

Programa de estudios

Resumen del programa de estudios

Componente del programa de estudios	Horas lectivas	
	NM	NS
Contenido del programa de estudios	110	180
	19	33
A: Unidad y diversidad	26	39
B: Forma y función	31	48
C: Interacción e interdependencia	34	60
D: Continuidad y cambio		
Programa experimental	40	60
Trabajo práctico	20	40
El proyecto científico colaborativo	10	10
Investigación científica	10	10
Total de horas lectivas	150	240

Se recomienda impartir 150 horas lectivas para completar los cursos del NM y 240 horas lectivas para completar los cursos del NS, tal como se indica en el reglamento general de los *Procedimientos de evaluación del Programa del Diploma*.

Hoja de ruta del programa de estudios

El objetivo general del programa de estudios es integrar los **conceptos**, el **contenido de los temas** y la **naturaleza de la ciencia** a través de la indagación. Se anima a estudiantes y docentes a personalizar

su enfoque del programa de estudios para que se adapte de la mejor manera posible a sus propios intereses.

Área temática	Nivel de organización			
	1. Moléculas	2. Células	3. Organismos	4. Ecosistemas
A Unidad y diversidad	Si la ascendencia común ha hecho que los organismos vivos compartan muchas características, la evolución ha originado la rica biodiversidad de la vida en la Tierra.			
	A1.1 Agua A1.2 Ácidos nucleicos	A2.1 Orígenes de las células (solo NS) A2.2 Estructura celular A2.3 Virus (solo NS)	A3.1 Diversidad de organismos A3.2 Clasificación y cladística (solo NS)	A4.1 Evolución y especiación A4.2 Conservación de la biodiversidad
B Forma y función	Las adaptaciones son formas que responden a la función. Estas adaptaciones persisten de generación en generación para aumentar las probabilidades de supervivencia.			
	B1.1 Glúcidos y lípidos B1.2 Proteínas	B2.1 Membranas y transporte de membrana B2.2 Orgánulos y compartimentación B2.3 Especialización celular	B3.1 Intercambio de gases B3.2 Transporte B3.3 Músculo y motilidad (solo NS)	B4.1 Adaptación al medio ambiente B4.2 Nichos ecológicos
C Interacción e interdependencia	Los sistemas se basan en las interacciones, en la interdependencia y en la integración de componentes. Los sistemas dan lugar a la aparición de nuevas propiedades en cada nivel de organización biológica.			
	C1.1 Enzimas y metabolismo			C4.1 Poblaciones y comunidades

	C1.2 Respiración celular C1.3 Fotosíntesis	C2.1 Señalización química (<i>solo NS</i>) C2.2 Señalización neuronal	C3.1 Integración de sistemas del cuerpo C3.2 Defensa contra la enfermedad	C4.2 Transferencias de energía y materia
D Continuidad y cambio	Los seres vivos disponen de mecanismos para mantener el equilibrio y provocar la transformación. El cambio ambiental es un factor que impulsa la evolución por selección natural.			
	D1.1 Replicación del ADN D1.2 Síntesis de proteínas D1.3 Mutación y edición genética	D2.1 División celular y nuclear D2.2 Expresión génica (<i>solo NS</i>) D2.3 Potencial hídrico	D3.1 Reproducción D3.2 Herencia D3.3 Homeostasis	D4.1 Selección natural D4.2 Estabilidad y cambio D4.3 Cambio climático

Descargar: [Hoja de ruta del programa de estudios de Biología \(PDF\)](#)

Formato del programa de estudios

A1.1 Nombre del tema

El nombre del tema va precedido por la letra del área temática (A-D) y por el número del nivel de organización biológica (1-4), tal como se indica en la [hoja de ruta del programa de estudios](#).

Área temática y nivel de organización pertinentes

El área temática y el nivel de organización muestran los enfoques conceptuales a través de los cuales se puede considerar el tema.

Horas lectivas recomendadas

El número aproximado de horas recomendadas para impartir el tema se indica de forma conjunta para **el Nivel Medio y el Nivel Superior**. Las horas adicionales para el Nivel Superior se indican por separado tras las horas lectivas de los componentes troncales.

Las horas lectivas recomendadas incluyen el trabajo experimental relacionado, el material pertinente de las [habilidades en el estudio de la biología](#) y la evaluación del aprendizaje. Sin embargo, no se incluyen las horas asignadas al programa experimental.

Preguntas de orientación

- Son preguntas generales que sirven para delimitar el tema y orientar la indagación.
- Ayudan a relacionar el material con el área temática o con el nivel de organización biológica.

Contenido de la asignatura

El contenido enumerado bajo el encabezamiento de **NM y NS** debe impartirse al alumnado de ambos niveles. Las secciones marcadas como **temas adicionales del Nivel Superior** deben impartirse únicamente al alumnado de NS.

Cada tema se divide en unos **conocimientos** numerados, que a su vez se dividen en el enunciado de contenido y la orientación. En algunos conocimientos también se hace referencia a la aplicación de habilidades y a la naturaleza de la ciencia.

A1.1.1 El **enunciado de contenido** indica el contenido que hay que impartir.

En la **orientación** se proporcionan aclaraciones sobre el alcance y los requisitos del enunciado de contenido, así como sobre las aplicaciones de habilidades dentro de dicho enunciado. En la **aplicación de habilidades** se incluyen actividades dirigidas que conectan el conocimiento con una [habilidad](#).

Se dirige una acción, como dibujar con precisión a partir de una observación o una micrografía, interpretar datos, utilizar estadísticas o diseñar y llevar a cabo un experimento. Dibujar con precisión un diagrama sin asistencia para mostrar la comprensión de un enunciado de contenido y aprender ejemplos que lo respalden no es una forma de aplicación de habilidades.

Naturaleza de la ciencia: Relaciona el enunciado de contenido con el tema dominante de la [naturaleza de la ciencia](#).

Preguntas transversales

- Al final de cada tema se incluyen dos preguntas transversales. Las preguntas hacen comprender al alumnado que los temas pueden analizarse desde ópticas diferentes que no pertenecen a una única área temática o a un único nivel de organización biológica. Dichas preguntas relacionan conceptos de un tema con los de otro tema diferente. Con ello se busca alcanzar un conocimiento interconectado.
- Se recomienda que el profesorado y el alumnado creen sus propias preguntas transversales.

Habilidades en el estudio de la biología

Estas herramientas contienen las habilidades y técnicas con las que los alumnos y alumnas deben experimentar a lo largo del curso. Contribuyen a la aplicación y al desarrollo del proceso de indagación en la enseñanza del curso.

Herramientas

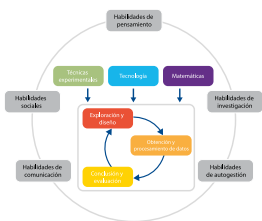
- **Herramienta 1:** Técnicas experimentales

- **Herramienta 2:** Tecnología
- **Herramienta 3:** Matemáticas

Proceso de indagación

- **Indagación 1:** Exploración y diseño
- **Indagación 2:** Obtención y procesamiento de datos
- **Indagación 3:** Conclusión y evaluación

Se recomienda al profesorado que proporcione a sus estudiantes oportunidades de adquirir y practicar las habilidades a lo largo del programa. En vez de enseñarse como temas independientes, deben integrarse en la enseñanza del programa de estudios cuando sean pertinentes a los temas del programa que se estén tratando. Las habilidades en el estudio de Biología pueden examinarse mediante evaluaciones internas y externas. Los enfoques del aprendizaje proporcionan el marco para el desarrollo de estas habilidades.



Herramientas

Herramienta 1: Técnicas experimentales

Habilidad	Descripción
Abordar la seguridad propia, de otras personas y del medio ambiente	Reconocer y abordar las cuestiones de seguridad, éticas o ambientales pertinentes en una investigación
Medición de variables	Comprender cómo medir las siguientes magnitudes con un nivel de precisión apropiado: • Masa • Volumen • Tiempo • Temperatura • Longitud Realizar observaciones cuidadosas, lo que incluye: • Recuentos • Dibujo de diagramas anotados a partir de la observación • Realización de observaciones cualitativas apropiadas • Clasificación
Aplicación de técnicas	Mostrar que se conoce el propósito y la práctica de: • Cromatografía en papel o en capa delgada • Colorimetría o espectrofotometría

- Diluciones en serie
- Modelos moleculares físicos y digitales
- Microscopio óptico y retículo del ocular
- Preparaciones provisionales
- Identificación y clasificación de organismos
- Uso de una variedad de técnicas de muestreo/uso de muestreo aleatorio y sistemático
- Cariotipo y cariogramas
- Análisis de cladogramas

Herramienta 2: Tecnología

Habilidad	Descripción
Aplicar la tecnología para obtener datos	• Utilizar sensores • Identificar y extraer datos de una base de datos • Generar datos a partir de modelos y simulaciones
Aplicar la tecnología para procesar datos	• Utilizar hojas de cálculo para manipular datos • Representar datos de forma gráfica • Utilizar modelos por computadora • Realizar análisis de imágenes

Herramienta 3: Matemáticas

Habilidad	Descripción
Aplicar matemáticas generales	• Utilizar cálculos aritméticos y algebraicos básicos para resolver problemas • Realizar cálculos con decimales, fracciones, porcentajes, razones, proporciones, frecuencias (incluidas las frecuencias alélicas), densidades, aproximaciones y recíprocas • Calcular medidas de posición central: media, mediana y moda • Aplicar medidas de dispersión: rango, desviación típica, error típico y rango intercuartil • Utilizar e interpretar la notación científica (por ejemplo $3,5 \times 10_6$) • Utilizar aproximaciones y estimaciones • Calcular escalas de aumento • Calcular razones de cambio a partir de datos gráficos o tabulados • Comprender la proporcionalidad directa e inversa entre variables, así como las correlaciones positivas y negativas entre variables • Calcular e interpretar el cambio porcentual y la diferencia porcentual • Distinguir entre variables discretas y continuas • Calcular el tamaño real a partir de una micrografía con una barra de escala

	• Aplicar el índice recíproco de Simpson • Aplicar el índice de Lincoln • Aplicar la prueba de chi cuadrado • Aplicar la prueba t de Student
Usar unidades, símbolos y valores numéricos	• Aplicar y utilizar los prefijos y las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) o unidades del sistema métrico decimal que no forman parte del SI • Expresar cantidades e incertidumbres con un número apropiado de cifras decimales
Procesar incertidumbres	• Comprender la importancia de las incertidumbres en los datos brutos y procesados • Registrar las incertidumbres de las mediciones en forma de rango ($\pm$) hasta un nivel de precisión adecuado • Expresar rangos, grados de precisión, errores típicos o desviaciones típicas mediante barras de error • Expresar la incertidumbre de las mediciones y de los datos procesados con un número de cifras decimales o un nivel de precisión apropiados • Aplicar el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar el ajuste de una línea de tendencia •

	Interpretar los valores del coeficiente de correlación (r) e identificar las correlaciones como positivas o negativas • Aplicar e interpretar pruebas de significación estadística apropiadas (por ejemplo, la prueba de chi cuadrado)
Elaborar gráficos	• Dibujar aproximadamente gráficos, con ejes rotulados pero no escalados, para describir tendencias de manera cualitativa • Elaborar e interpretar tablas, diagramas y gráficos para los datos brutos y procesados, incluidos gráficos circulares, logarítmicos, de barras, de dispersión, y de líneas y curvas, así como histogramas y diagramas de caja y bigotes • Dibujar gráficos lineales y no lineales que muestren la relación entre dos variables con escalas y ejes apropiados • Dibujar con precisión rectas o curvas de ajuste óptimo • Interpretar características de los gráficos, como la pendiente, los cambios de pendiente, los puntos de corte con los ejes, y los máximos y mínimos • Dibujar con precisión e interpretar barras de incertidumbre y de error • Extrapolar e interpolar gráficos • Diseñar claves dicotómicas •

Representar el flujo de energía en forma de cadenas tróficas, redes tróficas y pirámides de energía

- Representar relaciones genéticas familiares mediante árboles genealógicos

Proceso de indagación

Indagación 1: Exploración y diseño

Habilidad	Descripción
Exploración	• Demostrar pensamiento independiente, iniciativa y perspicacia • Consultar una variedad de fuentes • Seleccionar suficientes fuentes de información que sean pertinentes • Formular preguntas de investigación e hipótesis • Indicar y explicar predicciones utilizando la comprensión científica
Diseño	• Demostrar creatividad en el diseño, la implementación y la presentación de la investigación • Desarrollar investigaciones en las que se empleen experimentos prácticos de laboratorio, bases de datos, simulaciones, modelos y encuestas • Identificar y justificar la elección de variables dependientes, independientes y de control • Justificar el rango y número de mediciones • Diseñar y explicar una metodología válida • Metodologías piloto
Control de las variables	Apreciar cuándo y cómo: • Calibrar los aparatos de medida •

Mantener constantes las condiciones ambientales de los sistemas

- Elegir muestras aleatorias representativas y minimizar los errores de muestreo
- Preparar un experimento de control cuando resulte apropiado

Indagación 2: Obtención y procesamiento de datos

Habilidad	Descripción
Obtención de datos	• Identificar y registrar observaciones cualitativas pertinentes • Obtener y registrar suficientes datos cuantitativos pertinentes • Identificar y abordar problemas que surjan durante la obtención de los datos
Procesamiento de datos	• Realizar un tratamiento de la información pertinente y preciso
Interpretación de los resultados	• Interpretar datos cualitativos y cuantitativos • Interpretar diagramas, gráficos y tablas • Identificar, describir y explicar patrones, tendencias y relaciones • Identificar y justificar la eliminación o inclusión de los valores no esperados en los datos (no se requiere ningún procesamiento matemático) • Evaluar la exactitud, precisión, fiabilidad y validez

Indagación 3: Conclusión y evaluación

Habilidad	Descripción
Conclusión	• Interpretar los datos procesados y los análisis para extraer conclusiones y justificarlas • Comparar los resultados de una investigación con el contexto científico aceptado • Relacionar los resultados de una investigación con la pregunta de investigación o hipótesis formulada • Discutir el efecto de las incertidumbres en las conclusiones
Evaluación	• Evaluar hipótesis • Identificar y discutir las fuentes y los efectos de los errores aleatorios y sistemáticos • Evaluar las repercusiones de los puntos débiles, las limitaciones y los supuestos de la metodología en las conclusiones • Explicar mejoras realistas y pertinentes de una investigación

Contenido del programa de estudios

A1.1 Agua

Unidad y diversidad: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 1 hora

Preguntas de orientación

- ¿Qué propiedades físicas y químicas del agua hacen que este líquido sea esencial para la vida?
- ¿Qué dificultades y oportunidades entraña el agua como hábitat?

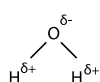
NM y NS

A1.1.1 El agua como medio para la vida

El alumnado debe saber que las primeras células se originaron en el agua y que el agua sigue siendo el medio en el que tienen lugar la mayoría de los procesos vitales.

A1.1.2 Los enlaces de hidrógeno como consecuencia de los enlaces covalentes polares dentro de las moléculas de agua

El alumnado debe comprender que la polaridad del enlace covalente dentro de las moléculas de agua se debe a que los electrones se comparten de forma desigual y que el enlace de hidrógeno originado por esta polaridad se produce entre moléculas de agua. Asimismo, debe ser capaz de representar dos o más moléculas de agua y los enlaces de hidrógeno entre ellas, con la notación mostrada a continuación para indicar la polaridad.



A1.1.3 Cohesión de las moléculas de agua debida a los enlaces de hidrógeno y consecuencias para los organismos

Se abordan el transporte de agua bajo tensión por el xilema y el uso de las superficies del agua como hábitats por el efecto conocido como tensión superficial.

A1.1.4 Adhesión del agua a materiales que sean polares o estén cargados y efectos para los organismos

Se abordan la acción capilar en el suelo y en las paredes celulares vegetales.

A1.1.5 Propiedades disolventes del agua relacionadas con su función como medio para el metabolismo, y para el transporte en animales y plantas

Se hace énfasis en que una gran variedad de moléculas hidrofílicas se disuelve en agua y en que la mayoría de las enzimas cataliza reacciones en una solución acuosa. El alumnado también debe comprender que las funciones de algunas moléculas en las células dependen de que estas sean hidrofóbicas e insolubles.

A1.1.6 Propiedades físicas del agua y sus consecuencias para los animales en hábitats acuáticos

Se abordan la flotabilidad, la viscosidad, la conductividad térmica y el calor específico. Se contrastan las propiedades físicas del agua con las del aire, y se ilustran las consecuencias de ello utilizando ejemplos de animales que viven en el agua, en el aire o en la tierra, como por ejemplo el colimbo ártico (*Gavia arctica*) y la foca anillada (*Pusa hispida*).

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

Temas adicionales del Nivel Superior

A1.1.7 Origen extraplanetario del agua en la Tierra y razones para su retención

La abundancia del agua a lo largo de miles de millones de años de historia de la Tierra ha permitido que la vida evolucione. Se limitan las hipótesis sobre el origen del agua en la Tierra a los asteroides, y las razones para su retención a la gravedad y a unas temperaturas suficientemente bajas como para que se condense el agua.

A1.1.8 Relación entre la búsqueda de vida extraterrestre y la presencia de agua

Se aborda la idea de la zona de habitabilidad.

Preguntas transversales

- ¿Cómo afectan las distintas fuerzas intermoleculares de atracción a los sistemas biológicos?
- ¿Qué procesos biológicos tienen lugar únicamente en las superficies o en su proximidad?

A1.2 Ácidos nucleicos

Unidad y diversidad: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo permite la estructura de los ácidos nucleicos que se almacene la información hereditaria?
- ¿Cómo facilita la estructura del ADN una replicación precisa?

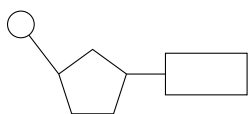
NM y NS

A1.2.1 El ADN como material genético de todos los organismos vivos

Algunos virus emplean el ARN como su material genético, pero los virus no se consideran seres vivos.

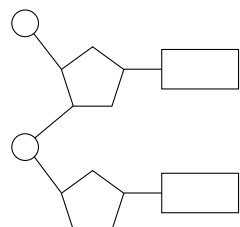
A1.2.2 Componentes de un nucleótido

En los diagramas de los nucleótidos se emplean círculos, pentágonos y rectángulos para representar las posiciones relativas de los fosfatos, los azúcares pentosas y las bases.



A1.2.3 Enlaces azúcar-fosfato y el “esqueleto” azúcar-fosfato del ADN y del ARN

Los enlaces azúcar-fosfato constituyen una cadena continua de átomos enlazados de forma covalente en cada cadena de nucleótidos de ADN o de ARN, la cual forma un “esqueleto” sólido en la molécula.



A1.2.4 Bases en cada ácido nucleico que forman el fundamento de un código

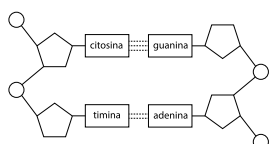
El alumnado debe saber los nombres de las bases nitrogenadas.

A1.2.5 El ARN como polímero formado por condensación de monómeros de nucleótidos

El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión y reconocer diagramas de la estructura de polímeros de ARN y de nucleótidos individuales.

A1.2.6 El ADN como doble hélice formada por dos cadenas antiparalelas de nucleótidos unidos por enlaces de hidrógeno entre pares de bases complementarias

En los diagramas de la estructura del ADN, el alumnado debe dibujar con precisión las dos cadenas antiparalelas, aunque no se requiere dibujar la forma helicoidal. Asimismo, debe mostrar la adenina (A) emparejada con la timina (T), y la guanina (G) emparejada con la citosina (C). No se requiere que memorice las longitudes relativas de las bases de purina y de pirimidina, ni el número de enlaces de hidrógeno.



A1.2.7 Diferencias entre el ADN y el ARN

Se abordan el número de cadenas presentes, los tipos de bases nitrogenadas y el tipo de azúcar pentosa. El alumnado debe ser capaz de dibujar aproximadamente la diferencia entre la ribosa y la desoxirribosa. Asimismo, debe estar familiarizado con ejemplos de ácidos nucleicos.

A1.2.8 Función del apareamiento de bases complementarias para permitir que la información genética se replique y exprese

El alumnado debe comprender que la complementariedad se basa en los enlaces de hidrógeno.

A1.2.9 Diversidad de las posibles secuencias de bases del ADN y capacidad ilimitada del ADN para almacenar información

Se explica que es posible la diversidad con cualquier longitud de la molécula de ADN y cualquier secuencia de bases. Se pone énfasis en la enorme capacidad del ADN para almacenar datos con gran concisión.

A1.2.10 Conservación del código genético a través de todas las formas de vida como prueba de la ascendencia común universal

No se requiere que el alumnado memorice ningún ejemplo concreto.

Temas adicionales del Nivel Superior

A1.2.11 Direccionalidad del ARN y del ADN

Se abordan los enlaces 5' a 3' en el esqueleto de azúcar-fosfato y su importancia para la replicación, la transcripción y la traducción.

A1.2.12 Enlace purina-pirimidina como componente de la estabilidad de la hélice de ADN

Los pares adenina-timina (A-T) y citosina-guanina (C-G) tienen la misma longitud, por lo que la hélice de ADN tiene la misma estructura tridimensional, independientemente de la secuencia de bases.

A1.2.13 Estructura de un nucleosoma

Se limita a una molécula de ADN envuelta alrededor de un núcleo de ocho proteínas histonas mantenidas juntas por una proteína histona adicional unida al ADN espaciador.

Aplicación de habilidades: Es preciso que el alumnado utilice un programa informático de visualización molecular para estudiar la asociación entre las proteínas y el ADN en un nucleosoma.

A1.2.14 Pruebas del experimento de Hershey-Chase para el ADN como material genético

El alumnado debe comprender de qué modo los resultados del experimento respaldan la conclusión de que el ADN es el material genético.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe saber que los avances tecnológicos pueden abrir nuevas posibilidades de experimentación. El experimento de Hershey-Chase no fue posible hasta que los radioisótopos estuvieron disponibles como herramientas de investigación.

A1.2.15 Datos de Chargaff sobre las cantidades relativas de bases de pirimidina y purina a través de formas diversas de vida

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe comprender cómo se aborda el problema de la inducción mediante la certeza de falsedad. En este caso, los datos de Chargaff refutaron la hipótesis de los tetranucleótidos relativa a que había una secuencia repetitiva de las cuatro bases en el ADN.

Preguntas transversales

- ¿Qué hace más probable que el ARN haya sido el primer material genético en lugar del ADN?
- ¿Cómo puede la polimerización dar lugar a las propiedades emergentes?

A2.1 Orígenes de las células

Unidad y diversidad: células

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué hipótesis plausible podría explicar el origen de la vida?
- ¿Qué fases intermedias podría haber habido entre la materia inanimada y las primeras células vivas?

Temas adicionales del Nivel Superior

Nota: No hay contenido del NM en A2.1.

A2.1.1 Condiciones en la Tierra primitiva y formación prebiótica de los compuestos de carbono

Se abordan la falta de oxígeno libre y, por consiguiente, de ozono, así como las mayores concentraciones de dióxido de carbono y metano, todo ello causante de unas temperaturas más altas y una mayor penetración de luz ultravioleta. Las condiciones podrían haber provocado la formación espontánea de toda una serie de compuestos de carbono mediante procesos químicos que no se dan en la actualidad.

A2.1.2 Las células como las unidades más pequeñas de vida autosuficiente

Se discuten las diferencias entre algo que está vivo y algo que no lo está. Se abordan las razones por las que no se considera a los virus seres vivos.

A2.1.3 El reto de explicar la generación espontánea de células

Las células son estructuras extremadamente complejas que solo se pueden producir actualmente mediante la división de células preexistentes. El alumnado debe ser consciente de que la catálisis, la autorreplicación de moléculas, el autoensamblaje y la emergencia de la compartimentación fueron requisitos necesarios para que evolucionaran las primeras células.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe saber que las afirmaciones en la ciencia, incluidas las hipótesis y teorías, deben ser comprobables. En algunos casos, la comunidad científica ha tenido dificultades con hipótesis difíciles de comprobar. En este caso, las condiciones exactas de la Tierra prebiótica no se pueden replicar y las primeras protocélulas no se fosilizaron.

A2.1.4 Pruebas del origen de los compuestos de carbono

Se evalúa el experimento de Miller-Urey.

A2.1.5 Formación espontánea de vesículas por coalescencia de ácidos grasos en bicapas esféricas

Para que sea posible una química interna diferente de la reinante en el exterior de un compartimento, es preciso que se forme un compartimento ligado a una membrana.

A2.1.6 El ARN como supuesto primer material genético

El ARN se puede replicar y tiene cierta actividad catalítica, por lo que puede haber actuado inicialmente como material genético y como enzima de las primeras células. Las ribozimas del ribosoma se siguen empleando para catalizar la formación de enlaces peptídicos durante la síntesis de proteínas.

A2.1.7 Pruebas de un último ancestro común universal

Se abordan el código genético universal y los genes compartidos entre todos los organismos. También se aborda la probabilidad de que hubieran evolucionado otras formas de vida, pero que se extinguieran debido a la competencia ejercida por el último ancestro común universal y sus descendientes.

A2.1.8 Enfoques empleados para estimar la antigüedad de las primeras células vivas y del último ancestro común universal

El alumnado debe aprender sobre el inmenso período de tiempo a través del cual la vida ha estado evolucionando en la Tierra.

A2.1.9 Pruebas de la evolución del último ancestro común universal en las inmediaciones de respiraderos hidrotérmicos

Se abordan las pruebas fósiles de vida procedentes de los precipitados de respiraderos hidrotérmicos en el antiguo lecho marino y las pruebas de las secuencias conservadas obtenidas por análisis genómicos.

Preguntas transversales

- ¿Por qué es la herencia una característica esencial de los seres vivos?
- ¿Qué es necesario para que las estructuras evolucionen por selección natural?

