYALA, F. J. y KIGER, Jr. I. A. *Genética moderna*. Barcelona. Omega. 1984.

Texto que no es muy usado, pero que destaca por su claridad y enfoque evolutivo que se plasma en el tercio final del libro y que es de esperar en función de la especialidad del primer autor.

Los títulos de los grandes capítulos dan idea del enfoque y organización de sus contenidos: «Organización y replicación del material genético»; «Expresión del material genético»; «Evolución del material genético».

El amplio glosario final no es nada desdeñable. Incluye un apéndice sobre probabilidad y estadística.

- ▣ BLANCO, J. y BULLÓN, M. *Cuadernos de genética*. Madrid. Marban. 1987.

Este libro, que en la edición que se comenta está encuadernado simplemente con una espiral, es un excelente material de base para todos los temas de genética de este nivel. Su esquematización y claridad (tanto de textos como de dibujos) le hacen idóneo para su inmediata aplicación en el aula.

Además de los temas de genética «clásica», se hace un repaso a las anomalías genéticas humanas y cierra con un capítulo sobre «Genética médica y enfermedad».

- ▣ BOHINSKI, R. C. *Bioquímica*, 5ª edición. Delaware (USA). Addison-Wesley Iberoamericana. 1991.

Junto a la clásica bioquímica de Albert L. Lehninger (que también se recomienda), consideramos que este texto aporta una visión clara, concisa y actualizada del tema. Tras el estudio de la organización celular y un capítulo sobre «enlaces no covalentes y amortiguadores del pH», se revisan ordenadamente los principios inmediatos y su metabolismo.

Hay que destacar las explicaciones de los principales métodos de laboratorio y las referencias a las aplicaciones clínicas y médicas. Los esquemas a dos tintas son claros. Existen numerosas referencias a las formas acelulares.

- ▣ INVESTIGACIÓN Y CIENCIA. *Inmunología*. Barcelona. Labor. 1983.

Aunque en algunos casos muy concretos este texto, ya clásico, está algo anticuado, no por ello deja de ser un material básico para los contenidos sobre inmunidad. Una simple enumeración de los grandes bloques deja bien claro su valor:

a) Inmunidad del organismo normal:

- Anticuerpos y receptores.
- Inmunidad mediatizada por células.
- Aspectos no específicos de la inmunidad.

b) Inmunidad y medicina:

- Manifestaciones de inmunodeficiencia.
- Trasplantes.
- Inmunidad y patología.
- Autoinmunidad.

Como siempre en Investigación y Ciencia, la esquematización de técnicas y experimentos es excelente.

❑ INVESTIGACIÓN Y CIENCIA. *Las moléculas de la vida*. Monográfico nº 111 Barcelona. Labor. 1985.

Este monográfico de Investigación y Ciencia pasa revista a los principios inmediatos (ADN, ARN, proteínas y glúcidos), tanto aisladamente como en acción (moléculas del sistema inmunitario) o en su papel formador de estructuras (moléculas de la membrana o de la matriz celular).

Hay que destacar los artículos que abren y cierran el número, por su claridad y globalización: «Moléculas de la vida» y «Base molecular de la evolución».

❑ KANZ, J. y SATTELLE, D. B. *Bioteología para todos*. Hobsons Scientific. 1991.

Este texto, con formato de revista gráfica, realiza una revisión básica divulgativa sobre los distintos temas que pueden englobarse bajo el título. Desde la fabricación del pan, vino o cerveza y la obtención de insulina o penicilina hasta los microbios como alimentos pasando por la obtención de anticuerpos monoclonales o el tratamiento del cáncer; se tratan a doble página temas de actualidad e inmediata aplicación en el aula. Excelentes esquemas.

❑ FRIED, G. H. *Biología*. Mexico. McGraw Hill. 1990.

De entre todas las Biologías generales (cuyo número de páginas es cada vez mayor), consideramos que este texto aúna a la amplitud de temas que trata y su actualización, la esquematización y claridad.

Especialmente interesantes son los diversos problemas o cuestiones amplias comentadas que cierran cada capítulo, a las que se añaden otras complementarias de tipo «prueba objetiva».

Incluye un capítulo inicial de contenidos transversales sobre la «Estructura básica de la ciencia».

❑ MOLINERO, F. *Trasplantes. Entre la realidad y la esperanza*. Colección temas clave. nº 21. Barcelona. Salvat. 1981.

Siguiendo el modelo de esta conocida colección, de ocupar una doble página por contenido, se pasa revista esquemática a toda la problemática sobre los trasplantes: desde su historia al futuro, junto con casos concretos y la problemática médica, ética y legal. Incluye la ley española sobre trasplantes.

❑ MUÑIZ, E. y FERNÁNDEZ, B. *Fundamentos de biología celular*. Madrid. Síntesis. 1989.

Muchos son los textos sobre citología o que tratan sobre la célula (por ejemplo los que se citan de bioquímica), pero ninguno tan esquemático y claro (manteniendo su nivel universitario) como este pequeño libro. En él, tras una interesante introducción histórica que reivindica la figura de Cajal en el desarrollo de la citología, se pasan revista a todas las estructuras y orgánulos celulares.

Las ilustraciones, fácilmente reproducibles por su sencillez, son muy útiles para su presentación en el aula.

❑ ROLAND, J. C. y SZOLLOSI, A. y D. *Atlas de biología celular*. Barcelona. Toray-Masson. 1976.

Imprescindible texto que presenta una selección de imágenes de orgánulos, estructuras celulares y virus al microscopio electrónico, en las que se señalan las partes más importantes. En ocasiones, dibujos a línea aclaran distintos aspectos o ejemplifican reacciones.

Hay que destacar el apéndice sobre métodos de estudio celulares.

❑ SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN. *Facetas de la genética*. Madrid. Blume. 1978.

A pesar de su relativa antigüedad, esta recopilación de artículos de la revista *Scientific American* es fundamental de cara a su aplicación en el aula. Las introducciones a los distintos capítulos aportan una visión clara que puede ser utilizada a modo de epítome de muchos contenidos del temario.

Los temas generales de que trata son: el material genético, la naturaleza del gen, del gen al organismo, genética y evolución, la genética del hombre, aplicaciones de la genética y las fronteras de la genética.

☞ STANIER, R. Y. *et al. Microbiología*. 2ª edición. Barcelona. Reverté. 1991.

Este texto equilibra las descripciones morfológicas y la taxonomía de los grandes grupos (incluidos ampliamente los virus) con los procesos metabólicos, la genética, la ecología y la patología, del conjunto heterogéneo de seres que son el campo de acción de la microbiología clásica.

Hay que destacar los capítulos sobre métodos en microbiología, el sistema inmunitario y el aprovechamiento de los microorganismos y sobre todo el primer capítulo de introducción histórica.

☞ STRYER, L. *Bioquímica*. Barcelona. Reverté. 1985.

Esta bioquímica de alto nivel es un complemento a la citada de Bohinski, a la que aporta un enfoque metabólico con el análisis concreto y detallado de procesos. Excelentes dibujos y esquemas a todo color. Interesante capítulo sobre los virus a nivel molecular.

☞ WATSON, J. D. *et al. ADN recombinante. Introducción a la ingeniería genética*. Barcelona. Labor. 1986.

Este texto, con formato en sus dieciocho capítulos de revista Investigación y Ciencia, permite una actualización a un alto nivel general sobre estos temas.

El análisis de numerosos casos concretos o la descripción de técnicas puede ser útil de cara a la extracción de contenidos para adecuar al nivel final de la Secundaria.

Videos

Videocassettes que, en secuencias o en su totalidad, son útiles en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

☞ DISTRIBUCIONES ÁNCORA AUDIOVISUAL

- The Open University:
 - ADN: la escuela de la vida.
 - Genes que saltan.
 - Más allá de la doble hélice.
 - Modelos de herencia.
- Enciclopedia Británica:
 - Bacterias.
 - Biología celular.
 - Biología genética.
 - Biología molecular.
 - Clasificando microorganismos.
 - Difusión y ósmosis.

- Estudio de las células.
- Introducción a la célula viva.
- La célula viva: ADN.

☐ BIOVÍDEO (BBC)

- La evidencia de la evolución.
- Fotosíntesis.
- Reproducción sexual de los animales.

☐ METROVÍDEO

- Los trasplantes.

☐ SCHOLA VIDEO

- Enciclopedia Británica:
 - Clorofila, dióxido de carbono y producción de oxígeno.
 - Luz y formación de almidón.
 - Luz y producción de oxígeno.

☐ SERVEIS DE CULTURA POPULAR

- ADN y ARN en la síntesis de proteínas.
- Estructura de las proteínas y de los ácidos nucleicos.
- Fotosíntesis: una profundización.
- Ingeniería genética.
- Los hongos y el hombre.
- Métodos de tecnología genética.
- Observación de células al microscopio electrónico.
- Observación de cromosomas humanos a partir de sangre.
- Protistas: protozoos y algas.
- Separación de los organismos de una célula.

☐ MARE NOSTRUM

- La respiración celular:
 - La célula y la energía.
 - Glucólisis I y II.
 - El ciclo de Krebs.
 - Fosforilación oxidativa.
 - Metabolismo y nutrición.