A2.2 Estructura celular

Unidad y diversidad: células

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 1 hora

Preguntas de orientación

- ¿Cuáles son las características comunes a todas las células y cuáles las características que difieren?
- ¿Cómo se utiliza la microscopia para investigar la estructura celular?

NM y NS

A2.2.1 La célula como unidad estructural básica de todos los organismos vivos

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser consciente de que se puede utilizar la razón deductiva para generar predicciones de teorías. Basándose en la teoría celular, se puede predecir que un organismo recién descubierto conste de una o más células.

A2.2.2 Habilidades de microscopia

Aplicación de habilidades: El alumnado debe tener experiencia efectuando montajes en fresco de células y tejidos, tinciones, mediciones de tamaños empleando una retícula de ocular, enfoques con los ajustes de aproximación y de precisión, cálculos del tamaño real y del número de aumentos, elaboración de una barra de escala y toma de fotografías.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe saber que la medición mediante el uso de instrumentos es una forma de observación cuantitativa.

A2.2.3 Avances en microscopia

Se abordan las ventajas de la microscopia electrónica, la criofractura, la microscopia electrónica criogénica, el uso de tinciones fluorescentes y la inmunofluorescencia en microscopia óptica.

A2.2.4 Estructuras comunes a las células en todos los organismos vivos

Las células típicas tienen ADN como material genético y un citoplasma compuesto principalmente de agua, rodeado por una membrana plasmática compuesta por lípidos. El alumnado debe comprender las razones para que se den dichas estructuras.

A2.2.5 Estructura celular de los procariotas

Se abordan los siguientes componentes celulares: pared celular, membrana plasmática, citoplasma, ADN desnudo circular y ribosomas 70S. El tipo de estructura celular procariótica requerido es el de las eubacterias grampositivas, como por ejemplo *Bacillus* y *Staphylococcus*. El alumnado debe saber que la estructura celular de los procariotas varía. No obstante, no es preciso que conozca detalles sobre las posibles variaciones, como por ejemplo, la falta de paredes celulares en los fitoplasmas y micoplasmas.

A2.2.6 Estructura celular de los eucariotas

El alumnado debe estar familiarizado con las características comunes de las células eucarióticas: membrana plasmática que envuelve un citoplasma compartimentado con ribosomas 80S; un núcleo con cromosomas constituidos por ADN ligado a histonas, contenido en una doble membrana con poros; orgánulos citoplasmáticos ligados a la membrana, que incluyen mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi y diversas vesículas o vacuolas, como los lisosomas; y un citoesqueleto de microtúbulos y microfilamentos.

A2.2.7 Procesos de la vida en organismos unicelulares

Se abordan las siguientes funciones: homeostasis, metabolismo, nutrición, movimiento, excreción, crecimiento, respuesta a estímulos y reproducción.

A2.2.8 Diferencias en la estructura celular eucariótica entre animales, hongos y plantas

Se abordan la presencia y la composición de las paredes celulares, las diferencias de tamaño y función de las vacuolas, la presencia de cloroplastos y otros plastos, y la presencia de centriolos, cilios y flagelos.

A2.2.9 Estructura celular atípica en eucariotas

Se usa el número de núcleos para ilustrar un tipo de estructura celular atípica en hifas fúngicas aseptadas, el músculo esquelético, glóbulos rojos y elementos del tubo criboso del floema.

A2.2.10 Tipos de células y estructuras celulares vistas en micrografías ópticas y electrónicas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de identificar células procarióticas, vegetales o animales en micrografías ópticas y electrónicas. En las micrografías electrónicas, debe ser capaz de identificar las siguientes estructuras: región del nucleóide, pared celular procariótica, núcleo, mitocondria, cloroplasto, vacuola, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso y liso, cromosomas, ribosomas, pared celular, membrana plasmática y microvellosidades.

A2.2.11 Dibujos y anotaciones basados en micrografías electrónicas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión y anotar diagramas de orgánulos (núcleo, mitocondrias, cloroplastos, vacuola, aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso y rugoso, y cromosomas) y de otras estructuras celulares (pared celular, membrana plasmática, vesículas secretoras y microvellosidades) mostradas en micrografías electrónicas. Es preciso que incluya las funciones en sus anotaciones.

Temas adicionales del Nivel Superior

A2.2.12 Origen de las células eucarióticas por endosimbiosis

Las pruebas sugieren que todos los eucariotas evolucionaron a partir de un ancestro unicelular común que tenía un núcleo y se reproducía sexualmente. Posteriormente, las mitocondrias evolucionaron por endosimbiosis. En algunos eucariotas, los cloroplastos también tuvieron posteriormente un origen endosimbiótico. Las pruebas deben incluir la presencia en las mitocondrias y los cloroplastos de ribosomas 70S, ADN circular desnudo y la capacidad de replicación.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe reconocer que la solidez de una teoría procede de las observaciones que la teoría explica y las predicciones que respalda. La teoría de la endosimbiosis explica un amplio espectro de observaciones.

A2.2.13 La diferenciación celular como proceso para el desarrollo de tejidos especializados en organismos multicelulares

El alumnado debe ser consciente de que la base para la diferenciación son los diferentes patrones de expresión génica, frecuentemente desencadenados por cambios en el medio ambiente.

A2.2.14 Evolución de la multicelularidad

El alumnado debe ser consciente de que la multicelularidad ha evolucionado repetidamente. Muchos hongos y algas eucarióticas, así como todas las plantas y todos los animales, son multicelulares. La multicelularidad tiene la ventaja de permitir un mayor tamaño corporal y la especialización celular.

Preguntas transversales

- ¿Qué explica el uso de determinados pilares fundamentales moleculares en todas las células vivas?
- ¿Cuáles son las características de una teoría convincente?

A2.3 Virus

Unidad y diversidad: células

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo pueden existir los virus con tan pocos genes?
- ¿De qué maneras varían los virus?

Temas adicionales del Nivel Superior

Nota: No hay contenido del NM en A2.3.

A2.3.1 Características estructurales comunes a los virus

Los virus comparten relativamente pocas características: tamaño pequeño y fijo, ácido nucleico (ADN o ARN) como material genético, cápside formada por proteína, ausencia de citoplasma, y pocas o ninguna enzima.

A2.3.2 Diversidad de la estructura en los virus

El alumnado debe comprender que los virus presentan una gran diversidad de forma y estructura. El material genético puede ser ARN o ADN, que a su vez puede ser de cadena simple o de doble cadena. Algunos virus están envueltos en la membrana de la célula huésped y otros no tienen envoltura. Algunos ejemplos de virus son los bacteriófagos lambda, los coronavirus y el virus de la inmunodeficiencia humana.

A2.3.3 Ciclo lítico de un virus

El alumnado debe saber que los virus dependen de una célula huésped para las funciones de suministro de energía, nutrición, síntesis de proteínas y otras funciones vitales. Se usa un bacteriófago lambda como ejemplo de las fases de un ciclo lítico.

A2.3.4 Ciclo lisogénico de un virus

Se usa un bacteriófago lambda como ejemplo.

A2.3.5 Pruebas de diversos orígenes de los virus a partir de otros organismos

La diversidad de los virus sugiere varios orígenes posibles. Los virus comparten una forma extrema de parasitismo obligado como modo de existencia, por lo que las características estructurales que tienen en común podrían considerarse como una evolución convergente. Los virus y los organismos vivos comparten el código genético.

A2.3.6 Evolución rápida en los virus

Se abordan las razones de ciertas tasas de evolución muy rápidas en algunos virus. Se usan dos ejemplos de evolución rápida: evolución de los virus de la gripe y del virus de la inmunodeficiencia humana. Se consideran las consecuencias del tratamiento de enfermedades causadas por virus con una evolución rápida.

Preguntas transversales

- ¿Qué mecanismos contribuyen a la evolución convergente?
- ¿En qué medida se caracteriza la historia natural de la vida por un aumento de la complejidad o de la simplicidad?

A3.1 Diversidad de organismos

Unidad y diversidad: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué es una especie?
- ¿Qué patrones se observan en la diversidad de genomas en las especies y entre especies?

NM y NS

A3.1.1 Variación entre organismos como rasgo característico de la vida

El alumnado debe comprender que no hay dos individuos que sean idénticos en todos sus rasgos. Los patrones de variación son complejos, y constituyen la base para nombrar y clasificar los organismos.

A3.1.2 Las especies como grupos de organismos con rasgos compartidos

Este es el concepto morfológico de especie original empleado por Linneo.

A3.1.3 Sistema binomial para nombrar los organismos

El alumnado debe saber que la primera parte del nombre se refiere al género y la segunda parte, a la especie. Las especies del mismo género tienen rasgos similares. El nombre genérico se escribe con mayúscula inicial, pero el nombre de la especie se escribe en minúscula.

A3.1.4 Concepto de especie biológica

De acuerdo con el concepto de especie biológica, una especie es un grupo de organismos que se reproducen entre ellos y que engendran descendencia fértil. Se abordan las posibles dificultades que entraña esta definición de especie y se hace constar que existen definiciones contrapuestas de las especies.

A3.1.5 Dificultades para distinguir entre poblaciones y especies debido a la divergencia de poblaciones que no se cruzan durante la especiación

El alumnado debe comprender que la especiación es la separación de una especie en dos o más especies. Normalmente, dicho proceso se produce gradualmente y no súbitamente, divergiendo cada vez más los rasgos de las poblaciones. Por consiguiente, puede resultar una decisión arbitraria considerar a dos poblaciones como de la misma especie o de dos especies diferentes.

A3.1.6 Diversidad en el número de cromosomas de las especies vegetales y animales

El alumnado debe saber que existe la diversidad. Por ejemplo, debe saber que los seres humanos tienen 46 cromosomas y los chimpancés 48. No es preciso que conozca el número de cromosomas de otras especies, aunque sí debe saber que las células diploides tienen un número par de cromosomas.

A3.1.7 Cariotipo y cariogramas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de clasificar los cromosomas por sus patrones en bandas, longitud y posición del centrómero. Debe evaluar las pruebas a favor de la hipótesis de que el cromosoma 2 de los seres humanos surgió de la fusión de los cromosomas 12 y 13 con un ancestro primate compartido.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser capaz de distinguir entre hipótesis comprobables, como el origen del cromosoma 2, y afirmaciones no verificables.

A3.1.8 Unidad y diversidad de genomas en las especies

El alumnado debe comprender que el genoma es la totalidad de la información genética de un organismo. Los organismos de una misma especie comparten la mayoría de su genoma, si bien variaciones tales como los polimorfismos de nucleótidos individuales proporcionan cierto grado de diversidad.

A3.1.9 Diversidad de genomas de eucariotas

Los genomas varían en el tamaño global, el cual está determinado por la cantidad total de ADN. Los genomas también varían en la secuencia de bases. La variación entre especies es mucho mayor que la variación dentro de una especie.

A3.1.10 Comparación de tamaños de genomas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe extraer información sobre el tamaño del genoma de diferentes grupos taxonómicos de una base de datos para comparar el tamaño del genoma con la complejidad de los distintos organismos.

A3.1.11 Usos actuales y potenciales en el futuro de la secuenciación de genoma completo

Se abordan la velocidad creciente y la disminución de los costos. En relación con los usos actuales, se aborda la investigación de las relaciones evolutivas y, respecto a los potenciales usos futuros, se aborda la medicina personalizada.

Temas adicionales del Nivel Superior

A3.1.12 Dificultades en la aplicación del concepto de especie biológica a las especies que se reproducen asexualmente y a las bacterias que tienen una transferencia genética horizontal

El concepto de especie biológica no funciona bien con grupos de organismos que no se reproducen sexualmente o en los que se pueden transferir genes de una especie a otra.

A3.1.13 El número de cromosomas como rasgo compartido dentro de una especie

Es improbable que el cruzamiento entre especies estrechamente emparentadas genere descendencia fértil si los números de cromosomas de los progenitores son diferentes.

A3.1.14 Interacción con especies vegetales o animales locales para desarrollar una clave dicotómica

Aplicación de habilidades: El alumnado debe interactuar con especies locales, ya sean vegetales o animales, para desarrollar una clave dicotómica.

A3.1.15 Identificación de especies a partir de ADN ambiental en un hábitat utilizando códigos de barras

El uso de códigos de barras y de ADN ambiental permite investigar rápidamente la biodiversidad de los hábitats.

Preguntas transversales

- ¿Qué podría causar que una especie persista o se extinga?
- ¿Cómo ejemplifican las especies los patrones de variación discontinua y continua?

A3.2 Clasificación y cladística

Unidad y diversidad: organismos

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué herramientas se utilizan para clasificar los organismos en grupos taxonómicos?
- ¿Cómo difieren los métodos cladísticos de los métodos taxonómicos tradicionales?

Temas adicionales del Nivel Superior

Nota: No hay contenido del NM en A3.2.

A3.2.1 Necesidad de la clasificación de organismos

La clasificación se precisa debido a la enorme diversidad de especies. Una vez completada la clasificación, se facilita un amplio estudio posterior.

A3.2.2 Dificultades para clasificar organismos en la jerarquía de taxones tradicional

La jerarquía tradicional de reino, filo, clase, orden, familia, género y especie no corresponde siempre a los patrones de divergencia generados por la evolución.

Naturaleza de la ciencia: Una clasificación basada en categorías fijas de taxones (reino, filo, etc.) resulta arbitraria, ya que no refleja la gradación de la variación. La cladística ofrece un enfoque alternativo de clasificación empleando clados sin clasificar. Es un ejemplo del cambio de paradigma que a veces se produce en las teorías científicas.

A3.2.3 Ventajas de la clasificación correspondiente a las relaciones evolutivas

La clasificación ideal sigue relaciones evolutivas, de modo que todos los miembros de un grupo taxonómico han evolucionado a partir de un ancestro común. Las características de los organismos de un grupo de este tipo se pueden predecir, ya que estas se comparten dentro de un clado.

A3.2.4 Los clados como grupos de organismos con ascendencia común y características compartidas

Las pruebas más objetivas para ubicar unos organismos en el mismo clado se obtienen de las secuencias de bases de los genes o de las secuencias de aminoácidos de las proteínas. Los rasgos morfológicos se pueden utilizar para asignar los organismos a los clados.

A3.2.5 Acumulación gradual de las diferencias de secuencias como base para las estimaciones de cuándo divergieron los clados de un ancestro común

Este método de estimación temporal se conoce como “reloj molecular”. El reloj molecular solo puede proporcionar estimaciones, debido a que las tasas de mutación resultan afectadas por la duración del tiempo de generación, el tamaño de una población, la intensidad de la presión selectiva y otros factores.

A3.2.6 Secuencias de bases de los genes o secuencias de aminoácidos de proteínas como base para la construcción de cladogramas

Los ejemplos pueden ser simples y estar basados en datos de muestra para ilustrar la herramienta.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe reconocer que unos criterios de juicio diferentes pueden llevar a distintas hipótesis. En este caso se emplea el análisis de parsimonia para seleccionar el cladograma más probable, en el cual la variación de las secuencias observadas entre clados se explica mediante el menor número de cambios de secuencia.

A3.2.7 Análisis de cladogramas

El alumnado debe ser capaz de deducir las relaciones evolutivas, los ancestros comunes y los clados de un cladograma. Debe comprender los términos *raíz*, *nodo* y *rama terminal*, y también que un nodo representa un ancestro común hipotético.

A3.2.8 Uso de la cladística para investigar si la clasificación de grupos se corresponde con las relaciones evolutivas

Se podría emplear un estudio de caso de transferencia de especies vegetales entre familias para desarrollar la comprensión al respecto, por ejemplo, a través de la reclasificación de la familia de las escrofulariáceas (*Scrophulariaceae*). Sin embargo, no se requiere que el alumnado memorice los detalles del estudio de caso.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe saber que las teorías y otras afirmaciones de conocimiento científico podrían refutarse. En este ejemplo, las similitudes de morfología por evolución convergente, en lugar de por ascendencia común, sugirieron una clasificación falsa, tal como demostró la cladística.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

A3.2.9 Clasificación de todos los organismos en tres dominios utilizando pruebas de secuencias de bases de ARNr

Esta es la reclasificación revolucionaria, con un nivel taxonómico extra por encima de los reinos, que se propuso en 1977.

Preguntas transversales

- ¿Cómo se pueden explicar las semejanzas entre organismos lejanamente emparentados entre sí?
- ¿Qué ejemplos podrían mencionarse de ideas sobre las cuales disienten los biólogos(as)?

A4.1 Evolución y especiación

Unidad y diversidad: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 1 hora

Preguntas de orientación

- ¿Qué pruebas hay de la evolución?
- ¿De qué modo ejemplifican las estructuras análogas y homólogas los aspectos comunes y la diversidad?

NM y NS

A4.1.1 La evolución como cambio de las características heredables de una población

Esta definición ayuda a distinguir la evolución darwiniana del lamarckismo. Los cambios adquiridos que no tienen un origen genético no se consideran evolución.

Naturaleza de la ciencia: La teoría de la evolución por selección natural predice y explica un amplio espectro de observaciones. Además, no es probable que pueda ser refutada. No obstante, la naturaleza de la ciencia hace imposible demostrar formalmente que sea verdad por correspondencia. Se trata de una verdad pragmática y, por consiguiente, se considera una teoría, pese a todas las pruebas que la respaldan.

A4.1.2 Pruebas de la evolución proporcionadas por secuencias de bases en el ADN o el ARN y secuencias de aminoácidos en las proteínas

Los datos de las secuencias aportan pruebas contundentes de la ascendencia común.

A4.1.3 Pruebas de la evolución proporcionadas por la cría selectiva de animales domesticados y plantas de cultivo

La variación entre las diferentes razas de animales domesticados y las variedades de plantas de cultivo, y entre estas y las especies silvestres originales, muestra la rapidez con la que pueden producirse los cambios evolutivos.

A4.1.4 Pruebas de la evolución proporcionadas por estructuras homólogas

Se aborda el ejemplo de las extremidades pentadáctilas.

A4.1.5 La evolución convergente como origen de las estructuras análogas

El alumnado debe comprender que las estructuras análogas tienen la misma función, aunque distintos orígenes evolutivos. Además, debe conocer, al menos, un ejemplo de características análogas.

A4.1.6 Especiación por separación de especies preexistentes

El alumnado debe saber que este es el único modo mediante el cual han aparecido especies nuevas. También debe comprender que la especiación aumenta el número total de especies sobre la Tierra y que la extinción lo reduce. Asimismo, debe comprender que el cambio evolutivo gradual en una especie no es especiación.

A4.1.7 Funciones del aislamiento reproductivo y selección diferencial en la especiación

Se aborda el aislamiento geográfico como causa del aislamiento reproductivo. Se utiliza la separación de los bonobos y los chimpancés comunes por el río Congo como ejemplo específico de divergencia debida a la selección diferencial.

Temas adicionales del Nivel Superior

A4.1.8 Diferencias y semejanzas entre la especiación simpátrica y alopátrica

El alumnado debe comprender que el aislamiento reproductivo puede ser geográfico, comportamental o temporal.

A4.1.9 La radiación adaptativa como fuente de biodiversidad

La radiación adaptativa permite que coexistan especies estrechamente emparentadas sin competir, con lo que aumenta la biodiversidad en los ecosistemas en los que hay nichos vacantes.

A4.1.10 Barreras a la hibridación y esterilidad de híbridos interespecíficos como mecanismos de prevención de la mezcla de alelos entre especies

El comportamiento del cortejo a menudo impide la hibridación en las especies animales. Una mula es un ejemplo de híbrido estéril.

A4.1.11 Especiación abrupta en plantas por hibridación y poliploidía

Se usan como ejemplo los chilillos o sangrinas (género *Persicaria*), ya que este grupo incluye muchas especies que se han desarrollado mediante estos procesos.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

Preguntas transversales

- ¿Cómo se predice y explica la unidad y diversidad de la vida en la Tierra mediante la teoría de la evolución por selección natural?
- ¿Qué pruebas sólidas hay en biología?

A4.2 Conservación de la biodiversidad

Unidad y diversidad: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué factores están causando la sexta extinción masiva de especies?
- ¿Cómo pueden minimizar los conservacionistas la pérdida de biodiversidad?

NM y NS

A4.2.1 Biodiversidad como la variedad de la vida en todas sus formas, niveles y combinaciones

Se abordan la diversidad de ecosistemas, diversidad de especies y diversidad genética.

A4.2.2 Comparaciones entre el número actual de especies en la Tierra y los niveles pasados de biodiversidad

Aunque se han descubierto, nombrado y descrito millones de especies, existen muchas más aún por descubrir. Las pruebas proporcionadas por los fósiles sugieren que actualmente hay más especies vivas en la Tierra de las que hubo en cualquier otro momento en el pasado.

Naturaleza de la ciencia: La clasificación es un ejemplo de reconocimiento de patrones, si bien las mismas observaciones se pueden clasificar de diferentes maneras. Por ejemplo, los desglosadores reconocen más especies que los agrupadores en un grupo taxonómico dado.

A4.2.3 Causas de la extinción antropogénica de especies

Para proporcionar una serie de causas, se llevan a cabo tres o más estudios de casos breves sobre la extinción de especies: el moa gigante de la Isla Norte (*Dinornis novaezealandiae*) debe usarse como ejemplo de la pérdida de megafauna terrestre, la foca monje del Caribe (*Neomonachus tropicalis*) debe usarse como ejemplo de la pérdida de una especie marina y se incluirá cualquier otra especie que se haya extinguido en una región que resulte conocida para el alumnado.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

A4.2.4 Causas de la pérdida de ecosistemas

El alumnado debe estudiar únicamente las causas que sean directa o indirectamente antropogénicas. Se abordan dos estudios de casos de pérdida de ecosistemas. Uno debería ser la pérdida del bosque mixto de dipterocarpos del sureste de Asia y el otro, si fuera posible, debería ser un ecosistema perdido en una región que sea familiar para el alumnado.

A4.2.5 Pruebas de una crisis de biodiversidad

Se pueden obtener pruebas de informes de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas, así como de otras fuentes. Se requieren resultados obtenidos de estudios fiables sobre biodiversidad realizados en una amplia gama de hábitats de todo el mundo. El alumnado debe comprender que los estudios deben repetirse para proporcionar pruebas del cambio de la regularidad y riqueza de especies. Puede recurrirse a contribuciones tanto de científicos(as) expertos como de científicos(as) aficionados.

Naturaleza de la ciencia: Para que sean verificables, las pruebas normalmente deben proceder de una fuente publicada que haya sido revisada por pares y que permita comprobar la metodología. Los datos recogidos por gente aficionada en lugar de por la comunidad científica no solo aportan beneficios, sino que también plantean cuestiones problemáticas únicas relativas a la metodología.

A4.2.6 Causas de la actual crisis de biodiversidad

Se aborda el crecimiento de la población humana como causa preponderante, junto con las siguientes causas específicas: caza y otras formas de sobreexplotación; urbanización; deforestación y desmonte de tierras para usos agrícolas, con la consiguiente pérdida de hábitat natural; contaminación y propagación de plagas; y enfermedades y especies alóctonas invasivas debido al transporte global.

A4.2.7 Necesidad de diversos enfoques para la conservación de la biodiversidad

Ningún enfoque individual basta por sí mismo, requiriéndose distintas medidas para diferentes especies. Se abordan la conservación *in situ* de especies en hábitats naturales, la gestión de reservas naturales, la resilvestración y la recuperación de ecosistemas degradados, la conservación *ex situ* en zoológicos y jardines botánicos, y el almacenamiento de germoplasma en bancos de tejidos o de semillas.

A4.2.8 Selección de especies evolutivamente distintas y en peligro de extinción global para una priorización de la conservación en el programa EDGE of Existence

El alumnado debe comprender los fundamentos subyacentes al enfoque de los esfuerzos de conservación sobre especies evolutivamente distintas y en peligro de extinción global.

Naturaleza de la ciencia: Cuestiones como, por ejemplo, qué especies deberían priorizarse para los esfuerzos de conservación presentan complejas implicaciones éticas, ambientales, políticas, sociales, culturales y económicas, por lo que es preciso debatirlas.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en A4.2.

Preguntas transversales

- ¿De qué formas es la diversidad una propiedad de la vida en todos los niveles de organización biológica?
- ¿Cómo contribuye la variación a la estabilidad de las comunidades ecológicas?

B1.1 Glúcidos y lípidos

Forma y función: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

Preguntas de orientación

- ¿De qué modos permiten las variaciones de forma la diversidad de función en glúcidos y lípidos?
- ¿Cómo se comparan glúcidos y lípidos respecto a su condición de compuestos de almacenamiento de energía?

NM y NS

B1.1.1 Propiedades químicas de un átomo de carbono que permiten la formación de los diversos compuestos en los que se basa la vida

El alumnado debe comprender la naturaleza de un enlace covalente. También debe comprender que un átomo de carbono puede formar hasta cuatro enlaces simples o bien una combinación de enlaces simples y dobles con otros átomos de carbono o con átomos de otros elementos no metálicos. Se abordan entre la diversidad de compuestos de carbono ejemplos de moléculas con cadenas ramificadas o no ramificadas, y anillos simples o múltiples.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe comprender que las convenciones científicas se basan en el acuerdo internacional (prefijos de unidades métricas del Sistema Internacional de Unidades “kilo-”, “centi-”, “mili-”, “micro-” y “nano-”).

B1.1.2 Producción de macromoléculas por reacciones de condensación que unen monómeros para formar un polímero

El alumnado debe estar familiarizado con ejemplos de polisacáridos, polipéptidos y ácidos nucleicos.

B1.1.3 Digestión de polímeros para dar monómeros por reacciones de hidrólisis

Las moléculas de agua se dividen para proporcionar los grupos -H y -OH que se incorporan para producir monómeros, de ahí el nombre de este tipo de reacción.

B1.1.4 Forma y función de los monosacáridos

El alumnado debe ser capaz de reconocer las pentosas y hexosas como monosacáridos a partir de diagramas moleculares donde se representen en forma de anillos. Se usa la glucosa como ejemplo de la relación entre las propiedades de un monosacárido y su utilización, haciendo énfasis en las propiedades de solubilidad, transportabilidad, estabilidad química y producción de energía obtenida de la oxidación.