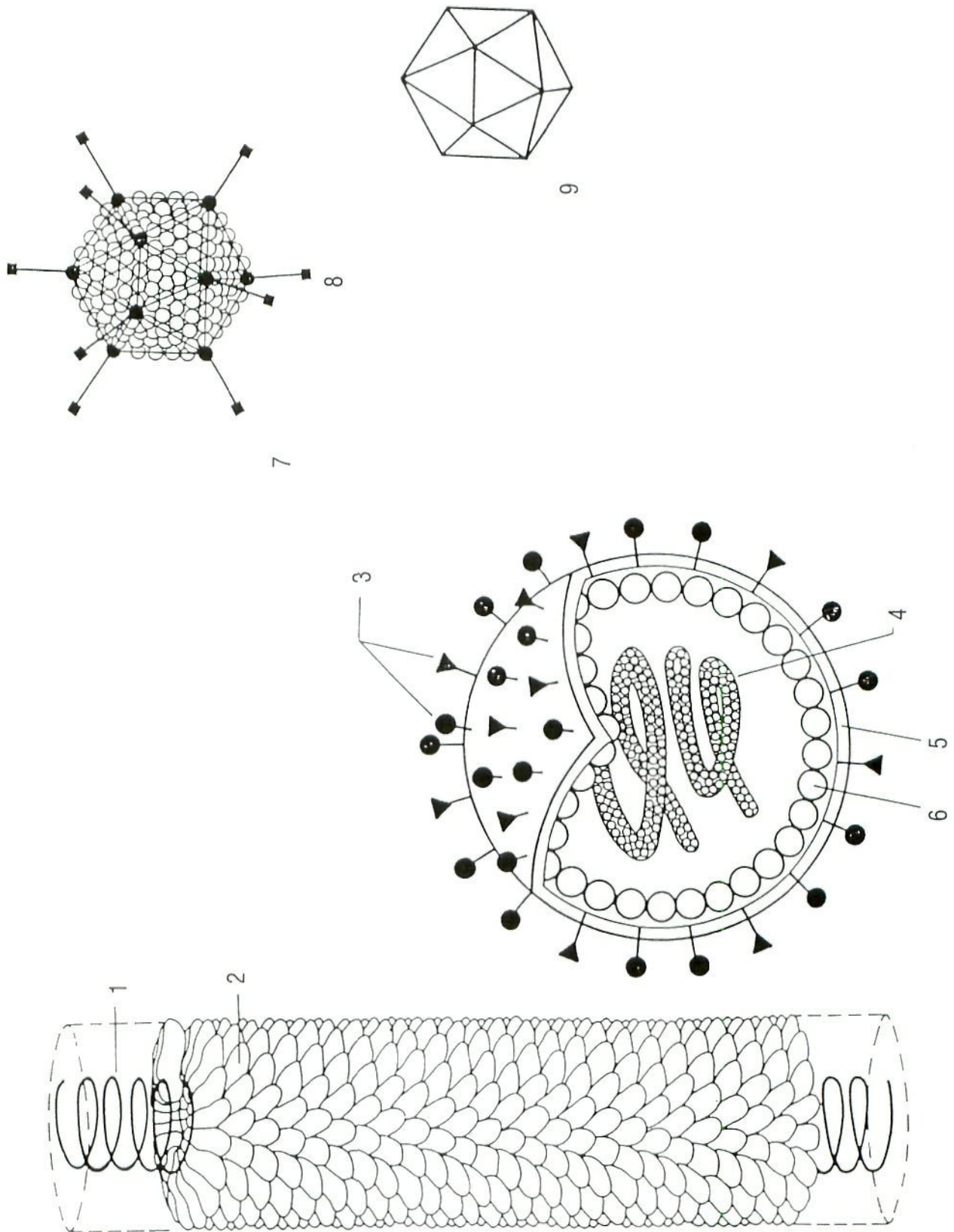
Anexos

Anexo 1

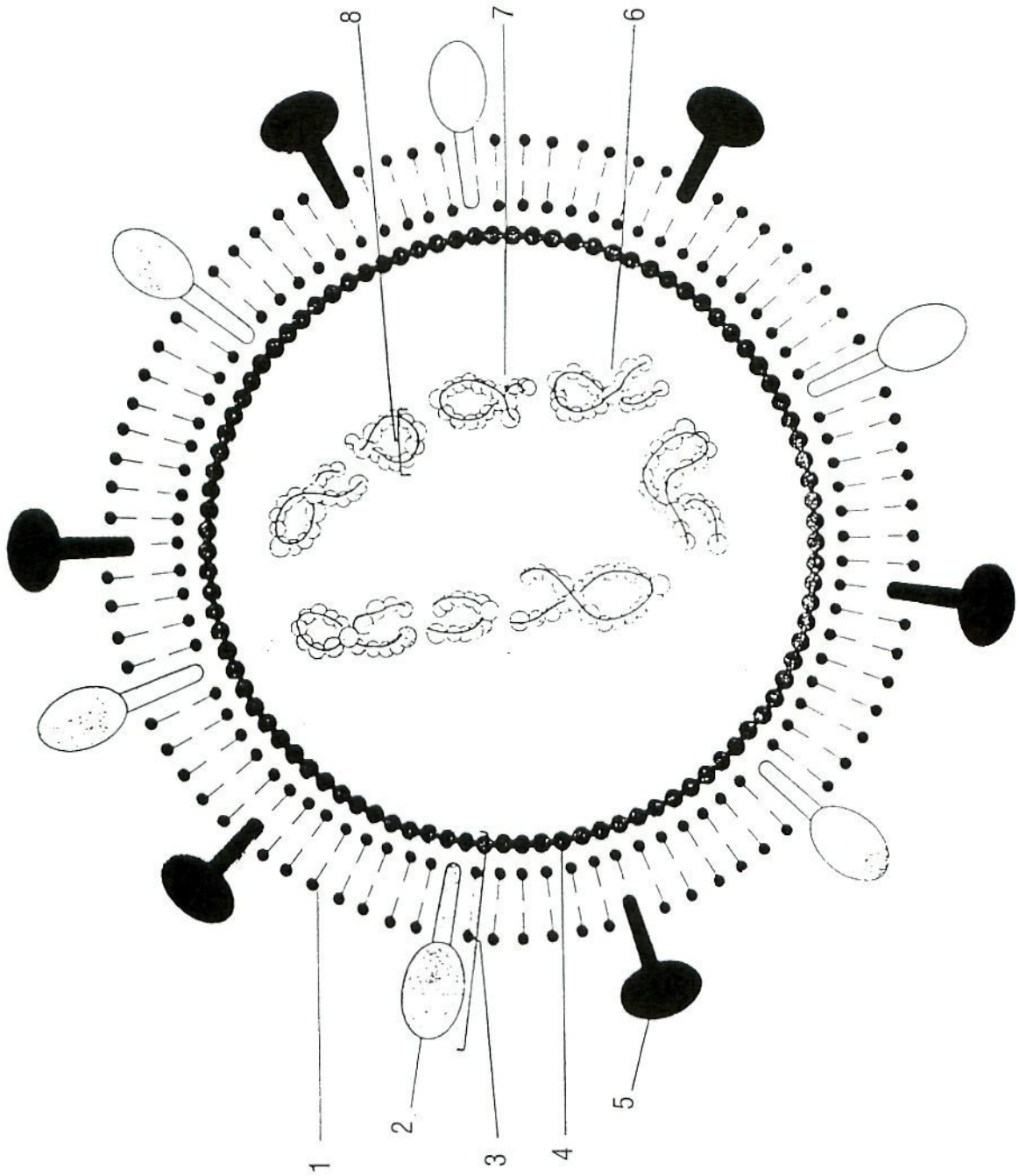
ESQUEMAS MUDOS PARA LA ELABORACIÓN DE TRANSPARENCIAS Y PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS A PARTIR DE IMÁGENES

- *Esquema 1.* Tomado de las *Figuras 3 y 4.*
- *Esquema 2.* Corresponde a la *Figura 5.*
- *Esquema 3.* Corresponde a la *Figura 6.*
- *Esquema 4.* Corresponde a las *Figuras 7 y 12.*
- *Esquema 5.* Corresponde a la *Figura 10.*
- *Esquema 6.* Corresponde a la *Figura 13.*

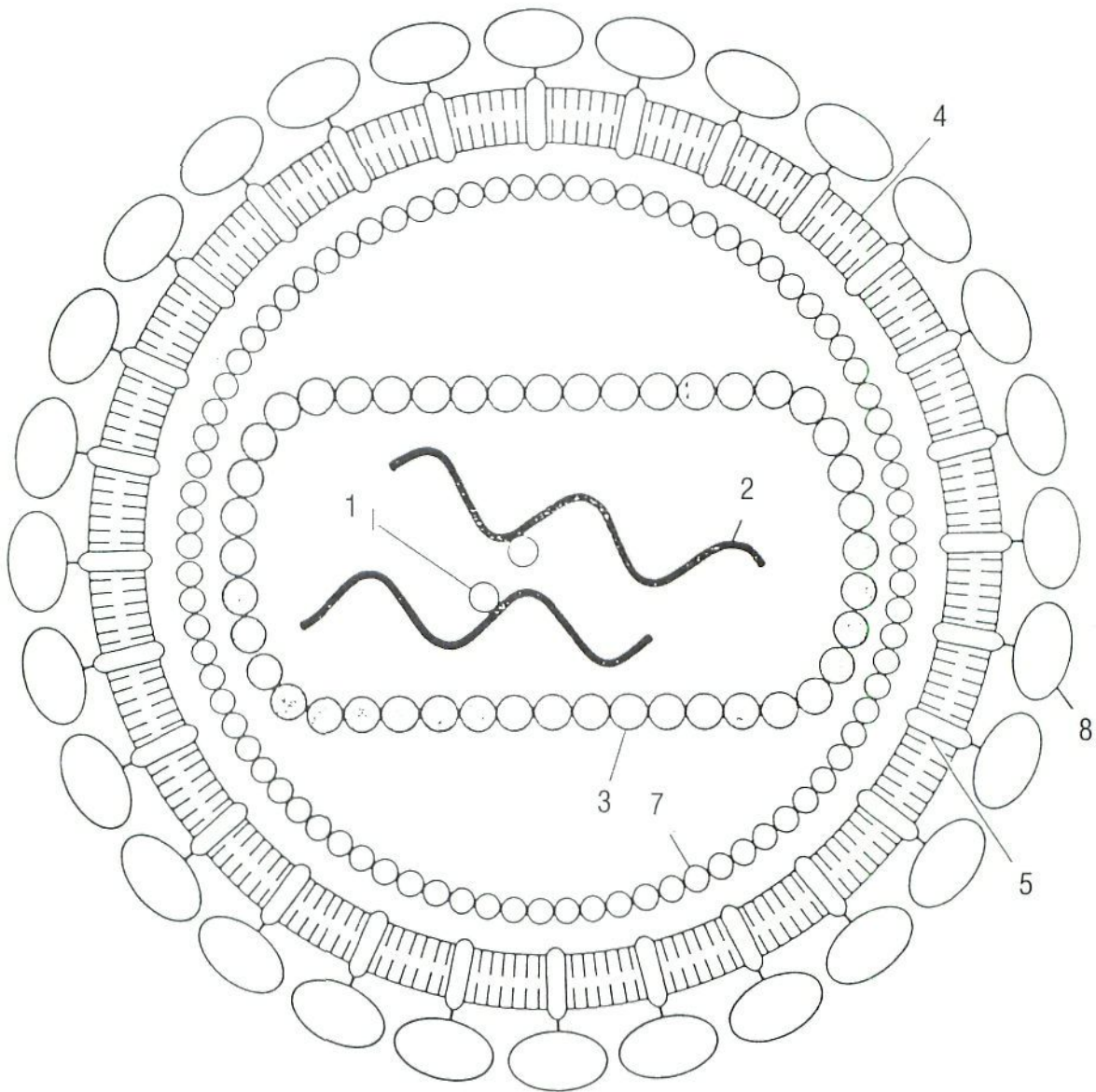
(Ver originales en el apartado «Elementos de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje»).