B1.1.5 Polisacáridos como compuestos de almacenamiento de energía

Se abordan la naturaleza compacta del almidón en las plantas y del glucógeno en animales debido a la espiralización y ramificación durante la polimerización, la insolubilidad relativa de estos compuestos debido a su gran tamaño molecular y la facilidad relativa para añadir o retirar monómeros de alfa glucosa por condensación e hidrólisis para producir reservas de energía o movilizarlas.

B1.1.6 Estructura de la celulosa relacionada con su función como polisacárido estructural en las plantas

Se aborda la orientación alterna de los monómeros de beta glucosa, produciendo cadenas lineales que se pueden agrupar en haces y cadenas reticuladas con enlaces de hidrógeno.

B1.1.7 Función de las glucoproteínas en el reconocimiento entre células

Se abordan como ejemplo los antígenos ABO.

B1.1.8 Propiedades hidrofóbicas de los lípidos

Los lípidos son sustancias de los organismos vivos que se disuelven en disolventes apolares, pero que son poco solubles en disolventes acuosos. Entre los lípidos se encuentran las grasas, los aceites, las ceras y los esteroides.

B1.1.9 Formación de triglicéridos y fosfolípidos por reacciones de condensación

Una molécula de glicerol se puede unir a tres moléculas de ácidos grasos o a dos moléculas de ácidos grasos y un grupo fosfato.

B1.1.10 Diferencia entre ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados

Se aborda el número de enlaces dobles de carbono ($C=C$) y cómo afecta al punto de fusión. Se relaciona con la prevalencia de diferentes tipos de ácidos grasos en los aceites y las grasas utilizados para el almacenamiento de energía en plantas y en animales endotermos, respectivamente.

B1.1.11 Triglicéridos en tejidos adiposos para el almacenamiento de energía y el aislamiento térmico

El alumnado debe comprender que las propiedades de los triglicéridos hacen que estos compuestos sean adecuados para funciones de almacenamiento de energía a largo plazo. También debe ser capaz de relacionar el uso de los triglicéridos como aislantes térmicos para el hábitat y la temperatura corporal.

B1.1.12 Formación de bicapas fosfolipídicas como consecuencia de las regiones hidrofóbicas e hidrofílicas

El alumnado debe emplear y comprender el término *anfipático*.

B1.1.13 Capacidad de los esteroides apolares para atravesar la bicapa fosfolipídica

Se abordan como ejemplos el estradiol y la testosterona. El alumnado debe ser capaz de identificar compuestos como los esteroides en diagramas moleculares.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en B1.1.

Preguntas transversales

- ¿Cómo se pueden acumular y convertir en sumideros de carbono los compuestos sintetizados por los organismos vivos?
- ¿Cuáles son las funciones de la oxidación y la reducción en los sistemas biológicos?

B1.2 Proteínas

Forma y función: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas**Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas****Preguntas de orientación**

- ¿Qué relación hay entre la secuencia de aminoácidos y la diversidad en la forma y la función de las proteínas?
- ¿Cómo se ven afectadas las moléculas de proteína por sus medios químicos y físicos?

NM y NS**B1.2.1 Estructura generalizada de un aminoácido**

El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión un diagrama de un aminoácido generalizado en el que se muestre el átomo de carbono alfa con el grupo amino, el grupo carboxilo, el grupo R y el hidrógeno unidos.

B1.2.2 Reacciones de condensación formadoras de dipéptidos y cadenas más largas de aminoácidos

El alumnado debe ser capaz de escribir la ecuación de palabras para esta reacción y dibujar con precisión un dipéptido generalizado tras modelizar la reacción con modelos moleculares.

B1.2.3 Requisitos dietéticos de aminoácidos

Los aminoácidos esenciales no pueden sintetizarse y deben obtenerse de la dieta. Los aminoácidos no esenciales se pueden obtener a partir de otros aminoácidos. No se requiere que el alumnado dé ejemplos de aminoácidos esenciales y aminoácidos no esenciales. En las dietas veganas hay que poner atención para garantizar el consumo de aminoácidos esenciales.

B1.2.4 Variedad infinita de posibles cadenas peptídicas

Se abordan las ideas de que en el código genético se codifican 20 aminoácidos, de que las cadenas peptídicas pueden tener cualquier número de aminoácidos, desde unos pocos hasta varios miles, y de que los aminoácidos pueden estar en ellas en cualquier orden. El alumnado debe estar familiarizado con ejemplos de polipéptidos.

B1.2.5 Efecto del pH y de la temperatura sobre la estructura de las proteínas

Se aborda el término *desnaturalización*.

Temas adicionales del Nivel Superior

B1.2.6 Diversidad química en los grupos R de los aminoácidos como base para la inmensa diversidad de formas y funciones de las proteínas

No se requiere que el alumnado dé ejemplos específicos de los grupos R. No obstante, debe comprender que los grupos R determinan las propiedades de los polipéptidos ensamblados. También debe saber que los grupos R son hidrofóbicos o hidrofílicos, que los grupos R hidrofílicos son polares o están cargados y que pueden ser ácidos o básicos.

B1.2.7 Efecto de la estructura primaria sobre la conformación de las proteínas

El alumnado debe comprender que la secuencia de los aminoácidos y la posición precisa de cada aminoácido en una estructura concreta determina la forma tridimensional de las proteínas. Por consiguiente, las proteínas tienen estructuras precisas, predecibles y repetibles, pese a su complejidad.

B1.2.8 Plegamiento y espiralización de la estructura secundaria de las proteínas

Se abordan los enlaces de hidrógeno en posiciones regulares para estabilizar las hélices alfa y láminas beta.

B1.2.9 Dependencia de la estructura terciaria sobre los enlaces de hidrógeno, los enlaces iónicos, los enlaces covalentes disulfuro y las interacciones hidrofóbicas

No se requiere que el alumnado nombre ejemplos de aminoácidos que participen en estos tipos de enlaces, salvo los pares de cisteínas que forman los enlaces disulfuro. Debe comprender que los grupos amino y carboxilo de los grupos R pueden cargarse positiva o negativamente mediante la unión o la disociación de iones de hidrógeno, y que estos pueden participar en enlaces iónicos.

B1.2.10 Efecto de los aminoácidos polares y no polares sobre la estructura terciaria de las proteínas

En las proteínas que son solubles en agua, los aminoácidos hidrofóbicos se agrupan en el núcleo de las proteínas globulares. Las proteínas integrales tienen regiones con aminoácidos hidrofóbicos, lo que las ayuda a estar integradas en las membranas.

B1.2.11 Estructura cuaternaria de proteínas conjugadas y no conjugadas

Se abordan la insulina y el colágeno como ejemplos de proteínas no conjugadas, y la hemoglobina como ejemplo de proteína conjugada.

Naturaleza de la ciencia: La tecnología permite representar y visualizar imágenes de estructuras que serían imposibles de observar con los sentidos sin ayuda. Por ejemplo, la microscopía electrónica criogénica ha permitido visualizar moléculas de proteínas simples y sus interacciones con otras moléculas.

B1.2.12 Relación entre la forma y la función en proteínas globulares y proteínas fibrosas

El alumnado debe conocer la diferencia de forma entre las proteínas globulares y las proteínas fibrosas, y comprender que sus formas las hacen aptas para funciones específicas. Se usan la insulina y el colágeno para ejemplificar el modo en que están relacionadas la forma y la función.

Preguntas transversales

- ¿Cómo influyen los factores abióticos en la forma de las moléculas?
- ¿Qué relación hay entre el genoma y el proteoma de un organismo?

B2.1 Membranas y transporte de membrana

Forma y función: células

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se ensamblan las moléculas de lípidos y proteínas en las membranas biológicas?
- ¿Qué determina si una sustancia puede atravesar una membrana biológica?

NM y NS

B2.1.1 Bicapas lipídicas como base de las membranas celulares

Los fosfolípidos y otros lípidos anfipáticos forman de modo natural bicapas continuas laminares en el agua.

B2.1.2 Bicapas lipídicas como barreras

El alumnado debe comprender que las cadenas de hidrocarburos hidrofóbicas que constituyen el núcleo de una membrana tienen una baja permeabilidad a grandes moléculas y partículas hidrofílicas, incluidos iones y moléculas polares, lo que permite que las membranas funcionen como barreras efectivas entre distintos medios de soluciones acuosas.

B2.1.3 Difusión simple a través de las membranas

Se usa el movimiento de las moléculas de oxígeno y dióxido de carbono entre los fosfolípidos como ejemplo de difusión simple a través de las membranas.

B2.1.4 Proteínas integrales y proteínas periféricas en las membranas

Se hace énfasis en que las proteínas de membrana tienen diversas estructuras, ubicaciones y funciones. Las proteínas integrales se encuentran en una o en ambas capas de lípidos de una membrana. Las proteínas periféricas están unidas a una u otra superficie de la bicapa.

B2.1.5 Movimiento de las moléculas de agua a través de las membranas por ósmosis y función de las acuaporinas

Se explican el movimiento aleatorio de las partículas, la impermeabilidad de las membranas a los solutos y las diferencias en la concentración de solutos.

B2.1.6 Proteínas de canal para la difusión facilitada

El alumnado debe comprender que la estructura de las proteínas de canal facilita la permeabilidad selectiva de las membranas, permitiendo una difusión de iones específicos a través de ellas cuando los canales están abiertos, pero no cuando están cerrados.

B2.1.7 Proteínas de bombas para el transporte activo

El alumnado debe saber que las bombas utilizan la energía del trifosfato de adenosina (ATP, por sus siglas en inglés) para transferir partículas específicas a través de las membranas y, por consiguiente, son capaces de desplazar partículas en contra de un gradiente de concentración.

B2.1.8 Selectividad en la permeabilidad de las membranas

La difusión facilitada y el transporte activo permiten que haya una permeabilidad selectiva en las membranas. La permeabilidad por difusión simple no es selectiva y depende únicamente del tamaño de las partículas y de sus propiedades hidrofílicas o hidrofóbicas.

B2.1.9 Estructura y función de las glucoproteínas y de los glucolípidos

Se debe limitar a las estructuras de los glúcidos relacionadas con las proteínas o con los lípidos en las membranas, a la ubicación de los glúcidos en la cara extracelular de las membranas, y a las funciones de adhesión celular y reconocimiento celular.

B2.1.10 Modelo de mosaico fluido de la estructura membranal

El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión una representación en dos dimensiones del modelo e incluir proteínas periféricas y proteínas integrales, glucoproteínas, fosfolípidos y colesterol. También debe indicar las regiones hidrofóbicas e hidrofílicas.

Temas adicionales del Nivel Superior

B2.1.11 Relaciones entre la composición de ácidos grasos de las bicapas lipídicas y su fluidez

Los ácidos grasos insaturados de las bicapas lipídicas presentan puntos de fusión más bajos, por lo que las membranas son fluidas, siendo por consiguiente flexibles a las temperaturas a las que se ven expuestas las células. Los ácidos grasos saturados presentan puntos de fusión más elevados, lo que hace que las membranas sean más resistentes a temperaturas más altas. El alumnado debe estar familiarizado con un ejemplo de adaptación al hábitat en la composición de las membranas.

B2.1.12 Colesterol y fluidez de la membrana en células animales

El alumnado debe comprender la posición que tienen las moléculas de colesterol en las membranas y que el colesterol actúa como modulador (regulador) de la fluidez de la membrana, estabilizándola a temperaturas más altas e impidiendo su rigidez a temperaturas más bajas.

B2.1.13 Fluidez de la membrana, y fusión y formación de vesículas

Se abordan los términos *endocitosis* y *exocitosis*, y ejemplos de cada proceso.

B2.1.14 Canales de iones activados selectivamente en las neuronas

Se abordan los receptores nicotínicos de acetilcolina como ejemplo de canal iónico activado por neurotransmisor, y los canales de sodio y potasio como ejemplos de canales iónicos activados por voltaje.

B2.1.15 Bombas de sodio-potasio como ejemplo de transportadores de intercambio

Se aborda la importancia de estas bombas para generar potenciales de membrana.

B2.1.16 Cotransportadores de glucosa dependientes de sodio como ejemplo de transporte activo secundario

Se aborda la importancia de estos cotransportadores para la absorción de glucosa por las células en el intestino delgado y para la reabsorción de glucosa por las células en la nefrona.

B2.1.17 Adhesión de células para formar tejidos

Se abordan el término *moléculas de adhesión celular* y el uso de diferentes formas de dichas moléculas para los distintos tipos de uniones entre células. No se requiere que el alumnado tenga un conocimiento detallado de las diferentes moléculas de adhesión celular ni de las distintas uniones entre células.

Preguntas transversales

- ¿Qué procesos dependen del transporte activo en los sistemas biológicos?
- ¿Cuáles son las funciones de las membranas celulares en la interacción de una célula con su medio ambiente?

B2.2 Orgánulos y compartimentación

Forma y función: células

Nivel Medio y Nivel Superior: una hora

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo están adaptados los orgánulos de las células a sus funciones?

- ¿Qué ventajas tiene la compartimentación en las células?

NM y NS

B2.2.1 Los orgánulos como subunidades discretas de las células adaptadas para llevar a cabo funciones específicas

El alumnado debe comprender que la pared celular, el citoesqueleto y el citoplasma no se consideran orgánulos, y que los núcleos, las vesículas, los ribosomas y la membrana plasmática sí lo son.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe reconocer que el progreso en la ciencia a menudo es resultado del desarrollo de nuevas técnicas. Por ejemplo, el estudio de la función de diferentes orgánulos resultó posible tras inventarse la ultracentrifugación y desarrollarse métodos para su uso en el fraccionamiento celular.

B2.2.2 Ventaja de la separación del núcleo y del citoplasma en compartimentos separados

Se debe limitar a la separación de las actividades de transcripción de genes y traducción; la modificación postranscripcional de ARNm puede suceder antes de que el ARNm se encuentre con los ribosomas en el citoplasma. En procariotas, esto no es posible; el ARNm puede encontrarse inmediatamente con los ribosomas.

B2.2.3 Ventajas de la compartimentación en el citoplasma de las células

Se abordan la concentración de metabolitos y enzimas, y la separación de procesos bioquímicos incompatibles. También se abordan como ejemplos los lisosomas y las vacuolas fagocíticas.

Temas adicionales del Nivel Superior

B2.2.4 Adaptaciones de la mitocondria para la producción de ATP por respiración celular aeróbica

Se abordan las siguientes adaptaciones: una doble membrana con un pequeño volumen de espacio intermembranal, una gran superficie de crestas, y la compartimentación de enzimas y sustratos del ciclo de Krebs en la matriz.

B2.2.5 Adaptaciones del cloroplasto para la fotosíntesis

Se abordan las siguientes adaptaciones: la gran superficie de las membranas tilacoidales con fotosistemas, pequeños volúmenes de fluido en el interior de los tilacoides, y la compartimentación de enzimas y sustratos del ciclo de Calvin en el estroma.

B2.2.6 Ventajas funcionales de la doble membrana del núcleo

Se abordan la necesidad de poros en la membrana nuclear, y la descomposición de la membrana en vesículas durante la mitosis y la meiosis.

B2.2.7 Estructura y función de los ribosomas libres, y del retículo endoplasmático rugoso

Se contrasta la síntesis de proteínas efectuada por los ribosomas libres para su retención en la célula, con la síntesis de proteínas efectuada por los ribosomas ligados a la membrana en el retículo endoplasmático rugoso para el transporte dentro de la célula y la secreción.

B2.2.8 Estructura y función del aparato de Golgi

Se debe limitar a las funciones del aparato de Golgi en el procesamiento y la secreción de proteínas.

B2.2.9 Estructura y función de las vesículas en las células

Se aborda la función de la clatrina en la formación de vesículas.

Preguntas transversales

- ¿Qué ejemplos hay de las correlaciones entre la estructura y la función en cada nivel de organización biológica?
- ¿Qué técnicas de separación emplean los biólogos(as)?

B2.3 Especialización celular

Forma y función: células

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 1 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cuáles son las funciones de las células madre en los organismos multicelulares?
- ¿De qué modo están adaptadas las células diferenciadas a sus funciones especializadas?

NM y NS

B2.3.1 Producción de células no especializadas tras la fertilización y su desarrollo a células especializadas por diferenciación

El alumnado debe comprender el efecto de los gradientes sobre la expresión génica en un embrión en etapa temprana.

B2.3.2 Propiedades de las células madre

Se debe limitar a la capacidad de las células para dividirse sin fin y diferenciarse a lo largo de diferentes rutas.

B2.3.3 Ubicación y función de los nichos de las células madre en seres humanos adultos

Se debe limitar a dos ejemplos de ubicaciones, y a la comprensión de que el nicho de células madre puede mantener las células o bien promover su proliferación y diferenciación. La médula ósea y los folículos pilosos son ejemplos adecuados.

B2.3.4 Diferencias entre células madre totipotentes, pluripotentes y multipotentes

El alumnado debe saber que, aunque las células madre de embriones animales en una etapa temprana son totipotentes, pronto se vuelven pluripotentes, mientras que las células madre de tejidos adultos, como por ejemplo la médula ósea, son multipotentes.

B2.3.5 El tamaño celular como aspecto de la especialización

Se considera el rango de tamaños celulares en los seres humanos, incluyendo los gametos masculinos y femeninos, los glóbulos rojos y blancos, las neuronas y las fibras musculares estriadas.

B2.3.6 Relaciones superficie-volumen y limitaciones del tamaño celular

El alumnado debe comprender la relación matemática entre el volumen y la superficie, y que el intercambio de materiales a través de la superficie de una célula depende de su área, en tanto que la necesidad de intercambio depende del volumen celular.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe saber que los modelos son versiones simplificadas de sistemas complejos. En este caso, la relación entre superficie y volumen se puede modelizar utilizando cubos con lados de diferente longitud. Aunque los cubos tienen una forma más simple que la forma de los organismos reales, los factores de escala operan de modo similar.

Temas adicionales del Nivel Superior

B2.3.7 Adaptaciones al aumento de las relaciones superficie-volumen de las células

Se aborda el aplanamiento de las células, las microvellosidades y la invaginación. Se usan como ejemplos los eritrocitos y las células de túbulo contorneado proximal en la nefrona.

B2.3.8 Adaptaciones de los neumocitos tipo I y II en los alveolos

Se debe limitar al estudio de la extrema delgadez a fin de reducir las distancias para la difusión en los neumocitos tipo I y el estudio de la presencia de muchas vesículas secretoras (cuerpos lamelares) en el citoplasma que descargan surfactante al lumen alveolar de los neumocitos tipo II. El epitelio alveolar es un ejemplo de tejido en el que hay presente más de un tipo celular, al requerirse diferentes adaptaciones para la función global del tejido.

B2.3.9 Adaptaciones de las células musculares cardíacas y de las fibras musculares estriadas

Se abordan la presencia de miofibrillas contráctiles en ambos tipos de músculos y las hipótesis a favor de dichas diferencias: ramificación (ramificadas o sin ramificar), y la longitud y el número de núcleos. Se discute también acerca de si una fibra muscular estriada es una célula.

B2.3.10 Adaptaciones de las células espermáticas y los ovocitos

Se debe limitar a los gametos en los seres humanos.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son las ventajas del tamaño pequeño y del tamaño grande en los sistemas biológicos?
- ¿Cómo llega a producirse la diferenciación de las células?

B3.1 Intercambio de gases

Forma y función: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas**Temas adicionales del Nivel Superior: 1 hora****Preguntas de orientación**

- ¿Cómo están adaptados los organismos multicelulares para llevar a cabo el intercambio de gases?
- ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias en el intercambio de gases entre una planta con flores y un mamífero?

NM y NS**B3.1.1 El intercambio de gases como función vital de todos los organismos**

El alumnado debe saber que los desafíos van siendo mayores conforme aumenta el tamaño de los organismos, debido a que la relación superficie-volumen disminuye conforme aumenta el tamaño, y a que va aumentando la distancia desde el centro de un organismo hasta su exterior.

B3.1.2 Propiedades de las superficies donde tiene lugar el intercambio de gases

Se abordan la permeabilidad, las capas de tejido delgadas, la humedad y las superficies grandes.

B3.1.3 Mantenimiento de los gradientes de concentración en las superficies de intercambio en animales

Se abordan las densas redes de vasos sanguíneos, el flujo sanguíneo continuo y la ventilación con aire para los pulmones y con agua para las branquias.

B3.1.4 Adaptaciones de los pulmones de los mamíferos para el intercambio de gases

Se debe limitar a los pulmones con alveolos de un mamífero. Las adaptaciones deben incluir la presencia de surfactante, una red ramificada de bronquiolos, los extensos lechos capilares y una gran superficie.

B3.1.5 Ventilación de los pulmones

El alumnado debe comprender la función del diafragma, de los músculos intercostales, de los músculos abdominales y de las costillas.

B3.1.6 Medición de volúmenes pulmonares

Aplicación de habilidades: El alumnado debe llevar a cabo mediciones para determinar el volumen corriente, la capacidad vital, y los volúmenes de reserva inspiratoria y expiratoria.

B3.1.7 Adaptaciones para el intercambio de gases en hojas

Las adaptaciones de las estructuras foliares deben incluir la cutícula cerosa, la epidermis, los espacios de aire, el mesófilo esponjoso, las células de protección de los estomas y las venas foliares.

B3.1.8 Distribución de tejidos en una hoja

El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión y rotular un diagrama donde se muestre la distribución de tejidos en una sección transversal de una hoja de dicotiledónea.

B3.1.9 La transpiración como consecuencia del intercambio de gases en una hoja

El alumnado debe ser consciente de los factores que afectan a la tasa de transpiración.

B3.1.10 Densidad estomática

Aplicación de habilidades: El alumnado debe utilizar micrografías o elaborar moldes de hojas para determinar la densidad estomática.

Naturaleza de la ciencia: La fiabilidad de los datos cuantitativos aumenta mediante la repetición de las mediciones. En este caso, los recuentos repetidos del número de estomas visibles en el campo visual con una gran resolución ilustran la variabilidad del material biológico y la necesidad de reproducir los ensayos.

Temas adicionales del Nivel Superior

B3.1.11 Adaptaciones de la hemoglobina fetal y adulta para el transporte del oxígeno

Se abordan la unión cooperativa del oxígeno a los grupos hemo y la unión alostérica del dióxido de carbono.

B3.1.12 Efecto Bohr

El alumnado debe comprender cómo un incremento del dióxido de carbono provoca una mayor disociación del oxígeno y los beneficios de ello para los tejidos que respiran.

B3.1.13 Las curvas de disociación de oxígeno como medio de representación de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno a diferentes concentraciones de oxígeno

Se explica la forma en S de la curva respecto a la unión cooperativa.

Preguntas transversales

- ¿Cómo solucionan los organismos multicelulares el problema del acceso a los distintos materiales para todas sus células?
- ¿Qué relación hay entre el intercambio de gases y los procesos metabólicos en las células?

B3.2 Transporte

Forma y función: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué adaptaciones facilitan el transporte de fluidos en animales y plantas?
- ¿Cuáles son las diferencias y semejanzas entre el transporte en animales y en plantas?

NM y NS

B3.2.1 Adaptaciones de los capilares para el intercambio de materiales entre la sangre y el medio interno o externo

Las adaptaciones deben incluir una gran superficie debido a la ramificación y unos diámetros estrechos, paredes delgadas y fenestraciones en algunos capilares en los que el intercambio debe ser especialmente rápido.

B3.2.2 Estructura de arterias y venas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de distinguir las arterias y las venas en micrografías a partir de la estructura de la pared de un vaso sanguíneo y su grosor relativo respecto al diámetro del lumen.

B3.2.3 Adaptaciones de las arterias para el transporte de la sangre fuera del corazón

El alumnado debe comprender cómo ayudan las capas de músculo y el tejido elástico de las paredes de las arterias a resistir y mantener unas presiones sanguíneas altas.

B3.2.4 Medición de las pulsaciones

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de determinar el ritmo cardíaco tomando el pulso carotídeo o radial con las yemas de los dedos. Podrían compararse los métodos tradicionales con los digitales.

B3.2.5 Adaptaciones de las venas para el retorno de la sangre al corazón

Se aborda el estudio de las válvulas que impiden el reflujo y la flexibilidad de la pared para permitir su compresión por acción de los músculos.

B3.2.6 Causas y consecuencias de la oclusión de las arterias coronarias

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de evaluar datos epidemiológicos relativos a la incidencia de la enfermedad cardíaca coronaria.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe comprender que los coeficientes de correlación cuantifican las correlaciones entre variables y permiten evaluar la fortaleza de la relación. Unos coeficientes de correlación bajos o la falta de correlación podrían proporcionar pruebas en contra de una hipótesis, pero incluso unas altas correlaciones, como las existentes entre la ingesta de grasas saturadas y la enfermedad cardíaca coronaria, no demuestran una relación causal.

B3.2.7 Transporte de agua desde las raíces hasta las hojas durante la transpiración

El alumnado debe comprender que la pérdida de agua por transpiración desde las paredes celulares en las células de las hojas causa una extracción de agua de los vasos del xilema y a través de dichas paredes por acción capilar, lo que provoca una tensión hídrica (potenciales de presión negativos). Esta tensión es la responsable del impulso hacia arriba del agua en el xilema. La cohesión garantiza una columna continua de agua.

B3.2.8 Adaptaciones de los vasos del xilema para el transporte de agua

Se abordan la falta de contenidos celulares y paredes finales incompletas o ausentes para un flujo sin impedimentos, paredes lignificadas para resistir las tensiones, y punteaduras para la entrada y salida de agua.

B3.2.9 Distribución de tejidos en una sección transversal del tallo de una planta dicotiledónea

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión diagramas a partir de micrografías para identificar las posiciones relativas de los haces vasculares, el xilema, el floema, la corteza y la epidermis. También debe anotar en el diagrama las funciones principales de dichas estructuras.

B3.2.10 Distribución de tejidos en una sección transversal de la raíz de una planta dicotiledónea

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión diagramas a partir de micrografías para identificar los haces vasculares, el xilema, el floema, la corteza y la epidermis.

Temas adicionales del Nivel Superior

B3.2.11 Liberación y reabsorción de líquido tisular en los capilares

El líquido tisular se forma por filtración a presión del plasma en los capilares. Ello lo provoca la mayor presión de la sangre de las arteriolas. La presión más baja en las vénulas permite que el líquido tisular vuelva a los capilares.

B3.2.12 Intercambio de sustancias entre el líquido tisular y las células de los tejidos

Se discute la composición del plasma y del líquido tisular.

B3.2.13 Drenaje del exceso de líquido tisular en los conductos linfáticos

Se debe limitar a la presencia de válvulas y paredes delgadas con huecos en los conductos linfáticos y al retorno de la linfa a la circulación sanguínea.

B3.2.14 Diferencias entre la circulación simple en los peces óseos y la circulación doble en los mamíferos

Son suficientes unos diagramas del circuito simple para mostrar la secuencia de los órganos a través de los que pasa la sangre.

B3.2.15 Adaptaciones del corazón de los mamíferos para suministrar sangre a presión a las arterias

Se abordan las adaptaciones relacionadas con la forma-función de las siguientes estructuras: músculo cardíaco, marcapasos, aurículas, ventrículos, válvulas aurículoventriculares y semilunares, septo y vasos coronarios. El alumnado debe ser capaz de identificar estas características en un diagrama del corazón en el plano frontal y seguir el flujo sanguíneo unidireccional desde venas concretas hasta las arterias.

B3.2.16 Fases del ciclo cardíaco

Aplicación de habilidades: El alumnado debe comprender la secuencia de actividades en el lado izquierdo del corazón que siguen a la iniciación del latido del corazón por parte del nódulo sinoauricular (el marcapasos). También debe ser capaz de interpretar mediciones de presión sanguínea sistólica y diastólica a partir de datos y gráficos.

B3.2.17 Generación de presión radicular en los vasos del xilema por transporte activo de iones minerales

La presión radicular es un potencial de presión positivo generado para causar el movimiento del agua en raíces y tallos cuando el transporte en el xilema por transpiración es insuficiente, por ejemplo, cuando una elevada humedad impide la transpiración, o en la primavera, antes de que se hayan desplegado las hojas en las plantas caducifolias.

B3.2.18 Adaptaciones de los tubos cribosos del floema y de las células acompañantes para la translocación de savia

Se abordan las placas cribosas, la reducción de citoplasma y de orgánulos, la falta de núcleo en los elementos del tubo criboso, y la presencia de muchas mitocondrias en las células acompañantes y los plasmodesmos entre estas. El alumnado debe saber cómo facilitan estas adaptaciones el flujo de savia, y cómo aumenta la carga de compuestos de carbono hacia los tubos cribosos del floema en las fuentes y la descarga de estos en los sumideros.

Preguntas transversales

- ¿Cómo contribuyen las diferencias de presión al movimiento de materiales en un organismo?
- ¿Qué procesos cíclicos tienen lugar en cada nivel de organización biológica?

B3.3 Músculo y motilidad

Forma y función: organismos

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se contraen los músculos y causan el movimiento?
- ¿Cuáles son los beneficios para los animales de tener tejido muscular?

Temas adicionales del Nivel Superior

Nota: No hay contenido del NM en B3.3.

B3.3.1 Adaptaciones para el movimiento como característica universal de los organismos vivos

El alumnado debe explorar el concepto de movimiento tomando en consideración toda una serie de organismos, incluyendo una especie móvil y una especie sésil.

B3.3.2 Modelo de los filamentos deslizantes de la contracción muscular

El alumnado debe comprender cómo se contrae un sarcómero mediante el deslizamiento de los filamentos de actina y miosina.

B3.3.3 Función de la proteína titina y los músculos antagonistas en la relajación muscular

La proteína titina, de un tamaño enorme, ayuda a los sarcómeros a retroceder tras estirarse, impidiendo así un sobrestiramiento. Los músculos antagonistas se requieren para que el tejido muscular solo pueda ejercer fuerza al contraerse.

B3.3.4 Estructura y función de las unidades motoras en el músculo esquelético

Se abordan la neurona motora, las fibras musculares y las uniones neuromusculares que las conectan.

B3.3.5 Funciones de los esqueletos como anclaje para los músculos y como palancas

El alumnado debe saber que los artrópodos tienen exoesqueletos y los vertebrados tienen endoesqueletos.

B3.3.6 Movimiento de una articulación sinovial

Se abordan las funciones de los huesos, del cartílago, del líquido sinovial, de los ligamentos, de los músculos y de los tendones. Se usa como ejemplo la articulación de la cadera humana. No se requiere que el alumnado nombre los músculos y ligamentos, pero sí que sea capaz de nombrar el fémur y la pelvis.

B3.3.7 Rango de movimiento de una articulación

Aplicación de habilidades: El alumnado debe comparar la amplitud de movimiento de una articulación en varias dimensiones. También debe medir los ángulos de la articulación utilizando análisis de imágenes por computadora o un goniómetro.

B3.3.8 Músculos intercostales internos y externos como ejemplo de la acción de músculos antagonistas para facilitar movimientos corporales internos

El alumnado debe saber que las diferentes orientaciones de las fibras musculares en las capas internas y externas de los músculos intercostales implican que estas mueven la caja torácica en direcciones opuestas y que, cuando se contrae una de estas capas, se estira la otra, almacenándose energía potencial en la proteína titina del sarcómero.

B3.3.9 Razones para la locomoción

Se abordan acciones como buscar alimento, escapar de los peligros, buscar pareja y migrar, dando un ejemplo de cada acción.

B3.3.10 Adaptaciones para nadar en los mamíferos marinos

Se abordan la forma aerodinámica, la adaptación de las extremidades para desarrollar aletas pectorales y de la cola para transformarse en una aleta caudal con un movimiento de batida arriba y abajo, y los cambios en las vías respiratorias para permitir una respiración periódica entre inmersiones.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes de la dispersión de descendientes alejándose de sus progenitores?
- ¿En qué modos contribuye la locomoción a la evolución de los organismos vivos?

B4.1 Adaptación al medio ambiente

Forma y función: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se relacionan las adaptaciones y los hábitats de las especies?
- ¿Qué causa las similitudes entre ecosistemas en un bioma terrestre?

NM y NS

B4.1.1 El hábitat como lugar en el cual vive una comunidad, una especie, una población o un organismo

Una descripción del hábitat de una especie puede incluir tanto las ubicaciones geográficas y físicas, como el tipo de ecosistema.

B4.1.2 Adaptaciones de los organismos al medio ambiente abiótico de su hábitat

Se abordan una especie herbácea adaptada a las dunas de arena y una especie arbórea adaptada a los manglares.

B4.1.3 Variables abióticas que afectan a la distribución de las especies

Se abordan ejemplos de variables abióticas tanto para plantas como para animales. El alumnado debe comprender que las adaptaciones proporcionan a las especies un rango de tolerancia.

B4.1.4 Rango de tolerancia de un factor limitante

Aplicación de habilidades: El alumnado debe utilizar datos de un transecto para correlacionar la distribución de una especie vegetal o animal con una variable abiótica. También debe recabar estos datos de un hábitat natural o seminatural. Los hábitats seminaturales han experimentado la influencia de los seres humanos, pero en ellos predominan especies silvestres, más que especies cultivadas. Para medir variables abióticas como la temperatura, la intensidad de la luz o el pH del suelo, podrían utilizarse sensores.

B4.1.5 Condiciones requeridas para la formación de arrecifes de coral

Se emplean los arrecifes de coral como ejemplo de ecosistema marino. Entre los factores del agua se deben incluir su profundidad, su pH, su salinidad, su claridad y su temperatura.

B4.1.6 Factores abióticos como determinantes de la distribución de biomas terrestres

El alumnado debe comprender que, para diferentes patrones de precipitaciones y temperaturas, probablemente se desarrolle un tipo de ecosistema natural. Se ilustra este hecho utilizando un gráfico donde se represente la distribución de los biomas con estas dos variables climáticas en los ejes horizontal y vertical.

B4.1.7 Biomas como grupos de ecosistemas con comunidades semejantes debido a condiciones abióticas similares y una evolución convergente

El alumnado debe estar familiarizado con las condiciones climáticas que caracterizan los biomas de la selva tropical, el bosque templado, la taiga, las praderas, la tundra y los desiertos cálidos.

B4.1.8 Adaptaciones para la vida en los desiertos cálidos y en las selvas tropicales

Se abordan ejemplos de adaptaciones en especies concretas de plantas y animales.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en B4.1.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son las propiedades de los componentes de los sistemas biológicos?
- ¿Es la luz esencial para la vida?

B4.2 Nichos ecológicos

Forma y función: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cuáles son las ventajas de los modos especializados de nutrición para los organismos vivos?
- ¿De qué modo se relacionan las adaptaciones de una especie con su nicho en un ecosistema?

NM y NS

B4.2.1 El nicho ecológico como función de una especie en un ecosistema

Se abordan las interacciones bióticas y abióticas que influyen sobre el crecimiento, la supervivencia y la reproducción, además de cómo obtiene el alimento una especie.

B4.2.2 Diferencias entre los organismos que son anaerobios obligados, anaerobios facultativos y aerobios obligados

Se debe limitar a la tolerancia de estos grupos de organismos ante la presencia o ausencia de gas oxígeno en su medio ambiente.

B4.2.3 La fotosíntesis como modo de nutrición de plantas, algas y algunos grupos de procariotas fotosintéticos

No se requieren detalles de los diferentes tipos de fotosíntesis en los procariotas.

B4.2.4 Nutrición holozoica en animales

El alumnado debe comprender que todos los animales son heterótrofos. En la nutrición holozoica, el alimento se ingiere, se digiere internamente, se absorbe y se asimila.

B4.2.5 Nutrición mixotrófica en algunos protistas

Euglena es un ejemplo bien conocido de protista de agua dulce que es tanto autótrofo como heterótrofo, aunque muchas otras especies mixotróficas forman parte del plancton oceánico. El alumnado debe comprender que algunos de estos organismos son mixótrofos obligados, mientras que otros son mixótrofos facultativos.

B4.2.6 Nutrición saprotrófica en algunos hongos y bacterias

Los hongos y las bacterias con este modo de nutrición heterótrofa pueden denominarse descomponedores.

B4.2.7 Diversidad de nutrición en arqueas

El alumnado debe comprender que las arqueas son uno de los tres dominios de la vida y saber que son muy variadas con respecto al modo en que obtienen energía para la producción de ATP. No se requiere que el alumnado nombre ejemplos.

B4.2.8 Relación entre la dentición y la dieta de los miembros representativos omnívoros y herbívoros de la familia de los homínidos

Aplicación de habilidades: El alumnado debe examinar modelos o colecciones digitales de cráneos para inferir la dieta a partir de las características anatómicas. Entre los ejemplos se pueden incluir *Homo sapiens* (humanos), *Homo floresiensis* y *Paranthropus robustus*.

Naturaleza de la ciencia: A partir de las teorías se pueden llevar a cabo deducciones. En este ejemplo, la observación de mamíferos vivos ha conducido a teorías que relacionan la dentición con las dietas herbívoras o carnívoras. Estas teorías permitieron deducir la dieta de organismos ya extintos.

B4.2.9 Adaptaciones de los herbívoros para alimentarse de plantas y de las plantas para resistir el herbivorismo

Al tratar las adaptaciones de los herbívoros, se abordan las partes bucales perforadoras y masticadoras de los insectos comedores de hojas. Las plantas resisten a los herbívoros por medio de espinas y otras estructuras físicas. También producen compuestos secundarios tóxicos en semillas y hojas. Algunos animales cuentan con adaptaciones metabólicas para lograr la detoxificación de dichas toxinas.

B4.2.10 Adaptaciones de los depredadores para encontrar, capturar y matar a sus presas, y de los animales que son presas para resistir a la depredación

El alumnado debe ser consciente de la existencia de adaptaciones químicas, físicas y del comportamiento en depredadores y presas.

B4.2.11 Adaptaciones en la forma de las plantas para la captación de luz

Se abordan ejemplos de ecosistemas forestales para ilustrar cómo las plantas de los bosques emplean distintas estrategias para alcanzar la fuente de luz, incluyendo los árboles que alcanzan el dosel de vegetación, las lianas, los epífitos que crecen sobre las ramas de los árboles, los epífitos estranguladores, así como los arbustos y las hierbas umbrófilos que crecen en el suelo del bosque.

B4.2.12 Nichos fundamentales y realizados

El alumnado debe saber que el nicho fundamental es el potencial de una especie, basándose en las adaptaciones y en los límites de tolerancia, y que el nicho realizado es la extensión real del nicho de una especie cuando compite con otras especies.

B4.2.13 Exclusión competitiva y singularidad de los nichos ecológicos

Se abordan la eliminación de una de las especies competidoras o la restricción de ambas en una parte de su nicho fundamental como posibles resultados de la competencia entre dos especies.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en B4.2.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son las ventajas relativas de la especificidad y de la versatilidad?
- Para cada forma de nutrición, ¿cuáles son las entradas, procesos y salidas particulares?

C1.1 Enzimas y metabolismo

Interacción e interdependencia: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿De qué formas interactúan las enzimas con otras moléculas?
- ¿Cuáles son los componentes interdependientes del metabolismo?

NM y NS

C1.1.1 Las enzimas como catalizadores

El alumnado debe comprender el beneficio que implica aumentar las velocidades de reacción en las células.

C1.1.2 Función de las enzimas en el metabolismo

El alumnado debe comprender que el metabolismo es la compleja red de reacciones químicas interdependientes e interactivas que se producen en los organismos vivos. Debido a la especificidad de las enzimas, los organismos vivos requieren muchas enzimas diferentes, a través de las cuales se puede ejercer el control sobre el metabolismo.

C1.1.3 Reacciones anabólicas y catabólicas

Entre los ejemplos de anabolismo se debe mencionar la formación de macromoléculas a partir de monómeros por reacciones de condensación, incluyendo la síntesis de proteínas, la formación de glucógeno y la fotosíntesis. Entre los ejemplos de catabolismo se deben incluir la hidrólisis de macromoléculas para dar monómeros en la digestión y la oxidación de sustratos en la respiración.

C1.1.4 Las enzimas como proteínas globulares con un sitio activo para la catálisis

El sitio activo está formado solo por unos pocos aminoácidos, pero las interacciones entre aminoácidos dentro de la estructura tridimensional global de la enzima garantizan que el sitio activo tenga las propiedades necesarias para la catálisis.

C1.1.5 Interacciones entre el sustrato y el sitio activo para permitir una unión con encaje inducido

El alumnado debe saber que tanto el sustrato como las enzimas cambian de forma cuando se produce la unión.

C1.1.6 Función del movimiento molecular y de las colisiones entre el sustrato y el sitio activo en la catálisis enzimática

El movimiento se requiere para que una molécula de sustrato y un sitio activo se unan. Algunas veces las moléculas de sustrato de gran tamaño quedan inmovilizadas, mientras que en otras ocasiones son las enzimas las que pueden inmovilizarse mediante su integración en las membranas.

C1.1.7 Relaciones entre la estructura del sitio activo, especificidad enzima-sustrato y desnaturalización

El alumnado debe ser capaz de explicar estas relaciones.

C1.1.8 Efectos de la temperatura, el pH y la concentración de sustrato sobre la tasa de actividad enzimática

Los efectos deben explicarse haciendo referencia a la teoría de las colisiones y la desnaturalización.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de interpretar gráficos donde se muestren los efectos.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser capaz de describir la relación entre variables, tal como se indica en los gráficos. También debe saber que los bocetos de tipo general de las relaciones son ejemplos de modelos biológicos. Los modelos con la forma de gráficos esquemáticos se pueden evaluar utilizando los resultados de experimentos con enzimas.

C1.1.9 Mediciones en reacciones catalizadas por enzimas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe determinar las tasas de reacción mediante la experimentación y el uso de datos secundarios.

C1.1.10 Efecto de las enzimas sobre la energía de activación

Aplicación de habilidades: El alumnado debe saber que la energía se requiere para romper enlaces en el sustrato y que hay rendimiento energético cuando se producen enlaces para formar los productos de una reacción catalizada por una enzima. También debe ser capaz de interpretar gráficos en los que se muestre este efecto.

Temas adicionales del Nivel Superior

C1.1.11 Reacciones intracelulares y extracelulares catalizadas por enzimas

Se abordan la glicólisis y el ciclo de Krebs como ejemplos de reacciones intracelulares, y la digestión química en el tracto digestivo como ejemplo de reacción extracelular.

C1.1.12 Generación de energía calórica mediante las reacciones del metabolismo

Se aborda la idea de que la generación de calor es inevitable, ya que las reacciones metabólicas no tienen una eficiencia del 100 % en la transferencia de energía. Los mamíferos, las aves y algunos otros animales dependen de esta producción de calor para mantener constante la temperatura corporal.

C1.1.13 Rutas cíclicas y lineales en el metabolismo

Se usan como ejemplos la glicólisis, el ciclo de Krebs y el ciclo de Calvin.

C1.1.14 Sitios alostéricos e inhibición no competitiva

El alumnado debe saber que a un sitio alostérico solo se pueden unir sustancias específicas. La unión causa interacciones en una enzima que inducen cambios conformacionales, lo que altera el sitio activo lo suficiente como para evitar la catálisis. La unión es de tipo reversible.

C1.1.15 La inhibición competitiva como consecuencia de la unión de un inhibidor de forma reversible a un sitio activo

Se usan las estatinas como ejemplos de inhibidores competitivos. Se aborda la diferencia entre la inhibición competitiva y no competitiva en las interacciones entre el sustrato y el inhibidor y, por consiguiente, en el efecto de la concentración del sustrato.

C1.1.16 La regulación de rutas metabólicas mediante inhibición por retroalimentación

Se usa la ruta que produce la isoleucina como ejemplo de la actuación de un producto final como inhibidor.

C1.1.17 Inhibición basada en el mecanismo de reacción como consecuencia de los cambios químicos en el sitio activo causados por la unión irreversible de un inhibidor

Se usa la penicilina como ejemplo. Se aborda el cambio en las transpeptidasas que confiere resistencia a la penicilina.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son ejemplos de relaciones entre estructura y función en macromoléculas biológicas?
- ¿Qué procesos biológicos dependen de las diferencias o de los cambios en la concentración?

C1.2 Respiración celular

Interacción e interdependencia: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas**Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas****Preguntas de orientación**

- ¿Cuáles son las funciones del hidrógeno y del oxígeno en la liberación de energía en las células?
- ¿Cómo se distribuye y cómo se utiliza la energía en el interior de las células?

NM y NS**C1.2.1 El ATP como molécula que distribuye energía en las células**

Se aborda el nombre completo del ATP (trifosfato de adenosina) y qué es un nucleótido. El alumnado debe saber las propiedades del ATP que hacen que sea apto para su utilización como unidad energética en las células.

C1.2.2 Procesos vitales en las células provistos de energía mediante ATP

Se abordan el transporte activo a través de las membranas, la síntesis de macromoléculas (anabolismo) y el movimiento de toda la célula o de componentes celulares como los cromosomas.

C1.2.3 Transferencias de energía durante las interconversiones entre ATP y ADP

El alumnado debe saber que la energía se libera mediante la hidrólisis del ATP (trifosfato de adenosina) para dar ADP (difosfato de adenosina) y fosfato, pero que se requiere energía para sintetizar ATP a partir de ADP y fosfato. No es preciso que conozca la cantidad de energía en kilojulios, aunque sí debe saber que esta energía es suficiente para muchas actividades en las células.

C1.2.4 La respiración celular como sistema de producción de ATP en la célula que utiliza la energía liberada de los compuestos de carbono

El alumnado debe saber que la glucosa y los ácidos grasos son los sustratos principales para la respiración celular, pero que se puede utilizar un amplio rango de compuestos orgánicos o de carbono. También debe ser capaz de distinguir entre los procesos de la respiración celular y el intercambio de gases.

C1.2.5 Diferencias entre la respiración celular aeróbica y anaeróbica en los seres humanos

Se aborda qué sustratos respiratorios se pueden utilizar; si se requiere oxígeno; los rendimientos relativos de ATP; los tipos de producto de desecho y dónde tienen lugar las reacciones en una célula. El alumnado debe ser capaz de escribir ecuaciones de palabras simples para ambos tipos de respiración, con la glucosa como sustrato. También debe saber que para la respiración aeróbica se requieren mitocondrias, pero que para la respiración anaeróbica no.

C1.2.6 Variables que afectan a la tasa de respiración celular

Aplicación de habilidades: El alumnado debe efectuar mediciones que permitan determinar la tasa de respiración celular. También debe ser capaz de calcular la tasa de respiración celular a partir de datos brutos que haya logrado generar experimentalmente o bien a partir de datos secundarios.

Temas adicionales del Nivel Superior

C1.2.7 Función del NAD como portador de hidrógeno y de la oxidación mediante la retirada de hidrógeno durante la respiración celular

El alumnado debe comprender que la oxidación es un proceso de pérdida de electrones, de modo que cuando se ha retirado hidrógeno con un electrón de un sustrato (deshidrogenación), el sustrato se ha oxidado. Debe saber que las reacciones rédox implican tanto oxidación como reducción, y que el NAD se reduce al aceptar hidrógeno.

C1.2.8 Conversión de la glucosa en piruvato mediante reacciones por etapas en la glicólisis, con un rendimiento neto de ATP y NAD reducido

Se abordan la fosforilación, la lisis, la oxidación y la formación de ATP. Aunque no se requiere que el alumnado sepa los nombres de los compuestos intermedios, sí debería saber que cada paso en la ruta es catalizado por una enzima diferente.

C1.2.9 Conversión del piruvato en lactato como medio de regenerar el NAD en la respiración celular anaeróbica

La regeneración de NAD permite que prosiga la glicólisis, con un rendimiento neto de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa.

C1.2.10 Respiración celular anaeróbica en levaduras, y su uso en industrias cerveceras y de panificación

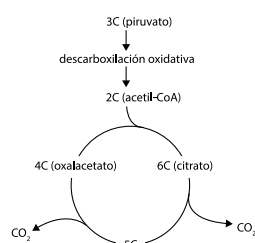
El alumnado debe comprender que las rutas de la respiración anaeróbica son las mismas en los seres humanos y en las levaduras, salvo la diferencia de la regeneración del NAD utilizando piruvato y, por consiguiente, en los productos finales.

C1.2.11 La oxidación y la descarboxilación del piruvato como reacción de descarboxilación oxidativa en la respiración celular aeróbica

El alumnado debe comprender que los lípidos y los glúcidos se metabolizan para formar grupos acetilo (2C), los cuales son transferidos por la coenzima A al ciclo de Krebs.

C1.2.12 Oxidación y descarboxilación de grupos acetilo en el ciclo de Krebs con un rendimiento de ATP y NAD reducido

El alumnado solo debe nombrar los compuestos intermedios citrato (6C) y oxalacetato (4C). También debe saber que el citrato se produce por transferencia de un grupo acetilo al oxalacetato y que el oxalacetato se regenera mediante las reacciones del ciclo de Krebs, incluyendo cuatro oxidaciones y dos descarboxilaciones. Asimismo, debe saber que las oxidaciones son reacciones de deshidrogenación.



C1.2.13 Transferencia de energía por el NAD reducido a la cadena de transporte de electrones de la mitocondria

La energía se transfiere cuando se traspasa un par de electrones al primer portador de la cadena, convirtiéndose de nuevo el NAD reducido en NAD. El alumnado debe comprender que el NAD reducido procede de la glicólisis, de la descarboxilación oxidativa y del ciclo de Krebs.

C1.2.14 Generación de un gradiente de protones mediante el flujo de electrones a lo largo de la cadena de transporte de electrones

No se requiere que el alumnado sepa los nombres de los complejos de proteínas.

C1.2.15 Quimiosmosis y síntesis de ATP en la mitocondria

El alumnado debe comprender cómo la ATP sintasa acopla la liberación de energía del gradiente de protones a la fosforilación de ADP.

C1.2.16 Función del oxígeno como aceptor de electrones terminal en la respiración celular aeróbica

El oxígeno acepta electrones de la cadena de transporte de electrones y protones de la matriz de la mitocondria, produciendo agua metabólica y permitiendo un flujo continuado de electrones a lo largo de la cadena.

C.1.2.17 Diferencias entre lípidos y glúcidos como sustratos de la respiración

Se aborda el mayor rendimiento de energía por gramo de lípidos, debido a que hay menos oxígeno, y más hidrógeno oxidable y carbono. Se abordan también la glicólisis y la respiración anaeróbica que se produce únicamente si el sustrato es un glúcido, con grupos acetilo de dos carbonos (2C) a partir de la descomposición de ácidos grasos que entran en la ruta vía acetil-coA (acetil coenzima A).

Preguntas transversales

- ¿En qué formas se almacena la energía en los organismos vivos?
- ¿Cuáles son las consecuencias de la respiración para los ecosistemas?

C1.3 Fotosíntesis

Interacción e interdependencia: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se absorbe y utiliza la energía de la luz solar en la fotosíntesis?
- ¿Cómo interactúan los factores abióticos con la fotosíntesis?

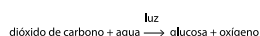
NM y NS

C1.3.1 Transformación de la energía lumínica en energía química cuando se producen compuestos de carbono en la fotosíntesis

Esta transformación de energía suministra la mayor parte de la energía química necesaria para los procesos vitales en los ecosistemas.

C1.3.2 Conversión del dióxido de carbono en glucosa en la fotosíntesis utilizando el hidrógeno obtenido por separación del agua

El alumnado debe ser capaz de escribir una ecuación de palabras simple para la fotosíntesis, con la glucosa como producto.



C1.3.3 El oxígeno como subproducto de la fotosíntesis en las plantas, algas y cianobacterias

El alumnado debe conocer la ecuación de palabras simple de la fotosíntesis. Debe saber que el oxígeno producido por fotosíntesis procede de la separación de moléculas de agua.