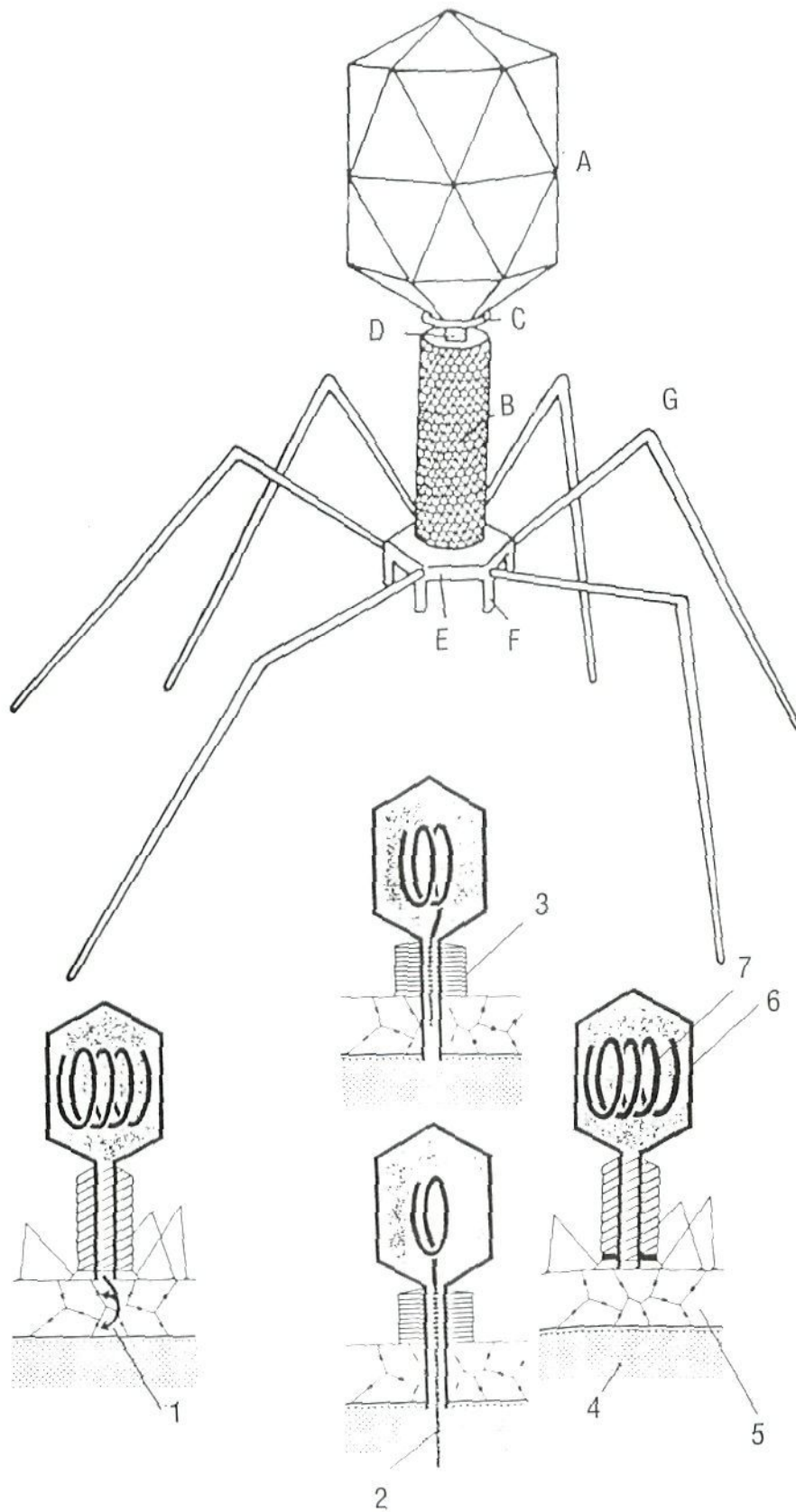
ESQUEMA 1



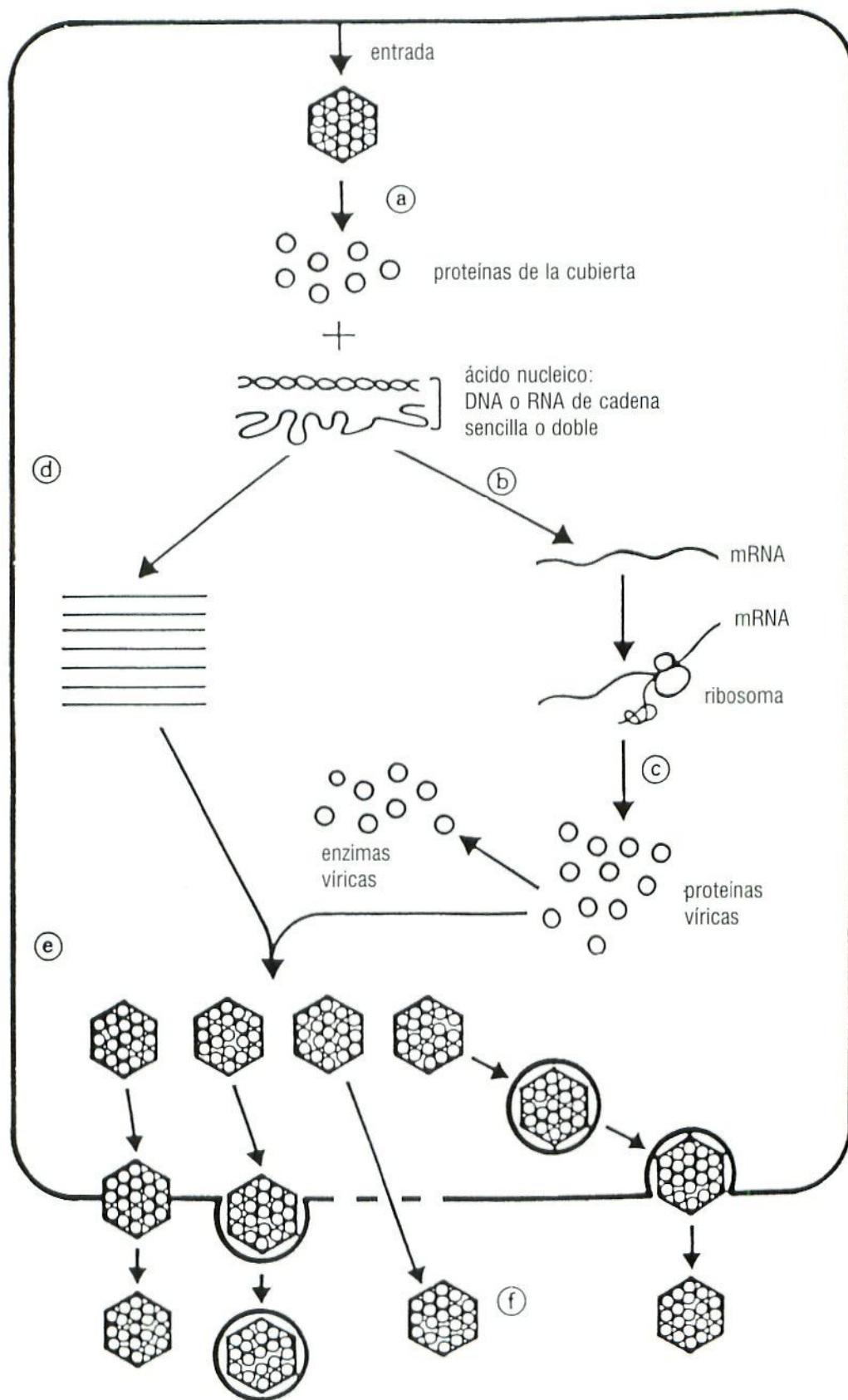
ESQUEMA 2



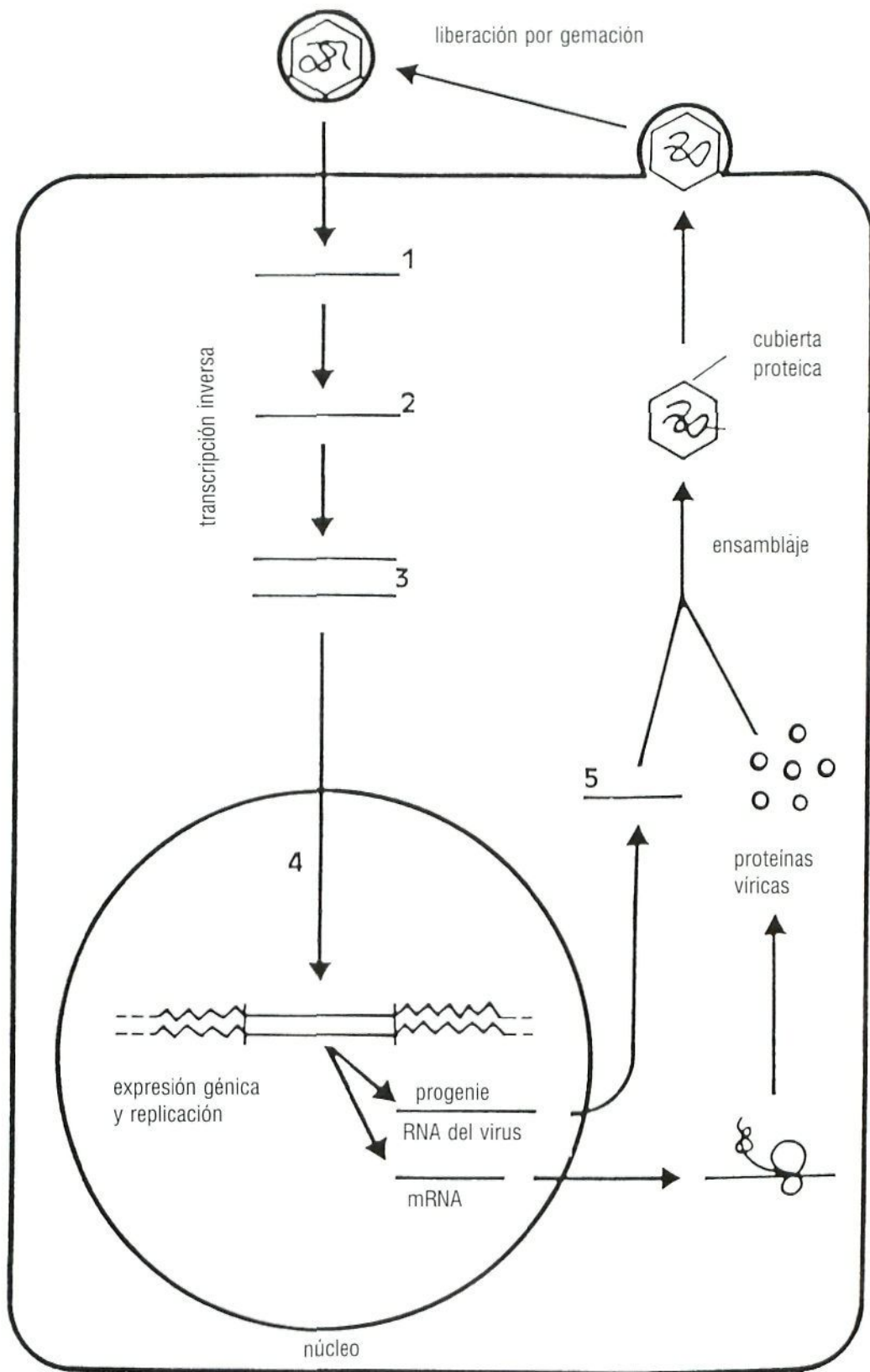
ESQUEMA 3



ESQUEMA 4



ESQUEMA 5



ESQUEMA 6

Anexo 2: Currículo oficial(*)

Introducción

El conocimiento de la naturaleza de la vida ha progresado en las últimas décadas de forma muy acelerada y en la biología actual las fronteras de la investigación se han ido desplazando. Del conocimiento de los seres vivos completos (cómo viven, dónde se encuentran, cómo se relacionan y cómo se reproducen) se ha pasado a la comprensión de los niveles celulares y moleculares, intentando interpretar las características de los fenómenos vitales en términos de las sustancias que los componen. De ahí el desarrollo de las nuevas ramas: biología y fisiología celular, bioquímica, genética molecular, etcétera, que utilizan, a su vez, nuevas técnicas de investigación microscópicas, ultramicroscópicas, físicas y químicas.

En el Bachillerato, los contenidos de Biología se centrarán especialmente en el nivel celular, buscando la explicación científica de los fenómenos biológicos en términos más bioquímicos o biofísicos, pero sin perder de vista un punto de vista globalizador acerca de los sistemas vivos, constituidos por partes interrelacionadas y con numerosas características globales en su funcionamiento. Es la combinación de estos dos puntos de vista, analítico y global, la que permitirá encontrar las razones de los distintos fenómenos estudiados y su significado biológico. Estos contenidos se estructuran en grandes apartados: biología y fisiología celular, genética molecular, microbiología, inmunología, y sus aplicaciones.

El papel educativo de la Biología en el Bachillerato presenta tres aspectos diferentes. Por una parte, consiste en ampliar y profundizar los conocimientos sobre los mecanismos básicos que rigen el mundo vivo, para lo cual se deben poseer algunos conocimientos de estructura y funcionamiento celular, subcelular y molecular. Por otra parte, se trata de promover una actitud investigadora basada en el análisis y la práctica de las técnicas y procedimientos que han permitido avanzar en estos campos científicos, considerando las diferentes teorías y modelos presentes en su desarrollo. Y, finalmente, se trata de valorar las implicaciones sociales o personales, éticas o económicas, de los numerosos nuevos descubrimientos en la biología y conocer sus principales aplicaciones. Esta asignatura refleja todos estos contenidos que hacen de la ciencia una actividad más que llevan a cabo hombres y mujeres, actividad sometida a continua revisión, con grandes posibilidades de aplicación y en directa relación con la vida cotidiana. Todo ello debe contribuir a formar ciudadanos críticos, con capacidad de valorar las diferentes informaciones y tomar posturas y decisiones al respecto. En el Bachillerato, la Biología acentúa su carácter orientador y preparatorio en orden a estudios posteriores.

* Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato. («BOE», nº 253, de 21 de octubre de 1992).

En la mayoría de las materias relacionadas con las ciencias de la naturaleza, los dos primeros núcleos de contenidos recogen contenidos comunes a todos los demás. Presentan principalmente contenidos procedimentales y actitudinales, que se refieren a una primera aproximación formal al trabajo científico, y a la naturaleza de la ciencia, en sí misma y en sus relaciones con la sociedad y con la tecnología.

Objetivos generales

El desarrollo de esta materia ha de contribuir a que las alumnas y los alumnos adquieran las siguientes capacidades:

1. Comprender los principales conceptos de la biología y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.
2. Resolver problemas que se les planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos biológicos relevantes.
3. Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantar problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etcétera) y los procedimientos propios de la biología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.
4. Comprender la naturaleza de la biología y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.
5. *Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia, que les permita expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la biología.*
6. Comprender que el desarrollo de la biología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actitud flexible y abierta frente a opiniones diversas.

Contenidos

Aproximación al trabajo científico

- Procedimientos que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, utilización de fuentes de información.
- Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.
- Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.
- Hábitos de trabajo e indagación intelectual.

Biología, tecnología y sociedad

- Análisis de la naturaleza de la biología: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.
- Relaciones de la biología con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad. Valoración crítica.

- Influencias mutuas entre la sociedad, la biología y la tecnología. Valoración crítica.

La célula y la base físico-química de la vida

- La célula: unidad de estructura y función. La teoría celular en el contexto de la historia de la ciencia.
- Diferentes métodos de estudio de la célula. Modelos teóricos y avances en el estudio de la célula.
- Modelos de organización en procariotas y eucariotas, mostrando la relación entre estructura y función. Comparación entre células animales y vegetales. Diversidad de células en un mismo organismo.
- Componentes moleculares de la célula: tipos, estructura, propiedades y papel que desempeñan. Exploración experimental de algunas características que permiten su identificación.
- Estudio de los diferentes estados físicos en que se encuentran los componentes moleculares de la célula, especialmente las dispersiones.

Fisiología celular

- Estudio de las funciones celulares. Aspectos básicos del ciclo celular.
- Fases de la división celular. Diferencias entre células animales y vegetales. Estudio de la meiosis: su necesidad biológica en la reproducción sexual. Importancia en la evolución de los seres vivos.
- Papel de las membranas en los intercambios celulares: permeabilidad selectiva. Los procesos de endocitosis y exocitosis.
- Introducción al metabolismo: catabolismo y anabolismo. Finalidades de ambos. Comprensión de los aspectos fundamentales, energéticos y de regulación, que presentan las reacciones metabólicas. Papel del ATP y de las enzimas.
- La respiración celular, su significado biológico. Diferencias entre las vías aerobia y anaerobia. Orgánulos celulares implicados en el proceso.
- La fotosíntesis como proceso de aprovechamiento energético y de síntesis de macromoléculas. Objetivos biológicos que se cumplen en la fase lumínica y en la fase oscura. Balance material y energético de la totalidad del proceso. Estructuras celulares en las que se produce el proceso. Importancia de la fotosíntesis en la constitución inicial y actual de la atmósfera.
- La quimiosíntesis: una alternativa a la vida sin luz solar.
- Otras reacciones catabólicas y anabólicas en la célula.

La base química de la herencia: genética molecular

- Estudio del DNA como portador de la información genética: reconstrucción histórica de la búsqueda de evidencias de su papel y su interpretación. Concepto de gen. Mecanismos responsables de su transmisión y variación.
- Alteraciones en la información genética: consecuencias e implicaciones en la adaptación y evolución de las especies. Selección natural.

- Características e importancia del código genético. Introducción a los procesos de transcripción (síntesis de m-RNA) y traducción (síntesis de proteínas).
- Estudio de los virus como unidades de información. Su estructura básica y su funcionamiento.
- Importancia de la genética en medicina y en la mejora de recursos. La investigación actual sobre el genoma humano. Repercusiones sociales y valoraciones éticas de la manipulación genética.

Microbiología y biotecnología

- Los microorganismos: un grupo taxonómicamente heterogéneo. Sus formas de vida. Relación de éstas con su papel como agentes inocuos, beneficiosos o perjudiciales para los seres humanos y otros seres vivos.
- Introducción experimental a los métodos de estudio y cultivo de los microorganismos.
- Intervención de los microorganismos en las transformaciones o ciclos biogeoquímicos.
- Presencia de los microorganismos en los procesos industriales: agricultura, farmacia, sanidad, alimentación. Su utilización y manipulación en distintos ámbitos, importancia social y económica.

Inmunología

- Concepto de inmunidad. La defensa del organismo frente a los cuerpos extraños. Concepto de antígeno.
- Tipos de inmunidad: celular y humoral. Clases de células implicadas (macrófagos, linfocitos B y T). Estructura, tipos y función de los anticuerpos.
- Introducción a los mecanismos de acción del sistema inmune.
- Inmunidad natural y adquirida.
- Descripción del concepto de enfermedad autoinmune y de algunos tipos de ellas. Fenómenos de hipersensibilidad: alergias. El cáncer y el reconocimiento inmunológico. Los trasplantes y la singularidad del individuo. El SIDA y sus efectos en el sistema inmune.
- La importancia industrial de la fabricación de sueros y vacunas. Reflexión ética sobre la donación de órganos.

Criterios de evaluación

1. *Interpretar la estructura interna de una célula eucariótica animal y una vegetal, y de una célula procariótica —tanto al microscopio óptico como al electrónico—, pudiendo identificar y representar sus orgánulos y describir la función que desempeñan.*

Se trata de que, ante esquemas o microfotografías, el alumnado sepa diferenciar la estructura procarionte de la eucarionte, matizando en este segundo caso si se trata de una de tipo vegetal o animal. Asimismo será capaz de reconocer los diferentes orgánulos e indicar sus funciones, teniendo una idea aproximada del tamaño real de lo observado.

2. *Relacionar las macromoléculas con su función biológica en la célula, reconociendo sus unidades constituyentes.*

Se trata de que el alumnado sepa identificar las unidades básicas que constituyen los hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, siendo capaces de determinar la función de estas macromoléculas.