C1.3.4 Separación e identificación de pigmentos fotosintéticos por cromatografía

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de calcular los valores de R_f a partir de los resultados de la separación cromatográfica de los pigmentos fotosintéticos e identificarlos por su color y sus valores. Se puede usar una cromatografía de capa fina o una cromatografía en papel.

C1.3.5 Absorción de longitudes de onda de luz específicas por los pigmentos fotosintéticos

Se abordan la excitación de electrones en una molécula de pigmento, la transformación de la energía lumínica en energía química y la razón de que solo se absorben algunas longitudes de onda. El alumnado debe estar familiarizado con espectros de absorción. Se abordan tanto las longitudes de onda como los colores de la luz en el eje horizontal de los espectros de absorción.

C1.3.6 Similitudes y diferencias entre el espectro de absorción y el espectro de acción

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de determinar las tasas de fotosíntesis a partir de datos de producción de oxígeno y de consumo de dióxido de carbono para diferentes longitudes de onda. También debe ser capaz de dibujar estos datos para representar un espectro de acción.

C1.3.7 Técnicas para variar experimentalmente las concentraciones de dióxido de carbono, la intensidad de la luz o la temperatura con el fin de investigar los efectos de los factores limitantes sobre la tasa de fotosíntesis

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de sugerir hipótesis que expliquen los efectos de estos factores limitantes y probarlas mediante la experimentación.

Naturaleza de la ciencia: Las hipótesis son explicaciones provisionales que requieren una evaluación repetida. Durante la investigación científica, las hipótesis pueden basarse, o bien en teorías y ser evaluadas posteriormente en un experimento, o bien en pruebas obtenidas de un experimento ya llevado a cabo. El alumnado puede decidir en este caso si sugiere hipótesis para los efectos de los factores limitantes sobre la fotosíntesis antes o después de realizar sus experimentos. También debe ser capaz de identificar la variable dependiente y la independiente en un experimento.

C1.3.8 Experimentos con enriquecimiento de dióxido de carbono como medio para predecir las tasas futuras de fotosíntesis y crecimiento vegetal

Se abordan los experimentos en invernaderos cerrados y experimentos con enriquecimiento de dióxido de carbono al aire libre.

Naturaleza de la ciencia: Encontrar métodos para un control cuidadoso de las variables forma parte del diseño experimental. Aunque ello pueda ser más fácil en el laboratorio, algunos experimentos solo pueden efectuarse sobre el terreno. Entre los experimentos de campo se incluyen los que se llevan a cabo en ecosistemas naturales. El alumnado debe ser capaz de identificar una variable controlada en un experimento.

Temas adicionales del Nivel Superior

C1.3.9 Los fotosistemas como conjuntos ordenados de moléculas de pigmentos que pueden generar y emitir electrones excitados

El alumnado debe saber que los fotosistemas siempre están situados en las membranas, y que se encuentran en las cianobacterias y en los cloroplastos de los eucariotas fotosintéticos. Los fotosistemas deben describirse como conjuntos ordenados de moléculas de clorofila y de otros pigmentos auxiliares con una clorofila especial como centro de reacción desde el cual se emite un electrón excitado.

C1.3.10 Ventajas de la ordenación estructurada de distintos tipos de moléculas de pigmentos en un fotosistema

El alumnado debe saber que una molécula simple de clorofila o de cualquier otro pigmento no sería capaz de llevar a cabo ninguna parte de la fotosíntesis por sí sola.

C1.3.11 Generación de oxígeno por fotólisis del agua en el fotosistema II

Se hace énfasis en que los protones y electrones generados por fotólisis se emplean en la fotosíntesis, pero que el oxígeno es un producto de desecho. El surgimiento de la generación de oxígeno por fotólisis tuvo unas consecuencias inmensas para los organismos vivos y para los procesos geológicos en la Tierra.

C1.3.12 Producción de ATP por quimiosmosis en los tilacoides

Se abordan el gradiente de protones, la ATP sintasa y el bombeo de protones por la cadena de transportadores de electrones. El alumnado debe saber que los electrones proceden del fotosistema I en la fotofosforilación cíclica o del fotosistema II en la fotofosforilación no cíclica y luego se usan en la producción de ATP.

C1.3.13 Reducción del NADP por el fotosistema I

El alumnado debe saber que el NADP se reduce aceptando dos electrones procedentes del fotosistema I. También acepta un ion hidrógeno procedente del estroma. Los términos *NADP* y *NADP reducido*, y *NADP₊* y *NADPH* deben emparejarse de forma coherente al impartir la clase.

C1.3.14 Los tilacoides como sistemas que llevan a cabo las reacciones dependientes de la luz de la fotosíntesis

El alumnado debe saber dónde se produce en un tilacoide la fotólisis del agua, la síntesis de ATP por quimiosmosis y la reducción de NADP.

C1.3.15 Fijación de carbono por la rubisco

El alumnado debe conocer los nombres de los sustratos RuBP y CO², así como el producto 3-fosfoglicerato. También debe saber que la enzima rubisco es la enzima más abundante en la Tierra y que se requieren una elevadas concentraciones de esta en el estroma de los cloroplastos, debido a que funciona de forma relativamente lenta y que no es efectiva con bajas concentraciones de dióxido de carbono.

C1.3.16 Síntesis de triosa-fosfato empleando NADP reducido y ATP

El alumnado debe saber que el 3 fosfoglicerato se convierte en triosa-fosfato usando NADPH y ATP.

C1.3.17 Regeneración de RuBP en el ciclo de Calvin empleando ATP

Aunque no es preciso que el alumnado conozca los detalles de las distintas reacciones individuales, sí debe comprender que cinco moléculas de triosa-fosfato se convierten en tres moléculas de RuBP, permitiendo así que prosiga el ciclo de Calvin. Si la glucosa es el producto de la fotosíntesis, cinco sextos de toda la triosa-fosfato producida deben volver a convertirse en RuBP.

C1.3.18 Síntesis de glúcidos, aminoácidos y otros compuestos de carbono empleando productos del ciclo de Calvin y nutrientes minerales

Aunque no es preciso que el alumnado conozca los detalles de las rutas metabólicas, sí debe comprender que todo el carbono de los compuestos presentes en los organismos fotosintetizadores se fija en el ciclo de Calvin y que los compuestos de carbono diferentes de la glucosa se obtienen mediante rutas metabólicas que se pueden remontar a un producto intermedio en el ciclo.

C1.3.19 Interdependencia de las reacciones dependientes e independientes de la luz

El alumnado debe comprender cómo la falta de luz detiene las reacciones dependientes de la luz y cómo una falta de CO_2 impide que funcione el fotosistema II.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son las consecuencias de la fotosíntesis para los ecosistemas?
- ¿Cuáles son las funciones de los pigmentos en los organismos vivos?

C2.1 Señalización química

Interacción e interdependencia: células

Temas adicionales del Nivel Superior: 4 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo distinguen las células entre las muchas señales diferentes que reciben?
- ¿Qué interacciones se producen en el interior de las células animales en respuesta a las señales químicas?

Temas adicionales del Nivel Superior

Nota: No hay contenido del NM en C2.1.

C2.1.1 Los receptores como proteínas con sitios de unión para sustancias químicas de señalización específicas

El alumnado debe emplear el término *ligando* para la sustancia química de señalización.

C.2.1.2 Señalización celular por bacterias en la detección de quórum

Se aborda el ejemplo de la bioluminiscencia en la bacteria marina *Vibrio fischeri*.

C2.1.3 Hormonas, neurotransmisores, citoquinas e iones de calcio como ejemplos de categorías funcionales de sustancias químicas de señalización en animales

El alumnado debe saber las diferencias entre estas categorías.

C2.1.4 Diversidad química de hormonas y neurotransmisores

Se consideran las razones a favor de que se utilice una amplia gama de compuestos químicos como sustancias químicas de señalización. Se abordan aminas, proteínas y esteroides como grupos químicos de hormonas. Diversas sustancias pueden servir como neurotransmisores, incluidos aminoácidos, péptidos, aminas y el óxido nítrico.

C2.1.5 Efectos localizados y distantes de las moléculas de señalización

Se pueden establecer contrastes entre las hormonas transportadas por el sistema sanguíneo y los neurotransmisores que se difunden a través de una brecha sináptica.

C2.1.6 Diferencias entre receptores transmembrana en una membrana plasmática y receptores intracelulares en el citoplasma o en el núcleo

Se aborda la distribución de aminoácidos hidrofílicos o hidrofóbicos en el receptor y si la sustancia química de señalización penetra en la célula o permanece en el exterior.

C2.1.7 Iniciación de vías de transducción de señales por los receptores

El alumnado debe comprender que la unión de una sustancia química de señalización con un receptor desencadena una secuencia de respuestas dentro de la célula.

C2.1.8 Receptores transmembrana para neurotransmisores y cambios en el potencial de membrana

Se usa como ejemplo el receptor de la acetilcolina. La unión con un receptor provoca la apertura de un canal iónico en el receptor, lo que permite que los iones cargados positivamente se difundan hacia el interior de la célula. Ello modifica la tensión eléctrica a través de la membrana plasmática, lo que puede ocasionar otros cambios.

C2.1.9 Receptores transmembrana que activan las proteínas G

El alumnado debe comprender cómo los receptores acoplados a proteínas G transmiten señales a las células. Debe saber que hay muchos receptores de este tipo en los seres humanos.

C2.1.10 Mecanismo de acción de los receptores de epinefrina (adrenalina)

Se abordan las funciones de una proteína G y del AMP cíclico (AMPC) como segundo mensajero.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser consciente de que la designación de convenciones es un ejemplo de cooperación internacional científica para el beneficio mutuo. Los investigadores(as) acuñaron los términos *adrenalina* y *epinefrina*, los cuales se refieren a la producción de la hormona de la glándula adrenal. *Adrenalina* viene del latín *ad* (en) y *ren* (riñón). *Epinefrina* viene del griego *epi* (encima) y *nephros* (riñón). Curiosamente, el uso de estos dos términos persiste en diferentes partes del mundo.

C2.1.11 Receptores transmembrana con actividad de tirosina quinasa

Se usa como ejemplo la hormona proteica insulina. Se debe limitar a la unión de la insulina a un receptor en la membrana plasmática, causando la fosforilación de la tirosina en el interior de una célula. Ello provoca una secuencia de reacciones que finaliza con el desplazamiento de vesículas que contienen transportadores de glucosa a la membrana plasmática.

C2.1.12 Receptores intracelulares que afectan a la expresión génica

Se usan como ejemplos las hormonas esteroideas estradiol, progesterona y testosterona. El alumnado debe comprender que la sustancia química de señalización se une a un sitio en un receptor, activándolo. El receptor activado se une a secuencias de ADN específicas para promover la transcripción de genes.

C2.1.13 Efectos de las hormonas estradiol y progesterona en células objetivo

En el caso del estradiol, se limita a las células del hipotálamo que segregan la hormona liberadora de la gonadotropina. En el caso de la progesterona, se limita a las células del endometrio.

C2.1.14 Regulación de vías de señalización de células por retroalimentación positiva y negativa

Se limita a la comprensión de la diferencia entre estas dos formas de regulación y a un breve resumen de un ejemplo de cada tipo.

Preguntas transversales

- ¿Qué patrones existen en la comunicación de los sistemas biológicos?
- ¿De qué formas es evidente la retroalimentación negativa en todos los niveles de organización biológica?

C2.2 Señalización neuronal

Interacción e interdependencia: células

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se generan señales eléctricas y se desplazan por las neuronas?
- ¿Cómo pueden interactuar las neuronas con otras células?

NM y NS

C2.2.1 Las neuronas como células en el sistema nervioso portadoras de impulsos eléctricos

El alumnado debe comprender que el citoplasma y un núcleo constituyen el cuerpo celular de una neurona, con unas fibras nerviosas elongadas de distinta longitud que se proyectan desde este. Un axón es una larga fibra simple. Las dendritas son múltiples fibras más cortas. A lo largo de dichas fibras se conducen los impulsos eléctricos.

C2.2.2 La generación del potencial de reposo mediante el bombeo para establecer y mantener gradientes de concentración de iones de sodio y potasio

El alumnado debe comprender cómo la energía del ATP impulsa el bombeo de iones de sodio y potasio en sentidos opuestos a través de la membrana plasmática de las neuronas. También debe comprender los conceptos de *polarización de la membrana* y *potencial de membrana*, así como las razones por las que el potencial de reposo es negativo.

C2.2.3 Impulsos nerviosos como potenciales de acción que se propagan a lo largo de las fibras nerviosas

El alumnado debe saber que un impulso nervioso es eléctrico, ya que implica el movimiento de iones cargados positivamente.

C2.2.4 Variación de la velocidad de los impulsos nerviosos

Se compara la velocidad de la transmisión en axones gigantes de calamar y en fibras nerviosas no mielinizadas de menor tamaño. Se compara igualmente la velocidad en fibras mielinizadas y no mielinizadas.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de describir correlaciones negativas y positivas, y aplicar coeficientes de correlación como herramienta matemática para determinar la fortaleza de dichas correlaciones. También debe ser capaz de aplicar el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar en qué grado la variación de la variable independiente explica la variación de la variable dependiente. Por ejemplo, la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos se correlaciona negativamente con el tamaño del animal, pero se correlaciona positivamente con el diámetro del axón.

C2.2.5 Sinapsis como uniones entre neuronas, y como uniones entre neuronas y células efectoras

Se debe limitar a las sinapsis químicas, no eléctricas, que pueden designarse simplemente como *sinapsis*. El alumnado debe comprender que una señal puede pasar solo en una dirección a través de una sinapsis típica.

C2.2.6 Liberación de neurotransmisores desde una membrana presináptica

Se abordan la absorción de calcio en respuesta a la despolarización de una membrana presináptica y su acción como sustancia química de señalización en el interior de una neurona.

C2.2.7 Generación de un potencial postsináptico excitatorio

Se abordan la difusión de neurotransmisores a través de la hendidura sináptica y la unión con receptores transmembrana. Se usa como ejemplo la acetilcolina. El alumnado debe saber que este neurotransmisor existe en muchos tipos de sinapsis, incluidas las uniones neuromusculares.

Temas adicionales del Nivel Superior

C2.2.8 Despolarización y repolarización durante los potenciales de acción

Se abordan la acción de los canales de sodio y potasio activados por voltaje, y la necesidad de que se alcance un potencial umbral para que los canales de sodio se abran.

C2.2.9 Propagación de un potencial de acción a lo largo de una fibra nerviosa o un axón como resultado de corrientes locales

El alumnado debe comprender cómo la difusión de los iones de sodio, tanto en el interior o como en el exterior de un axón, puede ocasionar que se alcance el potencial umbral.

C2.2.10 Señales de un osciloscopio que permiten observar potenciales de reposo y potenciales de acción

Aplicación de habilidades: El alumnado debe interpretar la señal del osciloscopio con respecto a las actividades celulares. El número de impulsos por segundo se puede medir.

C2.2.11 Conducción saltatoria en fibras mielinizadas para lograr impulsos más rápidos

El alumnado debe comprender que las bombas de iones y los canales iónicos se agrupan en nódulos de Ranvier, y que un potencial de acción se propaga de un nódulo a otro.

C2.2.12 Efectos de sustancias químicas exógenas en la transmisión sináptica

Se usan los neonicotinoides como ejemplos de pesticidas que bloquean la transmisión sináptica y la cocaína como ejemplo de droga que bloquea la reabsorción del neurotransmisor.

C2.2.13 Neurotransmisores inhibidores y generación de potenciales postsinápticos inhibitorios

El alumnado debe saber que la membrana postsináptica queda hiperpolarizada.

C2.2.14 Suma de los efectos de los neurotransmisores excitadores e inhibidores en una neurona postsináptica

Las neuronas presinápticas múltiples interactúan con todas las consecuencias que ello conlleva en lo que se refiere a la despolarización postsináptica.

C2.2.15 Percepción del dolor por las neuronas con terminaciones nerviosas libres de la piel

El alumnado debe saber que estas terminaciones nerviosas tienen canales para iones cargados positivamente que se abren en respuesta a un estímulo, como una temperatura alta, un medio ácido o determinadas sustancias químicas, por ejemplo, la capsaicina del ají o chile. La entrada de iones cargados positivamente ocasiona que se alcance el potencial umbral y, a continuación, los impulsos nerviosos pasan a través de las neuronas hasta el cerebro, donde se percibe el dolor.

C2.2.16 La conciencia como propiedad que emerge de la interacción de neuronas individuales en el cerebro

Propiedades emergentes como la conciencia son ejemplos de las consecuencias de la interacción.

Preguntas transversales

- ¿De qué formas se regulan los sistemas biológicos?
- ¿Cómo se relaciona la estructura de las células especializadas con su función?

C3.1 Integración de sistemas del cuerpo

Interacción e interdependencia: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cuáles son las funciones de los nervios y de las hormonas en la integración de los sistemas del cuerpo?
- ¿Cuáles son las funciones de los mecanismos de retroalimentación en la regulación de los sistemas del cuerpo?

NM y NS**C3.1.1 Integración de sistemas**

Este es un proceso necesario en los sistemas vivos. Para desempeñar de forma colectiva una función general se requiere coordinación de las partes constitutivas de un sistema.

C3.1.2 Células, tejidos, órganos y sistemas del cuerpo como jerarquía de subsistemas integrados en un organismo vivo multicelular

El alumnado debe saber que esta integración es responsable de las propiedades emergentes. Por ejemplo, un guepardo se convierte en un eficaz depredador mediante la integración de sus sistemas corporales.

C3.1.3 Integración de los órganos en los cuerpos de los animales mediante la señalización hormonal y nerviosa, y mediante el transporte de materiales y energía

Se distingue entre las funciones del sistema nervioso y el sistema endocrino para mandar mensajes. Utilizando ejemplos, se hace énfasis en la función del sistema sanguíneo para el transporte de materiales entre los órganos.

C3.1.4 El cerebro como órgano de integración de información central

Se debe limitar a la función del cerebro en el procesamiento de información combinada de varios orígenes, y en el aprendizaje y la memoria. No se requiere que el alumnado conozca detalles como, por ejemplo, la función de los neurotransmisores de acción lenta.

C3.1.5 La médula espinal como centro de integración de los procesos inconscientes

El alumnado debe comprender la diferencia entre los procesos conscientes e inconscientes.

C3.1.6 Entrada a la médula espinal y a los hemisferios cerebrales a través de neuronas sensoriales

El alumnado debe comprender que las neuronas sensoriales transmiten mensajes desde las células receptoras al sistema nervioso central.

C3.1.7 Salida de los hemisferios cerebrales a los músculos a través de las neuronas motoras

El alumnado debe comprender que se estimula a los músculos para que se contraigan.

C3.1.8 Los nervios como haces de fibras nerviosas tanto de las neuronas sensoriales, como de las neuronas motoras

Se usa una sección transversal de un nervio para mostrar la vaina protectora, y las fibras nerviosas mielinizadas y no mielinizadas.

C3.1.9 Los arcos reflejos del dolor como ejemplo de respuestas involuntarias con músculo esquelético como efector

Se usa el ejemplo de un arco reflejo con una interneurona simple en la materia gris de la médula espinal y una terminación de un nervio sensorial libre en una neurona sensorial como receptor del dolor en la mano.

C3.1.10 Función del cerebelo para coordinar la contracción del músculo esquelético y el equilibrio

Se debe limitar a la comprensión general de la función del cerebelo en el control global de los movimientos del cuerpo.

C3.1.11 Modulación de los patrones del sueño por la secreción de melatonina como parte de los ritmos circadianos

El alumnado debe comprender el patrón diurno de secreción de melatonina por parte de la glándula pineal, y cómo ello ayuda a establecer un ciclo de sueño y vigilia.

C3.1.12 La secreción de epinefrina (adrenalina) por parte de las glándulas adrenales a fin de preparar el cuerpo para una actividad vigorosa

Se consideran los efectos generalizados de la epinefrina en el cuerpo y cómo facilitan una intensa contracción muscular.

C3.1.13 Control del sistema endocrino por el hipotálamo y la glándula pituitaria

El alumnado debe tener una comprensión general, sin que sea preciso que conozca las diferencias entre los mecanismos empleados en la pituitaria anterior y posterior.

C3.1.14 Control por retroalimentación del ritmo cardíaco que sucede a la entrada sensorial desde barorreceptores y quimiorreceptores

Se abordan la ubicación de los barorreceptores y los quimiorreceptores. Los barorreceptores supervisan la presión sanguínea. Los quimiorreceptores supervisan el pH de la sangre, y las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono. El alumnado debe comprender la función de la médula del cerebro para coordinar las respuestas y enviar impulsos nerviosos al corazón para modificar el volumen sistólico del corazón y el ritmo cardíaco.

C3.1.15 Control por retroalimentación de la tasa de ventilación que sucede a la entrada sensorial desde quimiorreceptores

El alumnado debe comprender las causas de las variaciones del pH en la sangre. Estas variaciones las supervisan quimiorreceptores en el tronco encefálico, lo que permite el control de la tasa de ventilación mediante el uso de señales enviadas al diafragma y a los músculos intercostales.

C3.1.16 Control del peristaltismo en el sistema digestivo por el sistema nervioso central y el sistema nervioso entérico

Se debe limitar a la iniciación de la deglución de alimento y a la expulsión de heces sometidas al control voluntario del sistema nervioso central, si bien el peristaltismo entre dichos puntos en el sistema digestivo se encuentra bajo el control involuntario del sistema nervioso entérico. La acción del sistema nervioso entérico garantiza el tránsito coordinado de materiales a través del tracto digestivo.

Temas adicionales del Nivel Superior

C3.1.17 Observaciones de las respuestas trópicas en plántulas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe recabar datos cualitativos, utilizando diagramas para registrar observaciones de plántulas que ilustren las respuestas trópicas. También podría recoger datos cuantitativos midiendo el ángulo de curvatura de las plántulas.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser capaz de distinguir entre observaciones cualitativas y cuantitativas, y comprender los factores que limitan la precisión de las mediciones y su exactitud. Podrían considerarse estrategias para aumentar la precisión, exactitud y fiabilidad de las mediciones en los experimentos de tropismo.

C3.1.18 El fototropismo positivo como respuesta de crecimiento direccional a la luz lateral en brotes de plantas

No se requiere que el alumnado conozca ejemplos específicos de otros tropismos.

C3.1.19 Las fitohormonas como sustancias químicas de señalización que controlan el crecimiento, el desarrollo y la respuesta a estímulos en las plantas

El alumnado debe saber que en las plantas se emplea toda una variedad de sustancias químicas como las fitohormonas.

C3.1.20 Los transportadores de eflujo de auxinas como ejemplo del mantenimiento de gradientes de concentración de fitohormonas

Las auxinas se pueden difundir libremente hacia el interior de las células vegetales, pero no así hacia su exterior. Los transportadores de eflujo de auxinas pueden estar ubicados en una membrana celular en un lado de la célula. Si todas las células se coordinan para concentrar dichos transportadores en el mismo lado, las auxinas se transportan de forma activa de una a otra célula a través del tejido vegetal, concentrándose en una parte de la planta.

C3.1.21 Estímulo del crecimiento celular por las auxinas

Se abordan el estímulo por parte de las auxinas de la secreción de iones hidrógeno al interior del apoplasto, la acidificación de la pared celular, el consiguiente debilitamiento de enlaces cruzados entre moléculas de celulosa y la facilitación de la elongación celular. Los gradientes de concentración de las auxinas ocasionan las diferencias en la tasa de crecimiento necesaria para el fototropismo.

C3.1.22 Interacciones entre las auxinas y las citoquininas como medio de regulación del crecimiento de raíces y brotes

El alumnado debe comprender que las puntas de las raíces producen citoquininas, las cuales se transportan a los brotes, y que las puntas de los brotes producen auxinas, las cuales se transportan a las raíces. Las interacciones entre dichas fitohormonas ayudan a garantizar un crecimiento integrado de raíces y brotes.

C3.1.23 Retroalimentación positiva en la maduración de frutos y producción de etileno

El etileno (*eteno*, según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) estimula los cambios en los frutos que tienen lugar durante la maduración, la cual, a su vez, estimula una mayor producción de etileno. El alumnado debe comprender los beneficios de este mecanismo de retroalimentación positiva para garantizar que la maduración de los frutos se produzca de forma rápida y sincronizada.

Preguntas transversales

- ¿Qué ejemplos hay de patrones de organización reticular (reticulada) y ramificada (dendrítica)?
- ¿Cuáles son las consecuencias de la retroalimentación positiva en los sistemas biológicos?

C3.2 Defensa contra la enfermedad

Interacción e interdependencia: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo reconocen los sistemas del cuerpo los patógenos y cómo combaten las infecciones?
- ¿Qué factores influyen sobre la incidencia de las enfermedades en las poblaciones?

NM y NS**C3.2.1 Los patógenos como causa de enfermedades infecciosas**

El alumnado debe comprender que hay un amplio espectro de organismos causantes de enfermedades que pueden infectar a los seres humanos. Todo organismo causante de una enfermedad se denomina patógeno, si bien el término se reserva normalmente para virus, bacterias, hongos y protistas. No se conocen arqueas causantes de enfermedades en los seres humanos.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser consciente de que una observación cuidadosa puede dar lugar a progresos importantes. Por ejemplo, las atentas observaciones llevadas a cabo en el siglo XIX durante las epidemias de fiebres de parto en Viena (causadas por una infección tras el alumbramiento) y de cólera en Londres llevaron a la consecución de avances en el control de enfermedades infecciosas.

C3.2.2 La piel y las membranas mucosas como defensas primordiales

La piel actúa como barrera tanto física como química frente a los patógenos. No es preciso que el alumnado dibuje con precisión ni rotule diagramas de la piel.

C3.2.3 Cierre de cortes en la piel por coagulación sanguínea

Se abordan la liberación de factores coagulantes por parte de las plaquetas, y la posterior ruta en cascada que ocasiona una rápida conversión del fibrinógeno en fibrina a cargo de la trombina y la captura de eritrocitos para formar un coágulo. No se requieren más detalles.

C3.2.4 Diferencias entre el sistema inmunitario innato y el sistema inmunitario adaptativo

Se aborda la idea de que el sistema innato responde a amplias categorías de patógenos y no cambia durante la vida del organismo, mientras que el sistema adaptativo responde de un modo específico a patógenos concretos y constituye una memoria de los patógenos detectados, con lo que la respuesta inmune se vuelve más eficaz. No se requiere que el alumnado conozca ningún componente del sistema inmunitario innato, salvo los fagocitos.

C3.2.5 Control de infecciones desempeñado por los fagocitos

Se aborda el movimiento ameboide desde la sangre hasta los lugares de infección en los que los fagocitos reconocen a los patógenos, los envuelven por endocitosis y los digieren utilizando enzimas de los lisosomas.

C3.2.6 Los linfocitos como células del sistema inmunitario adaptativo que cooperan para producir anticuerpos

El alumnado debe comprender que los linfocitos circulan por la sangre y que también los albergan los nódulos linfáticos. Debe saber que las personas tienen un número muy elevado de linfocitos B, cada uno de los cuales produce un tipo concreto de anticuerpo.

C3.2.7 Los antígenos como moléculas de reconocimiento que desencadenan la producción de anticuerpos

El alumnado debe saber que la mayoría de los antígenos son glucoproteínas y otros tipos de proteínas, que habitualmente se encuentran sobre las superficies externas de los patógenos. Los antígenos que hay en la superficie de los eritrocitos pueden estimular la producción de anticuerpos si se realiza su transfusión a una persona con un grupo sanguíneo diferente.

C3.2.8 Activación de linfocitos B por linfocitos T cooperadores

El alumnado debe comprender que hay células B específicas de antígenos y células T auxiliares. Las células B producen anticuerpos y se convierten en células de memoria solo cuando se han activado. La activación requiere tanto una interacción directa con el antígeno específico, como contacto con una célula T auxiliar que también haya sido activada por el mismo tipo de antígeno.

C3.2.9 Multiplicación de linfocitos B activados para formar clones de células plasmáticas secretoras de anticuerpos

Hay un número relativamente bajo de células B que responden a un antígeno específico. Para producir cantidades suficientes de anticuerpos, las células B activadas se dividen en primer lugar por mitosis para producir un gran número de células B plasmáticas, las cuales son capaces de producir el mismo tipo de anticuerpo.

C3.2.10 La inmunidad como consecuencia de retener células de memoria

El alumnado debe comprender que la inmunidad es la capacidad de eliminar una enfermedad infecciosa del cuerpo. Resulta de la supervivencia a largo plazo de los linfocitos capaces de producir los anticuerpos específicos requeridos para combatir la infección. Dichos linfocitos son células de memoria.

C3.2.11 Transmisión del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) en fluidos corporales

Se abordan ejemplos de mecanismos de transmisión del VIH.

C3.2.12 Infección de linfocitos con VIH y el SIDA como su consecuencia

El alumnado debe comprender que únicamente se infectan y destruyen unos tipos determinados de linfocitos, pero que dicha reducción de linfocitos limita la capacidad de producir anticuerpos y combatir infecciones oportunistas.

C3.2.13 Los antibióticos como sustancias químicas que bloquean procesos propios de las bacterias, pero no de las células eucarióticas

Se abordan razones por las que los antibióticos no logran controlar infecciones causadas por virus.

C3.2.14 Evolución de la resistencia a diversos antibióticos en cepas de bacterias patogénicas

El alumnado debe comprender que es necesario un uso cuidadoso de los antibióticos para reducir la aparición de bacterias multirresistentes.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe saber que el desarrollo de nuevas técnicas puede abrir nuevas vías de investigación; por ejemplo, la reciente técnica de búsqueda en bibliotecas químicas está permitiendo obtener nuevos antibióticos.

C3.2.15 Las zoonosis como enfermedades infecciosas que se pueden transmitir de otras especies a los seres humanos

Se ilustra la prevalencia de zoonosis como enfermedades infecciosas en seres humanos y sus diversos modos de infección con varios ejemplos, incluidas la tuberculosis, la rabia y la encefalitis japonesa. Se aborda la COVID-19 como enfermedad infecciosa transmitida recientemente desde otra especie, con profundas consecuencias para los seres humanos.

C3.2.16 Vacunas e inmunización

El alumnado debe comprender que las vacunas contienen antígenos o ácidos nucleicos (ADN o ARN) con secuencias que codifican antígenos y que estos estimulan el desarrollo de inmunidad frente a un patógeno específico sin causar la enfermedad.

C3.2.17 Inmunidad de rebaño y prevención de epidemias

El alumnado debe comprender cómo los miembros de una población dependen unos de otros para alcanzar la inmunidad de rebaño. Si un porcentaje suficiente de una población es inmune a una enfermedad, se logra impedir en gran medida la transmisión.

Naturaleza de la ciencia: Los científicos(as) publican sus investigaciones, lo que permite que otros científicos(as) puedan evaluarlas. Los medios de comunicación a menudo informan sobre la investigación mientras aún se está evaluando, algo de lo que deben ser conscientes los consumidores(as). Las vacunas se evalúan y someten a ensayos rigurosos, con lo que se consigue minimizar el peligro de efectos secundarios, aunque nunca al cien por cien. No se comprende bien la distinción entre certeza y verdades pragmáticas.

C3.2.18 Evaluación de datos relacionados con la pandemia de la COVID-19

Aplicación de habilidades: El alumnado debe tener la oportunidad de calcular una diferencia porcentual y un cambio porcentual.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en C3.2.

Preguntas transversales

- ¿Cómo se protegen los animales a sí mismos de las amenazas?
- ¿Cómo se pueden evitar los resultados de falsos positivos y falsos negativos en las pruebas de diagnóstico?

C4.1 Poblaciones y comunidades

Interacción e interdependencia: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo regulan las interacciones entre organismos los tamaños de las poblaciones de una comunidad?
- ¿Qué interacciones dentro de una comunidad hacen a sus poblaciones interdependientes?

NM y NS

C4.1.1 Las poblaciones como grupos interactivos de organismos de la misma especie en un área

El alumnado debe comprender que los miembros de una población normalmente se reproducen entre sí y que el aislamiento reproductivo se emplea para distinguir entre diferentes poblaciones de una especie.

C4.1.2 Estimación del tamaño de la población por muestreo aleatorio

El alumnado debe comprender las razones para estimar el tamaño de la población, en lugar de hacer un recuento de cada persona, y la necesidad de la aleatoriedad en los procedimientos de muestreo.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe ser consciente de que el muestreo aleatorio, en lugar de contar a todos los miembros de una población, implica de forma inevitable un error de muestreo. En este caso, la diferencia entre la estimación del tamaño de la población y el tamaño verdadero de la población completa es el error de muestreo.

C4.1.3 Muestreo basado en parcelas de forma aleatoria para estimar el tamaño de la población de organismos sésiles

En este caso son adecuados tanto animales sésiles como plantas, al poder hacerse un recuento del número de individuos.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe comprender qué se indica mediante la desviación típica de una media. No tiene que memorizar la fórmula utilizada para dicho cálculo. En este ejemplo, la desviación típica del número medio de individuos en cada parcela de muestreo se podría determinar utilizando una calculadora para obtener una medida de la variación y el grado de regularidad en la dispersión de la población.

C4.1.4 El método de captura-marcado-liberación-recaptura y el índice de Lincoln para estimar el tamaño de la población de organismos móviles

Aplicación de habilidades: El alumnado debe utilizar el índice de Lincoln para estimar el tamaño de una población. Estimación del tamaño de la población = $M \times \frac{N}{R}$, siendo M el número de individuos capturados y marcados inicialmente, N el número total de individuos recapturados y R el número de individuos marcados que han sido recapturados. El alumnado debe comprender las suposiciones hechas al utilizar este método.

C4.1.5 Capacidad de carga y competencia por recursos limitados

Es suficiente una definición simple de la capacidad de carga, con algunos ejemplos de recursos que pueden limitar dicha capacidad.

C4.1.6 Control por retroalimentación negativa del tamaño de la población con base a factores dependientes de la densidad

Aunque el número de individuos en una población puede fluctuar debido a factores independientes de la densidad, los factores dependientes de la densidad tienden a hacer retroceder la población hacia la capacidad de carga. Además de la competencia por recursos limitados, se abordan el mayor riesgo de depredación y la transmisión de patógenos o plagas en las poblaciones densas.

C4.1.7 Curvas de crecimiento de la población

El alumnado debe analizar, al menos, un estudio de caso en un ecosistema. También debe comprender las razones para el crecimiento exponencial en las fases iniciales. No se requiere una fase de retardo como parte del crecimiento sigmoideal de la población.

Naturaleza de la ciencia: La curva representa un modelo gráfico idealizado. El alumnado debe reconocer que los modelos, a menudo, son simplificaciones de sistemas complejos.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe evaluar el crecimiento de una población frente al modelo de crecimiento exponencial utilizando un gráfico con una escala logarítmica para el tamaño de la población en el eje vertical y una escala no logarítmica para el tiempo en el eje horizontal.

C4.1.8 Modelización de la curva sigmoideal de crecimiento de la población

Aplicación de habilidades: El alumnado debe recoger datos relativos al crecimiento de una población. Se recomienda utilizar levaduras o lentejas de agua, aunque podrían emplearse también otros organismos que proliferen bien en condiciones experimentales.

C4.1.9 Competencia frente a cooperación en las relaciones intraespecíficas

Se abordan las razones para la competencia intraespecífica en una población. Se aborda también una variedad de ejemplos reales de competencia y cooperación.

C4.1.10 La comunidad como conjunto de todos los organismos que interactúan en un ecosistema

Las comunidades comprenden todas las poblaciones en un área, incluyendo plantas, animales, hongos y bacterias.

C4.1.11 Herbivorismo, depredación, competencia interespecífica, mutualismo, parasitismo y patogenicidad como categorías de relaciones interespecíficas en las comunidades

Se abordan todos los tipos de interacción ecológica utilizando, al menos, un ejemplo de cada uno.

C4.1.12 El mutualismo como relación interespecífica que beneficia a ambas especies

Se abordan los siguientes ejemplos: nódulos radiculares en *Fabaceae* (familia de las leguminosas), micorrizas en *Orchidaceae* (familia de las orquídeas) y zooxantelas en corales duros. Se abordan los beneficios para ambos tipos de organismos en todos los casos.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

C4.1.13 Competencia por los recursos entre especies endémicas y especies invasivas

Se elige un ejemplo local que ilustre la ventaja competitiva sobre la especie endémica en la adquisición de recursos como base para que una especie introducida llegue a ser invasiva.

C4.1.14 Pruebas de evaluación de la competencia interespecífica

Hay indicios de competencia interespecífica, aunque ello no esté demostrado, cuando una especie tiene más éxito en ausencia de la otra especie. El alumnado debe saber que hay distintos enfoques de investigación posibles: experimentos de laboratorio, observaciones de campo por muestreo aleatorio y manipulación en el campo mediante la retirada de una especie.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe reconocer que las hipótesis se pueden evaluar mediante experimentos y observaciones, y debe comprender la diferencia entre ambos tipos.

C4.1.15 Uso de la prueba de chi cuadrado para la asociación entre dos especies

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de aplicar pruebas de chi cuadrado sobre la presencia o ausencia de dos especies en distintos emplazamientos de muestreo, explorando las diferencias o similitudes en la distribución de las especies. Ello puede proporcionar pruebas de la competencia interespecífica.

C4.1.16 Las relaciones depredador-presa como ejemplo del control dependiente de la densidad en poblaciones animales

Se aborda un estudio de caso real.

C4.1.17 Control descendente y control ascendente de poblaciones en las comunidades

El alumnado debe comprender que son posibles ambos tipos de control, pero que en una comunidad probablemente predomine uno u otro tipo.

C4.1.18 Alelopatía y secreción de antibióticos

Estos dos procesos se asemejan en que en ambos se libera una sustancia química al medio ambiente para disuadir a competidores potenciales. Se aborda un ejemplo específico de cada tipo; si es posible, se puede elegir un ejemplo local.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en C4.1.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son los beneficios de los modelos al estudiar biología?
- ¿Qué factores pueden limitar la capacidad en los sistemas biológicos?

C4.2 Transferencias de energía y materia

Interacción e interdependencia: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cuál es la razón por la que se puede reciclar la materia en los ecosistemas pero no así la energía?
- ¿Cómo se reemplaza la energía que pierde cada grupo de organismos en un ecosistema?

NM y NS

C4.2.1 Los ecosistemas como sistemas abiertos en los cuales pueden entrar y salir materia y energía

El alumnado debe saber que en los sistemas cerrados solo la energía puede entrar y salir.

C4.2.2 La luz solar como principal fuente de energía que sostiene la mayoría de los ecosistemas

Se abordan excepciones, como los ecosistemas situados en cuevas o los que se encuentran por debajo de los niveles donde llega la luz en los océanos.

Naturaleza de la ciencia: Las leyes científicas son principios generalizados o reglas empíricas que se formulan para describir patrones observados en la naturaleza. A diferencia de las teorías, estas no ofrecen explicaciones, sino que describen fenómenos. Al igual que las teorías, se pueden emplear para hacer predicciones. El alumnado debe ser capaz de resumir las características de generalizaciones útiles.

C4.2.3 Flujo de la energía química a través de las cadenas tróficas

El alumnado debe saber que la energía química llega a un consumidor al alimentarse este de un organismo que constituye la etapa anterior en una cadena trófica.

C4.2.4 Elaboración de cadenas tróficas y redes tróficas para representar las relaciones tróficas en una comunidad

Si es posible, se representan las relaciones existentes en una comunidad local. Las flechas indican la dirección de transferencia de energía y biomasa.

C4.2.5 Suministro de energía a los descomponedores como compuestos de carbono en la materia orgánica proveniente de organismos muertos

Se abordan las heces, las partes muertas de los organismos y los organismos enteros muertos.

C4.2.6 Los autótrofos como organismos que emplean fuentes de energía externas para sintetizar compuestos de carbono a partir de sustancias inorgánicas simples

El alumnado debe comprender que se requiere energía para la fijación de carbono y para las reacciones anabólicas que sintetizan macromoléculas.

C4.2.7 El uso de la luz como fuente de energía externa en los fotoautótrofos y las reacciones de oxidación como fuente de energía en los quimioautótrofos

El alumnado debe comprender que las reacciones de oxidación liberan energía, por lo que son útiles para los organismos vivos. Se abordan las bacterias oxidantes del hierro como ejemplo de quimioautótrofo.

C4.2.8 Los heterótrofos como organismos que utilizan compuestos de carbono obtenidos de otros organismos para sintetizar los compuestos de carbono que requieren

El alumnado debe saber que los compuestos de carbono complejos, como las proteínas o los ácidos nucleicos, se digieren externa o internamente y a continuación son asimilados para sintetizar los compuestos de carbono requeridos.

C4.2.9 Liberación de energía tanto en autótrofos como en heterótrofos mediante la oxidación de compuestos de carbono en la respiración celular

No se requiere que el alumnado esté familiarizado con los fotoheterótrofos.

C4.2.10 Clasificación de organismos en niveles tróficos

Se usan los términos *productor*, *consumidor primario*, *consumidor secundario* y *consumidor terciario*. El alumnado debe saber que muchos organismos tienen una dieta variada y ocupan diferentes niveles tróficos en distintas cadenas tróficas.

C4.2.11 Construcción de pirámides de energía

Aplicación de habilidades: El alumnado debe utilizar datos de investigación de ecosistemas específicos para representar la transferencia de energía y las pérdidas de energía entre los niveles tróficos en las cadenas tróficas.

C4.2.12 Reducciones en la disponibilidad de energía en cada etapa sucesiva de las cadenas tróficas debido a las grandes pérdidas de energía entre los niveles tróficos

Los descomponedores y los detritívoros no se suelen considerar parte de las cadenas tróficas. Sin embargo, el alumnado debe comprender la función de estos organismos en las transformaciones energéticas en las cadenas tróficas. Se consideran las causas de la pérdida de energía.

C4.2.13 Pérdida de calor hacia el medio ambiente en autótrofos y heterótrofos debido a la conversión de la energía química en calor en la respiración celular

Se aborda la idea de que las transferencias de energía no tienen una eficiencia del 100 %, por lo que se produce calor tanto al producirse ATP en la respiración celular, como al utilizarse dicho compuesto en las células.

C4.2.14 Restricciones en el número de niveles tróficos en los ecosistemas debido a las pérdidas de energía

En cada etapa sucesiva en las cadenas tróficas hay menos organismos u organismos de menor tamaño. Por consiguiente, hay menos biomasa, aunque no se reduce el contenido energético por unidad de masa.

C4.2.15 La producción primaria como acumulación de compuestos de carbono en la biomasa por autótrofos

Las unidades deben ser la masa (de carbono) por unidad de superficie y unidad de tiempo, las cuales suelen indicarse en $\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$. El alumnado debe comprender que en los biomas varía la capacidad para acumular biomasa. La biomasa se acumula cuando crecen o se reproducen los autótrofos y los heterótrofos.

C4.2.16 La producción secundaria como acumulación de compuestos de carbono en la biomasa por heterótrofos

El alumnado debe comprender que, debido a la pérdida de biomasa cuando los compuestos de carbono se convierten en dióxido de carbono y en agua en la respiración celular, la producción secundaria es inferior que la producción primaria en un ecosistema.

C4.2.17 Construcción de diagramas del ciclo del carbono

El alumnado debe ilustrar con un diagrama cómo se recicla el carbono en los ecosistemas mediante fotosíntesis, alimentación y respiración.

C4.2.18 Los ecosistemas como sumideros de carbono y como fuentes de carbono

Si la fotosíntesis excede a la respiración, hay una absorción neta de dióxido de carbono, y si la respiración excede a la fotosíntesis, hay una liberación neta de dióxido de carbono.

C4.2.19 Liberación de dióxido de carbono a la atmósfera durante la combustión de biomasa, turba, carbón, petróleo y gas natural

El alumnado debe saber que estos sumideros de carbono varían en su fecha de formación y que la combustión que sucede a las caídas de rayos atmosféricos a veces se produce de forma natural, pero que las actividades humanas han aumentado considerablemente las tasas de combustión.

C4.2.20 Análisis de la Curva de Keeling con respecto a la fotosíntesis, la respiración y la combustión

Se aborda el análisis de las fluctuaciones anuales y de la tendencia a largo plazo.

C4.2.21 Dependencia que tiene, por un lado, la respiración aeróbica del oxígeno atmosférico producido por fotosíntesis y, por otro, la fotosíntesis del dióxido de carbono atmosférico producido por respiración

Los flujos implicados al año son enormes, por lo que esta es una interacción de primer orden entre los autótrofos y los heterótrofos.

C4.2.22 Reciclaje de todos los elementos químicos requeridos por los organismos vivos en los ecosistemas

El alumnado debe saber que se reciclan todos los elementos utilizados por los organismos vivos, y no solo el carbono, y que los descomponedores desempeñan una función clave. No se requiere que el alumnado conozca los detalles del ciclo del nitrógeno ni de otros ciclos de nutrientes.

Nota: No hay contenido de los temas adicionales del Nivel Superior en C4.2.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son las consecuencias directas e indirectas del aumento de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera?

- ¿Cómo son posibles los procesos biológicos mediante la transformación de energía de una forma a otra?

D1.1 Replicación del ADN

Continuidad y cambio: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se produce ADN nuevo?
- ¿Cómo ha permitido el conocimiento de la replicación del ADN las aplicaciones en biotecnología?

NM y NS

D1.1.1 La replicación del ADN como producción de copias exactas de ADN con idénticas secuencias de bases

El alumnado debe saber que la replicación del ADN se precisa para la reproducción, el crecimiento y la renovación de tejidos en los organismos multicelulares.

D1.1.2 Naturaleza semiconservativa de la replicación del ADN y función del apareamiento de bases complementarias

El alumnado debe comprender cómo estos procesos permiten un alto grado de precisión para copiar secuencias de bases.

D1.1.3 Función de la helicasa y la ADN polimerasa en la replicación del ADN

Se debe limitar a la función de la helicasa para desenrollar y romper los enlaces de hidrógeno entre las cadenas de ADN, y a la función general de la ADN polimerasa.

D1.1.4 Reacción en cadena de la polimerasa y electroforesis en gel como herramientas para amplificar y separar el ADN

El alumnado debe comprender el uso de cebadores, los cambios de temperatura y la *Taq* polimerasa en la reacción en cadena de la polimerasa y la base de la separación de fragmentos de ADN en la electroforesis en gel.

D1.1.5 Aplicaciones de la reacción en cadena de la polimerasa y de la electroforesis en gel

El alumnado debe saber sobre el amplio espectro de aplicaciones, incluyendo el análisis de ADN para investigaciones forenses y pruebas de paternidad.

Naturaleza de la ciencia: La fiabilidad mejora al aumentar el número de mediciones en un experimento o una prueba. En el análisis de ADN, el aumento del número de marcadores utilizados reduce la probabilidad de una coincidencia falsa.

Temas adicionales del Nivel Superior

D1.1.6 Direccionalidad de las ADN polimerasas

El alumnado debe comprender la diferencia entre los terminales 5' y 3' de las cadenas de nucleótidos y que las ADN polimerasas añaden el extremo 5' de un nucleótido de ADN al extremo 3' de una cadena de nucleótidos.

D1.1.7 Diferencias entre la replicación en la cadena conductora y en la cadena discontinua

Se abordan los términos *continua*, *discontinua* y *fragmentos de Okazaki*. El alumnado debe saber que la replicación debe iniciarse con el cebador de ARN solo una vez en la cadena conductora, pero de forma repetida en la cadena discontinua.

D1.1.8 Funciones de la ADN primasa, la ADN polimerasa I, la ADN polimerasa III y la ADN ligasa en la replicación

Se debe limitar al sistema procariótico.

D1.1.9 Corrección de errores en el ADN

Se debe limitar a la acción de la ADN polimerasa III para eliminar cualquier nucleótido del terminal 3' con una base no coincidente, seguida de la sustitución por un nucleótido correctamente emparejado.

Preguntas transversales

- ¿Cómo se garantiza la continuidad genética entre generaciones?
- ¿Qué mecanismos biológicos se basan en la direccionalidad?

D1.2 Síntesis de proteínas

Continuidad y cambio: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo produce una célula una secuencia de aminoácidos a partir de una secuencia de bases de ADN?
- ¿Cómo se garantiza la fiabilidad de la síntesis de proteínas?

NM y NS

D1.2.1 La transcripción como síntesis de ARN utilizando una plantilla de ADN

El alumnado debe comprender las funciones de la ARN polimerasa en este proceso.

D1.2.2 Función de los enlaces de hidrógeno y del apareamiento de bases complementarias en la transcripción

Se aborda el apareamiento de la adenina (A) en la cadena que actúa como plantilla de ADN con el uracilo (U) en la cadena de ARN.

D1.2.3 Estabilidad de las plantillas de ADN

Las cadenas de ADN de una sola hebra se pueden utilizar como plantilla para transcribir una secuencia de bases, sin cambios en la secuencia de bases del ADN. En las células somáticas que no se dividen, dichas secuencias deben conservarse a lo largo de toda la vida de una célula.

D1.2.4 La transcripción como proceso requerido para la expresión de los genes

Se debe limitar a la comprensión de que no se expresan todos los genes de una célula en todo momento y que la transcripción, siendo la primera etapa de la expresión génica, es una etapa clave en la que la expresión de un gen se puede activar y desactivar.

D1.2.5 La traducción como síntesis de polipéptidos a partir del ARNm

La secuencia de bases del ARNm se traduce a la secuencia de aminoácidos de un polipéptido.

D1.2.6 Funciones del ARNm, los ribosomas y el ARNt en la traducción

El alumnado debe saber que el ARNm se une a la subunidad pequeña del ribosoma y que dos unidades de ARNt se pueden unir simultáneamente a la subunidad grande.

D1.2.7 Apareamiento de bases complementarias entre el ARNt y el ARNm

Se abordan los términos *codón* y *anticodón*.

D1.2.8 Características del código genético

El alumnado debe comprender las razones de que haya un código de tripletes. También debe emplear y comprender los términos *degeneración* y *universalidad*.

D1.2.9 Uso del código genético expresado como tabla de codones de ARNm

El alumnado debe ser capaz de deducir la secuencia de aminoácidos codificada por una cadena de ARNm.

D1.2.10 Movimiento paso a paso del ribosoma a lo largo del ARNm y unión de cada aminoácido mediante un enlace peptídico con la cadena polipeptídica en crecimiento

Se pone el foco de atención en la elongación del polipéptido, en lugar de en la iniciación y la terminación.

D1.2.11 Mutaciones que modifican la estructura de las proteínas

Se aborda un ejemplo de una mutación puntual que afecte a la estructura de las proteínas.

Temas adicionales del Nivel Superior**D1.2.12 Direccionalidad de la transcripción y de la traducción**

El alumnado debe comprender qué se entiende por transcripción en el sentido 5' a 3' y traducción en el sentido 5' a 3'.

D1.2.13 Iniciación de la transcripción en el promotor

Se consideran como ejemplos los factores de transcripción que se unen al promotor. No obstante, no es preciso que el alumnado nombre los factores de transcripción.

D1.2.14 Las secuencias no codificantes en el ADN no codifican polipéptidos

Los ejemplos se deben limitar a los reguladores de la expresión génica, los intrones, los telómeros y los genes para los ARNr y ARNt en eucariotas.

D1.2.15 Modificación postranscripcional en células eucarióticas

Se abordan la retirada de intrones y el empalme de exones para formar el ARNm maduro, así como la adición de los casquetes 5' (caps) y las colas poli(A) 3' para estabilizar las transcripciones de ARNm.

D1.2.16 Empalme alternativo de exones para producir variantes de una proteína a partir de un gen individual

Solo se espera que el alumnado comprenda que el empalme de combinaciones diferentes de exones permite que un gen codifique polipéptidos diferentes. No se requieren ejemplos específicos.

D1.2.17 Iniciación de la traducción

Se abordan el acoplamiento de la subunidad pequeña del ribosoma al terminal 5' del ARNm, el movimiento hasta el codón de inicio, el ARNt iniciador y otro ARNt, y el acoplamiento de la subunidad grande. El alumnado debe comprender las funciones de los tres sitios de unión para el ARNt en el ribosoma (A, P y E) durante la elongación.

D1.2.18 Modificación de polipéptidos a su estado funcional

El alumnado debe saber que es preciso modificar muchos polipéptidos antes de que estos sean funcionales. Entre los ejemplos escogidos se debe incluir la modificación en dos etapas de la preproinsulina para llegar a la insulina.

D1.2.19 Reciclaje de aminoácidos por los proteosomas

Se debe limitar a la comprensión de que mantener un proteoma funcional requiere una síntesis y una descomposición de proteínas constante.

Preguntas transversales

- ¿Cómo contribuye la diversidad de proteínas producidas al funcionamiento de una célula?
- ¿Qué procesos biológicos dependen de los enlaces de hidrógeno?

D1.3 Mutación y edición genética

Continuidad y cambio: moléculas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas**Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas****Preguntas de orientación**

- ¿Cómo se producen las mutaciones genéticas?
- ¿Cuáles son las consecuencias de una mutación genética?

NM y NS**D1.3.1 Mutaciones genéticas como cambios estructurales en los genes a nivel molecular**

Se distingue entre sustituciones, inserciones y supresiones.

D1.3.2 Consecuencias de las sustituciones de bases

El alumnado debe comprender que los polimorfismos puntuales o polimorfismos de un solo nucleótido son el resultado de mutaciones por sustitución de bases y que, debido a la degeneración del código genético, estas podrían implicar el cambio, o no, de un aminoácido individual en un polipéptido.

D1.3.3 Consecuencias de inserciones y supresiones

Se aborda la probabilidad de que los polipéptidos dejen de funcionar, ya sea por cambios de desplazamiento del marco de lectura o por supresiones o inserciones importantes. No se requieren ejemplos específicos.

D1.3.4 Causas de la mutación genética

El alumnado debe comprender que las mutaciones genéticas pueden estar causadas por mutágenos y por errores en la replicación del ADN o en su reparación. Se abordan ejemplos de mutágenos químicos y de formas mutagénicas de la radiación.

D1.3.5 Aleatoriedad en la mutación

El alumnado debe comprender que las mutaciones pueden producirse en cualquier lugar de las secuencias de bases de un genoma, pese a que algunas bases tengan una mayor probabilidad de mutación que otras. También debe comprender que no se conoce ningún mecanismo natural que produzca un cambio deliberado en una base concreta con el propósito de modificar un rasgo.

D1.3.6 Consecuencias de la mutación en células germinales y en células somáticas

Se abordan la herencia de los genes mutados en las células germinales y el cáncer en las células somáticas.

D1.3.7 La mutación como fuente de la variación genética

El alumnado debe saber que la mutación genética es la fuente original de toda variación genética. Aunque la mayoría de las mutaciones son perjudiciales o neutras para un organismo individual, en una especie son esenciales a largo plazo para la evolución por selección natural.

Naturaleza de la ciencia: Las pruebas genéticas comerciales pueden proporcionar información sobre los riesgos potenciales para la salud en el futuro. Un posible efecto negativo es que, sin una interpretación experta, dicha información podría resultar problemática.

Temas adicionales del Nivel Superior

D1.3.8 El bloqueo de genes como técnica para investigar la función de un gen modificándolo para dejarlo inoperante

No se requiere que el alumnado conozca detalles de las técnicas en cuestión. Sin embargo, debe saber que para algunas especies utilizadas como modelos en la investigación hay disponible una biblioteca de organismos con genes bloqueados.

D1.3.9 Uso de secuencias CRISPR y de la enzima Cas9 en la edición genética

No se requiere que el alumnado conozca la función del sistema CRISPR-Cas en los procariotas. No obstante, debe estar familiarizado con un ejemplo del uso fructífero de esta tecnología.

Naturaleza de la ciencia: Determinados usos potenciales de las secuencias CRISPR suscitan aspectos éticos que deben abordarse antes de su puesta en práctica. El alumnado debe comprender que la comunidad científica está sujeta a diferentes sistemas normativos que varían de un país a otro. Por dicha razón, hay un esfuerzo internacional para armonizar la regulación de la aplicación de las tecnologías de edición del genoma, como la tecnología CRISPR.

D1.3.10 Hipótesis para explicar las secuencias conservadas o altamente conservadas en los genes

Las secuencias conservadas son idénticas o similares en una especie o en un grupo de especies; las secuencias altamente conservadas son idénticas o similares durante largos períodos de evolución. Una hipótesis sobre el mecanismo son los requisitos funcionales para los productos genéticos y otra hipótesis son las tasas de mutación más lentas.

Preguntas transversales

- ¿Cómo puede conducir la selección natural tanto a una reducción de la variación como a un aumento de la diversidad biológica?
- ¿Cómo contribuye a la función la variación en la composición de subunidades de los polímeros?

D2.1 División celular y nuclear

Continuidad y cambio: células

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 1 hora

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se puede generar un gran número de células idénticas genéticamente?
- ¿Cómo producen los eucariotas células diversas genéticamente que se pueden desarrollar para dar gametos?

NM y NS

D2.1.1 Generación de nuevas células en los organismos vivos por división celular

En todos los organismos vivos, una célula parental, a menudo denominada *célula madre*, se divide para producir dos células hijas.

D2.1.2 La citoquinesis como división del citoplasma de una célula parental entre células hijas

El alumnado debe saber que en una célula animal un anillo de proteínas contráctiles de actina y miosina comprime una membrana celular para dividir el citoplasma, mientras que en una célula vegetal las vesículas reúnen y acumulan secciones de membrana y de pared celular para lograr la división.

D2.1.3 Citoquinesis equitativa y no equitativa

Se aborda la idea de que la división del citoplasma habitualmente es equitativa (pero no siempre) y que ambas células hijas deben recibir al menos una mitocondria y cualquier otro orgánulo que solo pueda obtenerse mediante la división de una estructura preexistente. También se abordan la ovogénesis en los seres humanos y la gemación en levaduras como ejemplos de citoquinesis no equitativa.

D2.1.4 Funciones de la mitosis y de la meiosis en eucariotas

Se hace énfasis en la necesaria división del núcleo antes de que se produzca la división celular para evitar que se produzcan células anucleadas. La mitosis mantiene el número de cromosomas y el genoma de las células, mientras que la meiosis divide el número de cromosomas y genera diversidad genética.

D2.1.5 La replicación del ADN como requisito previo para la mitosis y la meiosis

El alumnado debe comprender que, después de la replicación, cada cromosoma consta de dos moléculas de ADN elongadas (cromátidas) unidas hasta la anafase.

D2.1.6 La condensación y el movimiento de los cromosomas como características compartidas de la mitosis y la meiosis

Se abordan la función de las histonas en la condensación del ADN mediante superenrollamiento, y el uso de los microtúbulos y sus proteínas motoras para mover los cromosomas.

D2.1.7 Fases de la mitosis

El alumnado debe conocer los nombres de las fases y cómo el proceso en su conjunto produce dos células hijas idénticas genéticamente.

D2.1.8 Identificación de las fases de la mitosis

Aplicación de habilidades: El alumnado debe identificarlas empleando diagramas, así como vistas de células al microscopio o en una micrografía.

D2.1.9 La meiosis como división de reducción

El alumnado debe comprender los términos *diploide* y *haploide*, y cómo las dos divisiones de la meiosis producen cuatro núcleos haploides a partir de un núcleo diploide. También debe comprender la necesidad de la meiosis en un ciclo vital sexual. Asimismo, debe ser capaz de resumir las dos series de segregación en la meiosis.

D2.1.10 El síndrome de Down y la no disyunción

Se usa el síndrome de Down como ejemplo de error producido en la meiosis.

D2.1.11 La meiosis como fuente de variación

El alumnado debe comprender cómo la meiosis genera diversidad genética mediante una orientación aleatoria de los bivalentes y por sobrecruzamiento.

Temas adicionales del Nivel Superior

D2.1.12 Proliferación celular para el crecimiento, el reemplazo de células y la reparación de tejidos

Se abordan como ejemplos la proliferación para el crecimiento en los meristemos de las plantas y los embriones animales en una etapa temprana. Se aborda la piel como ejemplo de proliferación celular durante la rutina de reemplazo de células y durante la curación de heridas. No es preciso que el alumnado conozca los detalles de la estructura de la piel.

D2.1.13 Fases del ciclo celular

El alumnado debe comprender que la proliferación celular se logra haciendo uso del ciclo celular. También debe comprender la secuencia de fenómenos, incluidas las etapas G1, S y G2 de la interfase, seguidas por la mitosis y, a continuación, la citoquinesis.

D2.1.14 Crecimiento celular durante la interfase

El alumnado debe saber que la interfase es un período de actividad metabólica y que el crecimiento implica biosíntesis de componentes celulares, incluidas proteínas y ADN. El número de mitocondrias y cloroplastos aumenta por el crecimiento y la división de estos orgánulos.

D2.1.15 Control del ciclo celular utilizando ciclinas

Se debe limitar a la concentración de diferentes ciclinas, que aumenta y disminuye durante el ciclo celular, y al nivel umbral de una ciclina específica requerido para superar cada punto de control del ciclo. No se requiere que el alumnado conozca detalles de las funciones de ciclinas específicas.

D2.1.16 Consecuencias de las mutaciones en los genes que controlan el ciclo celular

Se abordan las mutaciones en protooncogenes que los convierten en oncogenes y las mutaciones en los genes supresores de tumores que ocasionan una división celular sin control.

D2.1.17 Diferencias entre tumores en las tasas de división celular y crecimiento, y en la capacidad de metástasis e invasión de tejidos vecinos

Se abordan los términos *benigno*, *maligno*, *tumor primario* y *tumor secundario*, y se distingue entre los tumores que causan cáncer y los que no lo hacen.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe observar poblaciones de células para determinar el índice mitótico.

Preguntas transversales

- ¿Qué procesos permiten el crecimiento de los organismos?
- ¿Cómo contribuye la variación producida por reproducción sexual a la evolución?

D2.2 Expresión génica

Continuidad y cambio: células

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se modifica la expresión génica en una célula?
- ¿Cómo pueden conservarse los patrones de la expresión génica a través de la herencia?

Temas adicionales del Nivel Superior

Nota: No hay contenido del NM en D2.2.

D2.2.1 La expresión génica como mecanismo mediante el cual la información de los genes tiene efectos sobre el fenotipo

El alumnado debe saber que las etapas más comunes en este proceso son la transcripción, la traducción y la función de un producto proteico, como una enzima.

D2.2.2 Regulación de la transcripción por proteínas que se unen a secuencias de bases específicas en el ADN

Se abordan la función de los promotores, los potenciadores y los factores de la transcripción.

D2.2.3 Control de la degradación del ARNm como medio de regular la traducción

En las células humanas, el ARNm puede persistir durante períodos de tiempo que van de minutos a días antes de ser descompuestos por las nucleasas.

D2.2.4 La epigénesis como desarrollo de los patrones de diferenciación en las células de un organismo multicelular

Se hace énfasis en que las secuencias de bases del ADN no son alteradas por los cambios epigenéticos, por lo que se altera el fenotipo, pero no así el genotipo.

D2.2.5 Diferencias entre el genoma, el transcriptoma y el proteoma de células individuales

Ninguna célula expresa todos sus genes. El patrón de la expresión génica en una célula determina cómo se diferencia esta.

D2.2.6 La metilación del promotor y de las histonas en los nucleosomas como ejemplos de marcas epigenéticas

La metilación de la citosina en el ADN de un promotor inhibe la transcripción y, por consiguiente, la expresión del gen, desde ese punto en adelante. La metilación de aminoácidos en las histonas puede causar una inhibición o una activación de la transcripción. No se requiere que el alumnado conozca detalles de cómo se logra esto.

D2.2.7 Herencia epigenética mediante cambios hereditarios en la expresión génica

Se debe limitar a la posibilidad de cambios fenotípicos en una célula o en un organismo traspasados a las células hijas o a la descendencia, sin que haya cambios en la secuencia de nucleótidos de ADN. Ello puede suceder si se mantienen en su sitio durante la mitosis o la meiosis las marcas epigenéticas como, por ejemplo, la metilación del ADN o la modificación de histonas.

D2.2.8 Ejemplos de efectos ambientales sobre la expresión génica en células y organismos

Se aborda como ejemplo la alteración de las marcas de metilación en el ADN en respuesta a la contaminación atmosférica.

D2.2.9 Consecuencias de la retirada de la mayoría pero no de todas las marcas epigenéticas de los óvulos y de los espermatozoides

El alumnado puede mostrarlas resumiendo los orígenes epigenéticos de las diferencias fenotípicas en tigones y ligres (híbridos entre leones y tigres).

D2.2.10 Estudios en gemelos monocigóticos

Se debe limitar a la investigación de los efectos del medio ambiente sobre la expresión génica.

D2.2.11 Factores externos con efectos en el patrón de la expresión génica

Se debe limitar a un ejemplo de una hormona y a un ejemplo de un compuesto bioquímico como la lactosa o el triptófano en bacterias.

Preguntas transversales

- ¿Qué mecanismos hay para la inhibición en los sistemas biológicos?
- ¿De qué maneras estimula el medio ambiente la diversificación?

D2.3 Potencial hídrico

Continuidad y cambio: células

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué factores afectan al movimiento del agua hacia dentro o hacia fuera de las células?
- ¿Cómo difieren las células vegetales y animales en su regulación del movimiento del agua?

NM y NS

D2.3.1 Solvatación con agua como disolvente

Se abordan la formación de enlaces de hidrógeno entre el soluto y las moléculas de agua, así como las atracciones entre los iones cargados positiva o negativamente y las moléculas polares de agua.

D2.3.2 El movimiento del agua desde soluciones menos concentradas hacia otras más concentradas

El alumnado debe expresar la dirección del movimiento con respecto a la concentración del soluto, y no a la concentración del agua. Asimismo, debe emplear los términos *hipertónico*, *hipotónico* e *isotónico* para comparar la concentración de las soluciones.

D2.3.3 Movimiento del agua por ósmosis hacia el interior o el exterior de las células

El alumnado debe ser capaz de predecir la dirección del movimiento neto del agua si el medio ambiente de una célula es hipotónico o hipertónico. Debe comprender que en un medio isotónico hay un equilibrio dinámico en lugar de una ausencia de movimiento del agua.

D2.3.4 Cambios debidos al movimiento del agua en un tejido vegetal inmerso en soluciones hipotónicas e hipertónicas

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de medir los cambios de longitud y masa del tejido, y analizar datos para deducir la concentración de soluto isotónica. También debe ser capaz de emplear la desviación típica y el error típico como ayuda para el análisis de los datos. No se requiere que memorice fórmulas para calcular los índices estadísticos. Se podrían determinar la desviación típica y el error típico para los resultados de este experimento si hay repeticiones para cada concentración. Ello permitiría comparar la fiabilidad de las medidas de longitud y masa. El error típico se podría indicar gráficamente en forma de barras de error.

D2.3.5 Efectos del movimiento del agua en células que carecen de pared celular

Se abordan la hinchazón y el estallido en un medio hipotónico, y la contracción y crenación en un medio hipertónico. Se aborda también la necesidad de eliminar el agua por medio de vacuolas contráctiles en organismos unicelulares de agua dulce y la necesidad de mantener un líquido tisular isotónico en organismos multicelulares para evitar cambios perjudiciales.

D2.3.6 Efectos del movimiento del agua en células provistas de pared celular

Se abordan el desarrollo de una presión de turgencia en un medio hipotónico y la plasmólisis en un medio hipertónico.

D2.3.7 Aplicaciones médicas de las soluciones isotónicas

Se abordan como ejemplos los líquidos intravenosos empleados como parte de un tratamiento médico y la preservación de órganos inmersos en una solución, listos para su trasplante.

Temas adicionales del Nivel Superior

D2.3.8 El potencial hídrico como energía potencial del agua por unidad de volumen

El alumnado debe comprender que es imposible medir la cantidad absoluta de la energía potencial del agua, por lo que se emplean valores relativos al agua pura a una presión atmosférica y a una temperatura de 20 °C. Las unidades empleadas habitualmente son los kilopascales (kPa).

D2.3.9 Movimiento del agua desde un potencial hídrico mayor hacia un potencial hídrico menor

El alumnado debe saber sobre las razones de este movimiento en lo que respecta a la energía potencial.

D2.3.10 Contribuciones del potencial de soluto y del potencial de presión al potencial hídrico de las células con paredes

Se usa la ecuación $\psi_w = \psi_s + \psi_p$. El alumnado debe saber que los potenciales de soluto pueden ir desde cero hacia abajo (potenciales negativos) y que los potenciales de presión generalmente son positivos en el interior de las células, si bien hay potenciales de presión negativos en los vasos del xilema en los que se da un transporte de savia en condiciones de tensión.

D2.3.11 Potencial hídrico y movimientos del agua en los tejidos vegetales

El alumnado debe ser capaz de explicar, en lo que respecta a los potenciales de soluto y de presión, los cambios que tienen lugar cuando el tejido vegetal está inmerso en una solución hipotónica o hipertónica.

Preguntas transversales

- ¿Qué variables influyen en la dirección del movimiento de los materiales en los tejidos?
- ¿Cuáles son las implicaciones de las diferencias de solubilidad entre las sustancias químicas para los organismos vivos?

D3.1 Reproducción

Continuidad y cambio: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas**Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas****Preguntas de orientación**

- ¿Cómo ejemplifica la reproducción asexual o la reproducción sexual los temas del cambio o de la continuidad?
- ¿Qué cambios se requieren en los organismos para la reproducción?

NM y NS**D3.1.1 Diferencias entre la reproducción sexual y asexual**

Se abordan las siguientes ventajas relativas: la reproducción asexual de individuos adaptados a un medio ambiente existente para producir descendientes idénticos genéticamente, y la reproducción sexual para producir descendientes con nuevas combinaciones de genes y, por tanto, con la variación necesaria para adaptarse a un medio ambiente que ha experimentado cambios.

D3.1.2 Función de la meiosis y fusión de gametos en el ciclo vital sexual

El alumnado debe saber que la meiosis deshace y divide las combinaciones parentales de alelos, y que la fusión de gametos produce nuevas combinaciones. La fusión de gametos también se conoce como fertilización.

D3.1.3 Diferencias entre los sexos masculino y femenino en la reproducción sexual

Se aborda la diferencia principal de que el gameto masculino se traslada hasta el gameto femenino, por lo que es de menor tamaño y tiene menos reservas alimenticias que el óvulo. De ahí se derivan las diferencias en el número de gametos y en las estrategias reproductivas de machos y hembras.

D3.1.4 Anatomía de los sistemas reproductivos humanos masculino y femenino

El alumnado debe ser capaz de dibujar con precisión diagramas de los sistemas típicos de un varón y de una hembra, y anotarlos con los nombres de las distintas estructuras y funciones.

D3.1.5 Cambios durante los ciclos ováricos y uterinos, y su regulación hormonal

Se abordan las funciones del estradiol, de la progesterona, de la hormona luteinizante, de la hormona estimulante del folículo y de la retroalimentación positiva y negativa. Los ciclos ovárico y uterino conjuntamente constituyen el ciclo menstrual.

D3.1.6 Fertilización en los seres humanos

Se abordan la fusión de la membrana celular de un espermatozoide con la membrana celular de un óvulo y la entrada en el óvulo del núcleo del espermatozoide, salvo la destrucción de la cola y las mitocondrias. Se abordan también la disolución de las membranas nucleares de los núcleos del espermatozoide y del óvulo, y la participación de todos los cromosomas condensados en una mitosis de conjugación para producir dos núcleos diploides.

D3.1.7 Uso de hormonas en el tratamiento de fertilización in vitro (FIV)

La secreción normal de hormonas se suspende y las dosis artificiales de hormonas inducen una superovulación.

D3.1.8 Reproducción sexual en plantas con flores

Se abordan la producción de gametos dentro de los óvulos y de los granos de polen, la polinización, el desarrollo del polen y la fertilización para producir un embrión. El alumnado debe comprender que la reproducción en las plantas con flores es sexual, aunque una especie vegetal sea hermafrodita.

D3.1.9 Características de una flor polinizada por insectos

El alumnado debe dibujar con precisión diagramas anotados con los nombres de las estructuras y sus funciones.

D3.1.10 Métodos para promover la polinización cruzada

Se abordan la maduración diferenciada en el tiempo del polen y del estigma, las flores masculinas y femeninas separadas, y la existencia de plantas masculinas y femeninas. Se aborda también la función de los animales o del viento para transferir el polen entre distintas plantas.

D3.1.11 Mecanismos de autoincompatibilidad para aumentar la variación genética dentro de una especie

El alumnado debe comprender que la autopolinización conlleva endogamia, lo que disminuye la diversidad genética y el vigor. También debe comprender que los mecanismos genéticos en muchas especies vegetales garantizan que la fusión de los gametos masculinos y femeninos durante la fertilización sea de plantas diferentes.

D3.1.12 Dispersión y germinación de semillas

Se distingue la dispersión de semillas de la polinización. Se abordan el crecimiento y el desarrollo del embrión, y la movilización de las reservas alimenticias.

Temas adicionales del Nivel Superior

D3.1.13 Control de los cambios en el desarrollo durante la pubertad por acción de la hormona liberadora de la gonadotropina y de las hormonas sexuales esteroides

Se debe limitar al aumento en la liberación de la hormona liberadora de la gonadotropina por el hipotálamo en la infancia, que desencadena la aparición del incremento de la hormona luteinizante y la hormona estimulante del folículo. En última instancia, el aumento de la producción de hormonas sexuales ocasiona cambios asociados a la pubertad.

D3.1.14 Espermatogénesis y ovogénesis en los seres humanos

Se abordan la mitosis, el crecimiento celular, las dos divisiones de la meiosis y la diferenciación. El alumnado debe comprender cómo la gametogénesis, en los cuerpos de varones y hembras típicos, da como resultado un número diferente de espermatozoides y óvulos, también con diferentes cantidades de citoplasma.

D3.1.15 Mecanismos para prevenir la polispermia

La reacción acrosómica permite que un espermatozoide penetre en la zona pelúcida y la reacción cortical impide que otro espermatozoide pueda pasar con posterioridad.

D3.1.16 Desarrollo de un blastocisto e implantación en el endometrio

No se requiere que el alumnado sepa los nombres de otras etapas en el desarrollo embrionario.

D3.1.17 Pruebas de embarazo mediante la detección de la secreción de la gonadotropina coriónica humana

Se abordan la producción de gonadotropina coriónica humana en el embrión o en el desarrollo de la placenta y el uso de anticuerpos monoclonales que se unen a la gonadotropina.

D3.1.18 Función de la placenta en el desarrollo fetal dentro del útero

No se requiere que el alumnado conozca detalles de la estructura de la placenta, salvo la gran superficie de las vellosidades placentarias. Sí debe comprender qué procesos de intercambio tienen lugar en la placenta y que esta permite la retención del feto en el útero hasta una etapa de desarrollo más tardía que en los mamíferos que no desarrollan una placenta.

D3.1.19 Control hormonal del embarazo y del parto

Se hace énfasis en que la continuidad del embarazo se mantiene por la secreción de progesterona inicialmente desde el cuerpo lúteo y, a continuación, desde la placenta, mientras que los cambios durante el parto son desencadenados por una disminución de los niveles de progesterona, lo que permite el incremento de la secreción de oxitocina debido a una retroalimentación positiva.

D3.1.20 Terapia hormonal sustitutiva y riesgo de enfermedad cardíaca coronaria

Naturaleza de la ciencia: En los primeros estudios epidemiológicos, se afirmaba que las mujeres sometidas a terapia hormonal sustitutiva (THS) tenían una menor incidencia de enfermedad cardíaca coronaria (ECC) y que ello se consideraba como relación de causa-efecto. Posteriores ensayos controlados de forma aleatoria mostraron que el uso de la terapia THS conllevaba un pequeño aumento en el riesgo de sufrir ECC. La correlación entre la terapia THS y la menor incidencia de la ECC no se debe realmente a una relación de causa-efecto. Las pacientes tratadas con terapia THS tienen un mayor estatus socioeconómico, por lo que es dicho estatus el que presenta una relación causal con el menor riesgo de sufrir ECC.

Preguntas transversales

- ¿Cómo pueden ayudar las relaciones interespecíficas a las estrategias reproductivas de los organismos vivos?
- ¿Cuáles son las funciones de las barreras en los sistemas vivos?

D3.2 Herencia

Continuidad y cambio: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 5 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 3 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué patrones de herencia existen en plantas y animales?
- ¿Cuál es la base molecular de los patrones hereditarios?

NM y NS

D3.2.1 Producción de gametos haploides en los progenitores y su fusión para formar un cigoto diploide como medio de la herencia

El alumnado debe comprender que este patrón de herencia es común a todos los eucariotas con un ciclo vital sexual. También debe comprender que una célula diploide tiene dos copias de cada gen autosómico.

D3.2.2 Métodos para llevar a cabo cruzamientos genéticos en plantas con flores

Se usan los términos *generación P*, *generación F1*, *generación F2* y *cuadro de Punnett*. El alumnado debe comprender que el polen contiene gametos masculinos y que los gametos femeninos se encuentran situados en el ovario, por lo que para llevar a cabo un cruzamiento debe producirse la polinización. También debe comprender que algunas plantas, como los guisantes, producen ambos gametos (masculinos y femeninos) en sí mismas, lo que permite que tenga lugar la autopolinización y, por consiguiente, la autofecundación. Se menciona que los cruzamientos genéticos se usan ampliamente para reproducir nuevas variedades de cultivos o de plantas ornamentales.

D3.2.3 El genotipo como combinación de los alelos heredados por un organismo

El alumnado debe emplear y comprender los términos *homocigótico* y *heterocigótico*, y saber sobre la distinción entre genes y alelos.

D3.2.4 El fenotipo como rasgo observable de un organismo que resulta del genotipo y de los factores ambientales

El alumnado debe ser capaz de sugerir ejemplos de rasgos en seres humanos debidos únicamente al genotipo y únicamente al medio ambiente, así como a la interacción entre el genotipo y el medio ambiente.

D3.2.5 Efectos de los alelos dominantes y recesivos sobre el fenotipo

El alumnado debe comprender las razones por las que tanto un genotipo homocigótico dominante como un genotipo heterocigótico para un rasgo concreto producirán el mismo fenotipo.

D3.2.6 La plasticidad fenotípica como capacidad de desarrollar rasgos adaptados al medio ambiente al que está expuesto un organismo, variando los patrones de la expresión génica

La plasticidad fenotípica no se debe a los cambios en el genotipo. Los cambios en los rasgos pueden ser reversibles durante la vida de un individuo.

D3.2.7 La fenilcetonuria como ejemplo de enfermedad humana debida a un alelo recesivo

La fenilcetonuria es una enfermedad genética recesiva causada por una mutación en un gen autosómico que codifica la enzima necesaria para convertir la fenilalanina en tirosina.

D3.2.8 Polimorfismos de nucleótidos únicos y alelos múltiples en acervos génicos

El alumnado debe comprender que en el acervo génico puede existir cualquier número de alelos de un gen, pero que un individuo solo hereda dos.

D3.2.9 Los grupos sanguíneos ABO como ejemplos de alelos múltiples

Se usan I_A , I_B e i para indicar los alelos.

D3.2.10 Dominancia incompleta y codominancia

El alumnado debe comprender las diferencias entre estos patrones de herencia en el nivel fenotípico. En la codominancia, los heterocigotos tienen un fenotipo dual. Se aborda como ejemplo el tipo de sangre AB ($I_A I_B$). En la dominancia incompleta, los heterocigotos tienen un fenotipo intermedio. Se aborda como ejemplo la planta del dondiego de noche o maravilla del Perú (*Mirabilis jalapa*).

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

D3.2.11 Determinación del género sexual en los seres humanos y herencia de genes en los cromosomas sexuales

El alumnado debe comprender que el cromosoma sexual en el espermatozoide determina si un cigoto desarrolla determinadas características físicas típicamente masculinas o típicamente femeninas y que el cromosoma X es portador de muchos más genes que el cromosoma Y.

D3.2.12 La hemofilia como ejemplo de enfermedad genética ligada al sexo

Se muestran los alelos incluidos en los cromosomas X mediante letras en superíndice acompañando a una X mayúscula.

D3.2.13 Árboles genealógicos para deducir patrones hereditarios de enfermedades genéticas

El alumnado debe comprender la base genética para la prohibición de los matrimonios entre parientes próximos en muchas sociedades.

Naturaleza de la ciencia: La comunidad científica extrae conclusiones generales mediante un razonamiento inductivo cuando basa una teoría en observaciones de algunos casos, aunque no de la totalidad. Se puede deducir un patrón hereditario de las partes de un árbol genealógico; esta teoría puede permitir deducir posteriormente los genotipos de individuos concretos en el árbol genealógico. El alumnado debe ser capaz de distinguir entre razonamiento inductivo y deductivo.

D3.2.14 Variación continua debida a la herencia poligénica o a factores ambientales

Se usa como ejemplo el color de la piel en los seres humanos.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe comprender la distinción entre las variables continuas, como el color de la piel, y las variables discretas, como el grupo sanguíneo ABO. También debe ser capaz de aplicar medidas de posición central como la media, la mediana y la moda.

D3.2.15 Diagramas de caja y bigotes para representar datos de una variable continua, como la altura de los alumnos(as)

Aplicación de habilidades: El alumnado debe utilizar un diagrama de caja y bigotes para representar seis aspectos de los datos: valores no esperados, mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil y máximo. Un punto de datos se considera dentro de la categoría de valor no esperado si su valor es superior a $1,5 \times \text{RIC}$ (rango intercuartil) por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil.

Temas adicionales del Nivel Superior**D3.2.16 Segregación y transmisión independiente de genes no ligados en la meiosis**

El alumnado debe comprender la relación entre los movimientos de los cromosomas en la meiosis y el resultado de los cruzamientos dihíbridos que implican pares de genes no ligados.

D3.2.17 Cuadros de Punnett para la predicción de frecuencias genotípicas y fenotípicas en cruzamientos dihíbridos que impliquen pares de genes autosómicos no ligados

El alumnado debe comprender cómo resultan las proporciones 9:3:3:1 y 1:1:1:1.

Naturaleza de la ciencia: Las proporciones 9:3:3:1 y 1:1:1:1 para cruzamientos dihíbridos se basan en lo que ha venido a denominarse “segunda ley de Mendel”. Esta ley se aplica únicamente cuando los genes se encuentran en cromosomas diferentes o si están suficientemente separados uno del otro en un mismo cromosoma, como para que las tasas de recombinación alcancen el 50 %. El alumnado debe reconocer que hay excepciones a todas las leyes biológicas en determinadas circunstancias.

D3.2.18 Los loci de los genes humanos y sus productos polipeptídicos

Aplicación de habilidades: El alumnado debe explorar los genes y sus productos polipeptídicos en bases de datos. Asimismo, debe encontrar pares de genes con loci en diferentes cromosomas y también en estrecha proximidad en el mismo cromosoma.

D3.2.19 Ligamiento de genes autosómicos

En cruzamientos que impliquen ligamiento, los símbolos empleados para designar los alelos deben indicarse a lo largo de líneas verticales que representen los cromosomas homólogos. El alumnado debe comprender la razón de que los alelos de los genes ligados puedan no transmitirse de forma independiente.

D3.2.20 Recombinantes en cruzamientos que impliquen dos genes ligados o no ligados

El alumnado debe comprender cómo se determinan los resultados de los cruzamientos entre un individuo heterocigoto para ambos genes y un individuo homocigoto recesivo para ambos genes. Se identifican los recombinantes en gametos, en genotipos de los descendientes y en fenotipos de los descendientes.

D3.2.21 Uso de la prueba de chi cuadrado en datos de cruzamientos dihíbridos

El alumnado debe comprender el concepto de la significación estadística, el nivel $p = 0,05$, la hipótesis nula o alternativa y la idea de los resultados observados frente a los esperados.

Naturaleza de la ciencia: El alumnado debe reconocer que las pruebas estadísticas a menudo implican el uso de una muestra para representar una población. En este caso, la muestra es la generación F2. En muchos experimentos, la muestra son las mediciones repetidas o replicadas.

Preguntas transversales

- ¿Cuáles son los principios de un muestreo eficaz en la investigación biológica?
- ¿Qué procesos biológicos implican una duplicación o una división por dos?

D3.3 Homeostasis

Continuidad y cambio: organismos

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Cómo se mantienen unas condiciones internas constantes en los seres humanos?
- ¿Cuáles son los beneficios para los organismos del mantenimiento de unas condiciones internas constantes?

NM y NS**D3.3.1 Homeostasis como mantenimiento del medio ambiente interno de un organismo**

Las variables se mantienen dentro de los límites preestablecidos, pese a las fluctuaciones en el medio ambiente externo. Se abordan la temperatura corporal, el pH de la sangre, la concentración de glucosa en sangre y la concentración osmótica de la sangre como variables homeostáticas en los seres humanos.

D3.3.2 Bucles de retroalimentación negativa en la homeostasis

El alumnado debe comprender la razón para el uso de un control de retroalimentación negativa en lugar de positiva en la homeostasis, y también que la retroalimentación negativa devuelve las variables homeostáticas al punto de consigna desde los valores superiores e inferiores a dicho punto de consigna.

D3.3.3 Regulación de la glucosa en sangre como ejemplo de la función de las hormonas en la homeostasis

Se abordan el control de la secreción de insulina y de glucagón por parte de las células endocrinas pancreáticas, el transporte en la sangre y los efectos sobre las células objetivo.

D3.3.4 Cambios fisiológicos como base de la diabetes de tipo 1 y de tipo 2

El alumnado debe comprender los cambios fisiológicos, junto con los factores de riesgo y los métodos de prevención y de tratamiento.

D3.3.5 La termorregulación como ejemplo de control de retroalimentación negativa

Se abordan las funciones de los termorreceptores periféricos, el hipotálamo, la glándula pituitaria y la tiroxina, y también ejemplos del tejido muscular y adiposo que actúan como efectores de la variación de temperatura.

D3.3.6 Mecanismos de termorregulación en los seres humanos

El alumnado debe saber que las aves y los mamíferos regulan su temperatura corporal por medios fisiológicos y mediante el comportamiento. Solo se requiere que comprenda los detalles de la termorregulación para los seres humanos. Se abordan la vasodilatación, la vasoconstricción, los escalofríos, la sudoración, la respiración desacoplada en el tejido adiposo marrón y la erección del vello.

Temas adicionales del Nivel Superior

D3.3.7 Función del riñón en la osmorregulación y en la excreción

El alumnado debe comprender la distinción entre excreción y osmorregulación. La osmorregulación es la regulación de la concentración osmótica. Las unidades de concentración osmótica son los osmoles por litro (osmol L⁻¹).

D3.3.8 Función del glomérulo, de la cápsula de Bowman y del túbulo contorneado proximal en la excreción

El alumnado debe saber cómo la ultrafiltración retira solutos del plasma sanguíneo y cómo se reabsorben a continuación sustancias útiles, quedando las toxinas y otros solutos no deseados en el filtrado, el cual se excreta en la orina.

D3.3.9 Función del asa de Henle

Se debe limitar al transporte activo de los iones de sodio en la rama ascendente para mantener concentraciones osmóticas elevadas en la médula, lo que facilita la reabsorción de agua en los conductos colectores.

D3.3.10 Osmorregulación por reabsorción del agua en los conductos colectores

Se abordan las funciones de los osmorreceptores en el hipotálamo, los cambios en el ritmo de secreción de la hormona antidiurética por parte de la glándula pituitaria, y los cambios resultantes en la ubicación de las acuaporinas entre las membranas celulares y las vesículas intracelulares en las células de los conductos colectores.

D3.3.11 Cambios en el suministro de sangre a los órganos en respuesta a los cambios en la actividad

Como ejemplos, se usan el patrón de suministro de sangre a los músculos esqueléticos, al tracto digestivo, al cerebro y a los riñones durante el sueño, la actividad física intensa y el descanso en estado despierto.

Preguntas transversales

- ¿Por qué razones necesitan los organismos distribuir compuestos materiales y energía?
- ¿Qué sistemas biológicos son sensibles a los cambios de temperatura?

D4.1 Selección natural

Continuidad y cambio: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 2 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué procesos pueden causar cambios en las frecuencias alélicas dentro de una población?
- ¿Qué función tiene la reproducción en el proceso de la selección natural?

NM y NS

D4.1.1 La selección natural como mecanismo impulsor del cambio evolutivo

El alumnado debe saber que la selección natural sigue actuando, como lleva haciéndolo durante miles de millones de años, y da lugar a la biodiversidad de la vida en la Tierra.

Naturaleza de la ciencia: En los tiempos de Darwin ya se sabía ampliamente que las especies evolucionaban, aunque el mecanismo no estaba claro. La teoría de Darwin proporcionó un mecanismo convincente y sustituyó al lamarckismo. Este es un ejemplo de cambio de paradigma. El alumnado debe comprender el significado del término *cambio de paradigma*.

D4.1.2 Funciones de las mutaciones y de la reproducción sexual para generar la variación sobre la que actúa la selección natural

Las mutaciones generan nuevos alelos y la reproducción sexual genera nuevas combinaciones de alelos.

D4.1.3 La sobreproducción de descendientes y la competencia por los recursos como factores que promueven la selección natural

Se abordan ejemplos de alimentos y otros recursos que pueden limitar la capacidad de carga.

D4.1.4 Los factores abióticos como presiones de selección

Se abordan ejemplos de factores independientes de la densidad, como las temperaturas altas y bajas que pueden afectar a la supervivencia de los individuos en una población.

D4.1.5 Diferencias entre individuos respecto a la adaptación, supervivencia y reproducción, como base para la selección natural

Se requiere que el alumnado estudie la selección natural debida a la competencia intraespecífica, incluido el concepto de aptitud física al discutir el valor de supervivencia y el potencial reproductivo de un genotipo.

D4.1.6 Requerimiento de que los rasgos sean heredables para que se produzca el cambio evolutivo

El alumnado debe comprender que las características adquiridas durante la vida de un individuo debido a factores ambientales no están codificadas en la secuencia de bases de los genes y, por tanto, no son heredables.

D4.1.7 La selección sexual como presión de selección en las especies animales

Las diferencias en los rasgos físicos y del comportamiento, que pueden emplearse como signos de una aptitud física global, pueden afectar al éxito para atraer una pareja y, de este modo, impulsar la evolución de una población animal. Se ilustra este hecho utilizando ejemplos adecuados, como la evolución del plumaje de las aves del paraíso.

D4.1.8 Modelización de la selección sexual y natural basada en el control experimental de las presiones de selección

Aplicación de habilidades: El alumnado debe interpretar datos de los experimentos de John Endler con peces millón.

Temas adicionales del Nivel Superior

D4.1.9 Concepto del acervo génico

Un acervo génico consiste en todos los genes y sus diferentes alelos presentes en una población.

D4.1.10 Frecuencias alélicas de poblaciones aisladas geográficamente

Aplicación de habilidades: El alumnado debe emplear bases de datos para buscar frecuencias alélicas. Se usa, al menos, un ejemplo humano.

D4.1.11 Cambios en la frecuencia alélica en el acervo génico como consecuencia de la selección natural entre individuos de acuerdo con las diferencias en sus rasgos hereditarios

Darwin desarrolló la teoría de la evolución por selección natural. Los biólogos(as) integraron posteriormente la genética con selección natural en lo que se conoce como “neodarwinismo”.

D4.1.12 Diferencias entre selección direccional, disruptiva y estabilizadora

El alumnado debe ser consciente de que los tres tipos ocasionan un cambio en la frecuencia alélica.

D4.1.13 Ecuación de Hardy-Weinberg y cálculos de las frecuencias alélicas o genotípicas

Se usa p y q para indicar las dos frecuencias alélicas. El alumnado debe comprender que $p + q = 1$, por lo que la ecuación de Hardy-Weinberg $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ predice las frecuencias genotípicas.

Si se conoce una de las frecuencias genotípicas, las frecuencias alélicas se pueden calcular empleando las mismas ecuaciones.

D4.1.14 Condiciones de Hardy-Weinberg que deben mantenerse para que una población esté en equilibrio genético

El alumnado debe comprender que si las frecuencias genotípicas en una población no se ajustan a la ecuación de Hardy-Weinberg, ello indica que no se cumplen una o más condiciones, por ejemplo, porque el apareamiento no es aleatorio o porque las tasas de supervivencia varían entre genotipos.

D4.1.15 Selección artificial por elección deliberada de rasgos

La selección artificial se lleva a cabo en las plantas de cultivo y en los animales domesticados escogiendo para su reproducción a los individuos que tienen unos rasgos deseables. Las consecuencias imprevistas de las acciones humanas, como por ejemplo la evolución de la resistencia en bacterias al emplear un antibiótico, se deben a la selección natural más que a la selección artificial.

Preguntas transversales

- ¿Cómo difieren las interacciones intraespecíficas de las interacciones interespecíficas?
- ¿Qué mecanismos minimizan la competencia?

D4.2 Estabilidad y cambio

Continuidad y cambio: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 4 horas

Temas adicionales del Nivel Superior: 2 horas

Preguntas de orientación

- ¿Qué características de los ecosistemas permiten la estabilidad durante períodos de tiempo ilimitados?
- ¿Qué cambios causados por los seres humanos amenazan la estabilidad de los ecosistemas?

NM y NS

D4.2.1 La estabilidad como propiedad de los ecosistemas naturales

Se ilustra la estabilidad de los ecosistemas con pruebas de bosques, desiertos u otros ecosistemas que hayan mostrado continuidad durante largos períodos. Hay pruebas de algunos ecosistemas que han persistido durante millones de años.

D4.2.2 Requerimientos para la estabilidad de los ecosistemas

Se abordan el suministro de energía, el reciclaje de nutrientes, la diversidad genética y las variables climáticas que se mantienen dentro de los niveles de tolerancia.

D4.2.3 La deforestación de la selva amazónica como ejemplo de posible punto de inflexión en la estabilidad de los ecosistemas

Se abordan la necesidad de una gran superficie de selva húmeda para la generación de vapor de agua atmosférico por transpiración, con los consiguientes enfriamientos, flujos de aire y precipitaciones. Se aborda la incertidumbre sobre la superficie mínima de selva húmeda que resulta suficiente para mantener estos procesos.

Aplicación de habilidades: El alumnado debe ser capaz de calcular una variación porcentual. En este caso, el grado de deforestación se puede evaluar calculando la variación porcentual de la superficie forestal original.

D4.2.4 Uso de un modelo para investigar el efecto de las variables sobre la estabilidad de los ecosistemas

Aunque se pueden organizar mesocosmos en depósitos abiertos, se prefieren recipientes de vidrio cerrados, ya que estos evitan la entrada y salida de materia, pero sigue siendo posible la transferencia de energía. Los ecosistemas acuáticos o microbianos probablemente obtengan mejores resultados que los terrestres.

Naturaleza de la ciencia: Los cuidados y el mantenimiento de los mesocosmos deben seguir las directrices de experimentación en Ciencias.

D4.2.5 Función de las especies clave en la estabilidad de los ecosistemas

El alumnado debe saber sobre el impacto desproporcionado de las especies clave en la estructura de la comunidad y el riesgo de colapso del ecosistema en caso de eliminarse estas.

D4.2.6 Evaluación de la sostenibilidad de la extracción de recursos de ecosistemas naturales

La sostenibilidad depende de que el ritmo de extracción sea inferior al ritmo de restitución. Se aborda una especie vegetal terrestre y una especie de pez marino como ejemplos de recursos renovables, y cómo se puede evaluar la sostenibilidad de la extracción.

D4.2.7 Factores que afectan a la sostenibilidad de la agricultura

Se abordan la necesidad de considerar la erosión del suelo, la lixiviación de nutrientes, el suministro de fertilizantes y otros elementos, la contaminación debida a los productos agroquímicos y la huella de carbono.

D4.2.8 Eutroficación de ecosistemas marinos y de agua dulce debida a la lixiviación

El alumnado debe comprender los efectos de la eutroficación resultante de la lixiviación de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados, incluido el aumento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

D4.2.9 Biomagnificación de contaminantes en ecosistemas naturales

El alumnado debe comprender cómo el aumento de los niveles de toxinas se acumula en los tejidos de los consumidores en los niveles tróficos superiores. Se abordan como ejemplos el DDT y el mercurio.

D4.2.10 Efectos de la contaminación de los océanos con microplásticos y macroplásticos

El alumnado debe comprender que los plásticos son persistentes en el medio ambiente natural debido a su incapacidad de biodegradación. Se abordan ejemplos de los efectos de la contaminación por plásticos sobre la vida marina.

Naturaleza de la ciencia: La comunidad científica puede influir en las acciones de la ciudadanía cuando proporciona información clara sobre sus hallazgos científicos. La cobertura generalizada de los medios de comunicación sobre los efectos de la contaminación por plásticos en la vida marina ha cambiado la percepción del público a nivel global, lo que ha impulsado la adopción de medidas para abordar este problema.

D4.2.11 Recuperación de procesos naturales en los ecosistemas mediante resilvestración

Entre los métodos se deben incluir la reintroducción de depredadores en la cúspide de la cadena trófica y otras especies clave, el restablecimiento de la conectividad de hábitats en grandes áreas, y la minimización del impacto humano mediante la gestión ecológica. Se aborda el ejemplo de la Reserva de Hinewai en Nueva Zelanda.

Temas adicionales del Nivel Superior

D4.2.12 La sucesión ecológica y sus causas

La sucesión se puede desencadenar tanto por cambios en el medio ambiente abiótico como en los factores bióticos.

D4.2.13 Cambios producidos durante la sucesión primaria

Se usa cualquier ejemplo terrestre adecuado para ilustrar estos principios generales: aumento del tamaño de las plantas, cuantía de la producción primaria, diversidad de especies, complejidad de las redes tróficas y cuantía de ciclos de nutrientes.

D4.2.14 La sucesión cíclica en los ecosistemas

El alumnado debe saber que en algunos ecosistemas hay un ciclo de comunidades, en lugar de una única comunidad climática invariable. Además, debe mencionar un ejemplo.

D4.2.15 Comunidades climáticas y sucesión detenida

Si bien en unas condiciones ambientales específicas la sucesión ecológica tiende a conducir a un tipo concreto de comunidad climática, las influencias humanas pueden impedir su desarrollo. Se usan como ejemplos el pastoreo de ganado agrícola y el drenaje de humedales.

Preguntas transversales

- ¿Cuál es la distinción entre procesos artificiales y procesos naturales?
- ¿A lo largo de qué escalas de tiempo cambian las cosas en distintos sistemas biológicos?

D4.3 Cambio climático

Continuidad y cambio: ecosistemas

Nivel Medio y Nivel Superior: 3 horas**Temas adicionales del Nivel Superior: 1 hora****Preguntas de orientación**

- ¿Cuáles son los factores que impulsan el cambio climático?
- ¿Cuáles son los impactos del cambio climático en los ecosistemas?

NM y NS**D4.3.1 Causas antropogénicas del cambio climático**

Se debe limitar a los aumentos de origen antropogénico de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y metano.

D4.3.2 Ciclos de retroalimentación positiva en el calentamiento global

Se abordan la liberación de dióxido de carbono desde las profundidades oceánicas, el aumento de la absorción de radiación solar debido a la pérdida de la nieve y el hielo que reflejarían dicha radiación, a la aceleración de las tasas de descomposición de la turba y de materia orgánica previamente sin descomponer presentes en el permafrost, a la liberación de metano desde el permafrost en fusión y al aumento de las sequías e incendios forestales.

D4.3.3 Cambio desde una acumulación neta de carbono hasta una pérdida neta en los bosques boreales como ejemplo de punto de inflexión

Se abordan las temperaturas más cálidas y la disminución de las precipitaciones de nieve en invierno que llevan a una mayor incidencia de sequías y disminuciones de la producción primaria en la taiga, con un oscurecimiento de los bosques y un aumento de la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, lo que produce una combustión de carbono heredado.

D4.3.4 Fusión del hielo sobre tierra firme y del hielo marino como ejemplos del cambio de hábitat polar

Se aborda la pérdida potencial de las zonas de reproducción del pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*) debido al desprendimiento temprano del hielo sobre tierra firme en la Antártida y a la pérdida del hábitat de hielo marino para las morsas en el Ártico.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

D4.3.5 Cambios en las corrientes oceánicas que alteran la época y amplitud del afloramiento de nutrientes

Unas aguas superficiales más calientes pueden impedir el afloramiento de nutrientes hacia la superficie, con lo que disminuye la producción primaria de los océanos y el flujo de energía a través de las cadenas tróficas marinas.

D4.3.6 Desplazamientos del área de distribución hacia el polo y ladera arriba de las especies templadas

Como ejemplos basados en pruebas, se incluyen los desplazamientos de la zona de distribución ladera arriba para especies de aves de montaña de las zonas tropicales en Nueva Guinea, y la contracción del área de distribución y la expansión hacia el norte de especies de árboles en Norteamérica.

D4.3.7 Amenazas para los arrecifes de coral como ejemplo del colapso potencial de los ecosistemas

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono es la causa de la acidificación de los océanos y de la supresión de la calcificación en los corales. El aumento de la temperatura del agua es la causa de la decoloración de los corales. La pérdida de corales causa el colapso de los ecosistemas de los arrecifes.

D4.3.8 Reforestación, regeneración de bosques y restauración de humedales formadores de turba como enfoques para el secuestro de carbono

Hay un debate científico activo sobre si las plantaciones de especies arbóreas no nativas o la resilvestración con especies nativas ofrecen el mejor enfoque para el secuestro de carbono. La formación de turba se produce de forma natural en suelos anegados de zonas templadas y boreales, y también muy rápidamente en algunos ecosistemas tropicales.

Temas adicionales del Nivel Superior

D4.3.9 La fenología como investigación del momento cronológico en que tienen lugar los fenómenos biológicos

El alumnado debe ser consciente de que el fotoperíodo y los patrones de temperatura son ejemplos de variables que influyen en el momento cronológico en el que se producen fenómenos biológicos tales como la floración, la brotación y la formación de yemas en árboles caducifolios, o la migración y la nidificación de las aves.

D4.3.10 Alteración de la sincronía de las actividades fenológicas por el cambio climático

El alumnado debe saber que en un ecosistema, la temperatura puede actuar como señal de inicio para una población y que el fotoperíodo puede serlo para otra. Se abordan como ejemplos el crecimiento primaveral de la pamplina ártica de orejas de ratón (*Cerastium arcticum*) y la llegada de los renos migratorios (*Rangifer tarandus*). Se aborda también un ejemplo local adecuado o la reproducción del carbonero común (*Parus major*) y el pico de biomasa de orugas en los bosques del norte de Europa.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

D4.3.11 Aumento en el número de ciclos vitales de insectos en un año debido al cambio climático

Se usa como ejemplo el escarabajo de la corteza de la picea (*Ips typographus*) o (*Dendroctonus micans*).

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

D4.3.12 La evolución como consecuencia del cambio climático

Se abordan los cambios en la idoneidad de las variantes de color del cárabo común (*Strix aluco*) como consecuencia de los cambios en la capa de nieve.

Nota: Cuando el alumnado haga referencia a organismos en los exámenes, es aceptable utilizar tanto el nombre común como el nombre científico.

Preguntas transversales

- ¿Cómo influye el cambio climático en cada nivel de organización biológica?
- ¿Qué procesos determinan la distribución de organismos en la Tierra?