3. *Enumerar las razones por las cuales el agua y las sales minerales son fundamentales en los procesos celulares, indicando algunos ejemplos de las repercusiones de su ausencia.*

Se trata de que el alumnado reconozca que el agua es el agente que permite la realización de todos los procesos celulares y que algunos iones actúan como factores limitantes en algunos procesos, cuya ausencia puede impedir reacciones tan importantes como la fotosíntesis o la cadena respiratoria.

4. *Representar esquemáticamente y analizar el ciclo celular y las modalidades de división del núcleo y el citoplasma, relacionando la meiosis con la variabilidad genética de las especies.*

Con este criterio se trata de que el alumnado tenga una visión global del ciclo celular, haciendo hincapié en los fenómenos característicos de la interfase, para abordar después la división nuclear y la citocinesis. La descripción de las fases de la mitosis debe realizarse indicando los cambios básicos que se producen en cada una de ellas. Deberá saber comparar, además, la mitosis y la meiosis, reconociendo las diferencias más significativas y siendo capaz de relacionar esta última con la variabilidad genética de las especies.

5. *Explicar el significado biológico de la respiración celular, indicando las diferencias entre la vía aerobia y la anaerobia respecto a la rentabilidad energética, los productos finales originados y el interés industrial de estos últimos.*

Se trata de comprobar si el alumnado entiende los procesos de intercambio de materia y energía que tienen lugar en las células, sin necesidad de detallar cada una de las etapas de las distintas rutas metabólicas de degradación, ni de conocer las fórmulas de todos los metabolitos celulares que intervienen en ellas. Interesa que los estudiantes sean capaces de diferenciar las vías anaerobia y aerobia, conozcan la importancia de los enzimas en estas reacciones, los resultados globales de la actividad catabólica, y la aplicación práctica en la vida cotidiana de algunas de las reacciones anaeróbicas, como la fermentación alcohólica.

6. *Diferenciar en la fotosíntesis las fases luminica y oscura, identificando las estructuras celulares en las que se lleva a cabo, los sustratos necesarios, los productos finales y el balance energético obtenido; y valorando su importancia en el mantenimiento de la vida.*

A través de este criterio se pretende saber si el alumno conoce los objetivos que se consiguen con la fotosíntesis, en qué consiste la acción concreta de la luz solar y qué se consigue con la fase oscura, siendo capaces de entender las diferencias entre los sustratos iniciales y los finales, y de aplicar estos conocimientos a la interpretación de las repercusiones del proceso en el mantenimiento de la vida.

7. *Explicar el papel del DNA como portador de la información genética y la naturaleza del código genético, relacionando las mutaciones con alteraciones en la información y estudiando su repercusión en la variabilidad de los seres vivos y en la salud de las personas.*

Se pretende que los alumnos y alumnas conozcan el concepto de gen y puedan asociarlo a las características del DNA y a la síntesis de proteínas. A la luz de estos conocimientos podrán explicar las mutaciones, sus causas y su relación con la evolución de los seres vivos. Deberán

ser capaces, asimismo, de inferir la posibilidad de que las mutaciones tengan efectos perjudiciales, especialmente en el ser humano, y valorar los riesgos que implican algunos agentes mutagénicos.

8. *Analizar algunas aplicaciones y limitaciones de la manipulación genética en vegetales, animales y en el ser humano, y sus implicaciones éticas, valorando el interés de la investigación del genoma humano en la prevención de enfermedades hereditarias y entendiendo que el trabajo científico está, como cualquier actividad, sometido a presiones sociales y económicas.*

El alumnado deberá ser capaz de relacionar los conocimientos sobre el DNA y su funcionamiento con las posibilidades de intervenir sobre esta macromolécula. A partir de estos conocimientos podrá comprender la «manipulación genética», analizando algunos ejemplos sencillos, en agricultura y medicina, principalmente. El conocimiento del proyecto Genoma Humano pondrá de manifiesto la relación entre la ciencia «pura» y la «aplicada», y la necesidad de evaluar los aspectos éticos en la investigación científica.

9. *Determinar las características que definen a los microorganismos, destacando el papel de algunos de ellos en los ciclos biogeoquímicos, en las industrias alimentarias, en la industria farmacéutica y en la mejora del medio ambiente, y analizando el poder patógeno que pueden tener en los seres vivos.*

Con este criterio se pretende constatar que los alumnos conocen los grupos taxonómicos incluidos en los llamados microorganismos, así como que son capaces de reconocer algunos ejemplos importantes. Deben valorar su interés medioambiental y su aplicación en biotecnología, a través del estudio de algún caso significativo (por ejemplo, las bacterias lácticas en la industria alimentaria, los microorganismos empleados para la producción de insulina, la utilización de microorganismos para purificar aguas contaminadas o para luchar contra las mareas negras u otros ejemplos semejantes). Y deben conocer, asimismo, que los microorganismos pueden causar enfermedades en los seres vivos.

10. *Analizar los mecanismos de defensa que desarrollan los seres vivos ante la presencia de un antígeno, deduciendo a partir de estos conocimientos cómo se puede incidir para reforzar o estimular las defensas naturales.*

Se trata con este criterio de conocer que las alumnas y alumnos comprenden cómo se ponen en marcha mecanismos de defensa ante la presencia de cuerpos extraños, incluyendo el proceso de infección. El énfasis principal se pondrá en la respuesta inmunitaria y en los sistemas implicados. Igualmente deben conocer algunos métodos encaminados a incrementar o estimular la respuesta inmunitaria, como la utilización de sueros y vacunas.

11. *Analizar el carácter abierto de la biología a través del estudio de algunas interpretaciones, hipótesis y predicciones científicas sobre conceptos básicos de esta ciencia, valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico.*

Se trata de conocer si los estudiantes son capaces de analizar y valorar las explicaciones científicas dadas a distintos fenómenos en diferentes contextos históricos y comprendan su contribución a nuestros conocimientos científicos actuales. Han de comprender que la ciencia no es un proceso aséptico y ajeno a influencias sociales.



CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR

DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR