Programa del Diploma

# Guía de Biología

Primera evaluación: 2016

International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programa del Diploma

# Guía de Biología

Primera evaluación: 2016

International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

**Programa del Diploma**
**Guía de Biología**

Versión en español del documento publicado en febrero de 2014 con el título
*Biology guide*

Publicada en febrero de 2014

Publicada en nombre de la Organización del Bachillerato Internacional, una fundación educativa sin fines de lucro con sede en 15 Route des Morillons, 1218 Le Grand-Saconnex, Ginebra (Suiza), por

International Baccalaureate Organization Ltd (Reino Unido)
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Wales CF23 8GL
Reino Unido
Sitio web: www.ibo.org

© Organización del Bachillerato Internacional, 2014

La Organización del Bachillerato Internacional (conocida como IB) ofrece cuatro programas educativos exigentes y de calidad a una comunidad de colegios en todo el mundo, con el propósito de crear un mundo mejor y más pacífico. Esta publicación forma parte de una gama de materiales producidos con el fin de apoyar dichos programas.

El IB puede utilizar diversas fuentes en su trabajo y comprueba la información para verificar su exactitud y autoría original, en especial al hacer uso de fuentes de conocimiento comunitario, como Wikipedia. El IB respeta la propiedad intelectual, y hace denodados esfuerzos por identificar y obtener la debida autorización de los titulares de los derechos antes de la publicación de todo material protegido por derechos de autor utilizado. El IB agradece la autorización recibida para utilizar el material incluido en esta publicación y enmendará cualquier error u omisión lo antes posible.

El uso del género masculino en esta publicación no tiene un propósito discriminatorio y se justifica únicamente como medio para hacer el texto más fluido. Se pretende que el español utilizado sea comprensible para todos los hablantes de esta lengua y no refleje una variante particular o regional de la misma.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede reproducirse, almacenarse o distribuirse de forma total o parcial, en manera alguna ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del IB, sin perjuicio de lo estipulado expresamente por la ley o por la política y normativa de uso de la propiedad intelectual del IB. Véase la página http://www.ibo.org/es/copyright del sitio web público del IB para más información.

Los artículos promocionales y las publicaciones del IB pueden adquirirse en la tienda virtual del IB, disponible en http://store.ibo.org. Las consultas sobre pedidos deben dirigirse al departamento de marketing y ventas en Cardiff.

Correo electrónico: sales@ibo.org

**International Baccalaureate**, **Baccalauréat International** y **Bachillerato Internacional**
son marcas registradas de la Organización del Bachillerato Internacional.

# Declaración de principios del IB

El Bachillerato Internacional tiene como meta formar jóvenes solidarios, informados y ávidos de conocimiento, capaces de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

En pos de este objetivo, la organización colabora con establecimientos escolares, gobiernos y organizaciones internacionales para crear y desarrollar programas de educación internacional exigentes y métodos de evaluación rigurosos.

Estos programas alientan a estudiantes del mundo entero a adoptar una actitud activa de aprendizaje durante toda su vida, a ser compasivos y a entender que otras personas, con sus diferencias, también pueden estar en lo cierto.

# Perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

**El objetivo fundamental de los programas del Bachillerato Internacional (IB) es formar personas con mentalidad internacional que, conscientes de la condición que las une como seres humanos y de la responsabilidad que comparten de velar por el planeta, contribuyan a crear un mundo mejor y más pacífico.**

**Como miembros de la comunidad de aprendizaje del IB, nos esforzamos por ser:**

## INDAGADORES
Cultivamos nuestra curiosidad, a la vez que desarrollamos habilidades para la indagación y la investigación. Sabemos cómo aprender de manera autónoma y junto con otros. Aprendemos con entusiasmo y mantenemos estas ansias de aprender durante toda la vida.

## INFORMADOS E INSTRUIDOS
Desarrollamos y usamos nuestra comprensión conceptual mediante la exploración del conocimiento en una variedad de disciplinas. Nos comprometemos con ideas y cuestiones de importancia local y mundial.

## PENSADORES
Utilizamos habilidades de pensamiento crítico y creativo para analizar y proceder de manera responsable ante problemas complejos. Actuamos por propia iniciativa al tomar decisiones razonadas y éticas.

## BUENOS COMUNICADORES
Nos expresamos con confianza y creatividad en diversas lenguas, lenguajes y maneras. Colaboramos eficazmente, escuchando atentamente las perspectivas de otras personas y grupos.

## ÍNTEGROS
Actuamos con integridad y honradez, con un profundo sentido de la equidad, la justicia y el respeto por la dignidad y los derechos de las personas en todo el mundo. Asumimos la responsabilidad de nuestros propios actos y sus consecuencias.

## DE MENTALIDAD ABIERTA
Desarrollamos una apreciación crítica de nuestras propias culturas e historias personales, así como de los valores y tradiciones de los demás. Buscamos y consideramos distintos puntos de vista y estamos dispuestos a aprender de la experiencia.

## SOLIDARIOS
Mostramos empatía, sensibilidad y respeto. Nos comprometemos a ayudar a los demás y actuamos con el propósito de influir positivamente en la vida de las personas y el mundo que nos rodea.

## AUDACES
Abordamos la incertidumbre con previsión y determinación. Trabajamos de manera autónoma y colaborativa para explorar nuevas ideas y estrategias innovadoras. Mostramos ingenio y resiliencia cuando enfrentamos cambios y desafíos.

## EQUILIBRADOS
Entendemos la importancia del equilibrio físico, mental y emocional para lograr el bienestar propio y el de los demás. Reconocemos nuestra interdependencia con respecto a otras personas y al mundo en que vivimos.

## REFLEXIVOS
Evaluamos detenidamente el mundo y nuestras propias ideas y experiencias. Nos esforzamos por comprender nuestras fortalezas y debilidades para, de este modo, contribuir a nuestro aprendizaje y desarrollo personal.

**El perfil de la comunidad de aprendizaje engloba diez atributos valorados por los Colegios del Mundo del IB. Estamos convencidos de que estos atributos, y otros similares, pueden ayudar a personas y grupos a ser miembros responsables de las comunidades locales, nacionales y mundiales.**

International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

© International Baccalaureate Organization 2013
International Baccalaureate® | Baccalauréat International® | Bachillerato Internacional®

# Índice


## Introducción 1

Propósito de esta publicación 1
El Programa del Diploma 2
Naturaleza de la ciencia 6
Naturaleza de la biología 14
Objetivos generales 19
Objetivos de evaluación 20

## Programa de estudios 21

Resumen del programa de estudios 21
Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Biología 22
Contenido del programa de estudios 27

## Evaluación 158

La evaluación en el Programa del Diploma 158
Resumen de la evaluación: NM 161
Resumen de la evaluación: NS 162
Evaluación externa 163
Evaluación interna 165
Proyecto del Grupo 4 179

## Apéndices 184

Glosario de términos de instrucción 184
Bibliografía 186

# Propósito de esta publicación

El propósito de esta publicación es servir de guía a los colegios en la planificación, la enseñanza y la evaluación de la asignatura. Si bien está dirigida principalmente a los profesores, se espera que estos la utilicen para informar sobre la asignatura a padres y alumnos.

Esta guía está disponible en la página de la asignatura en el Centro pedagógico en línea (http://occ.ibo.org), un sitio web del IB protegido por contraseña concebido para proporcionar apoyo a los profesores del IB. También puede adquirirse en la tienda virtual del IB (http://store.ibo.org).

## Otros recursos

En el Centro pedagógico en línea (CPEL) pueden encontrarse también publicaciones tales como materiales de ayuda al profesor, informes de la asignatura, información adicional sobre la evaluación interna y descriptores de las calificaciones finales. En la tienda virtual del IB se pueden adquirir exámenes de convocatorias pasadas y esquemas de calificación.

Se anima a los profesores a que visiten el CPEL para ver materiales adicionales creados o utilizados por otros docentes. Se les invita también a aportar información sobre materiales que consideren útiles, por ejemplo: sitios web, libros, videos, publicaciones periódicas o ideas pedagógicas.

## Agradecimientos

El Bachillerato Internacional (IB) agradece a los educadores y a sus respectivos colegios el tiempo y los recursos dedicados a la elaboración de la presente guía.

**Primera evaluación: 2016**

# El Programa del Diploma

El Programa del Diploma es un programa preuniversitario exigente de dos años de duración para jóvenes de 16 a 19 años. Su currículo abarca una amplia gama de áreas de estudio y aspira a formar alumnos informados y con espíritu indagador, a la vez que solidarios y sensibles a las necesidades de los demás. Se da especial importancia a que los jóvenes desarrollen el entendimiento intercultural y una mentalidad abierta, así como las actitudes necesarias para respetar y evaluar distintos puntos de vista.

## El modelo del Programa del Diploma

El programa se representa mediante seis áreas académicas dispuestas en torno a un núcleo (véase la figura 1); esta estructura fomenta el estudio simultáneo de una amplia variedad de áreas académicas. Los alumnos estudian dos lenguas modernas (o una lengua moderna y una clásica), una asignatura de humanidades o ciencias sociales, una ciencia, una asignatura de matemáticas y una de artes. Esta variedad hace del Programa del Diploma un programa exigente y muy eficaz como preparación para el ingreso a la universidad. Además, en cada una de las áreas académicas los alumnos tienen flexibilidad para elegir las asignaturas en las que estén particularmente interesados y que quizás deseen continuar estudiando en la universidad.

**Figura 1**
*Modelo del Programa del Diploma*

# La combinación adecuada

Los alumnos deben elegir una asignatura de cada una de las seis áreas académicas, aunque también pueden elegir dos asignaturas de otra área en lugar de una asignatura de Artes. Generalmente tres asignaturas (y no más de cuatro) deben cursarse en el Nivel Superior (NS) y las demás en el Nivel Medio (NM). El IB recomienda dedicar 240 horas lectivas a las asignaturas del NS y 150 a las del NM. Las asignaturas del NS se estudian con mayor amplitud y profundidad que las del NM.

En ambos niveles se desarrollan numerosas habilidades, en especial las de análisis y pensamiento crítico. Dichas habilidades se evalúan externamente al final del curso. En muchas asignaturas los alumnos realizan también trabajos que califica directamente el profesor en el colegio.

# El núcleo del modelo del Programa del Diploma

Todos los alumnos del Programa del Diploma deben completar los tres elementos que conforman el núcleo del modelo.

El curso de Teoría del Conocimiento (TdC) se centra fundamentalmente en el pensamiento crítico y la indagación acerca del proceso de aprendizaje más que sobre la adquisición de un conjunto de conocimientos específicos. Además, examina la naturaleza del conocimiento y la manera en la que conocemos lo que afirmamos saber. Todo ello se consigue animando a los alumnos a analizar las afirmaciones de conocimiento y a explorar preguntas sobre la construcción del conocimiento. La tarea de TdC es poner énfasis en los vínculos entre las áreas de conocimiento compartido y relacionarlas con el conocimiento personal de manera que el alumno sea más consciente de sus perspectivas y cómo estas pueden diferir de las de otras personas.

Creatividad, Acción y Servicio (CAS) es una parte central del Programa del Diploma. El programa de CAS hace hincapié en contribuir a que los alumnos desarrollen su propia identidad, de acuerdo con los principios éticos expresados en la declaración de principios y el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Creatividad, Acción y Servicio (CAS) hace participar a los alumnos en una variedad de actividades simultáneas al estudio de las disciplinas académicas del Programa del Diploma. Las tres áreas que lo componen son la Creatividad (artes y otras experiencias que implican pensamiento creativo), la Acción (actividades que implican un esfuerzo o desafío físico y que contribuyen a un estilo de vida sano) y el Servicio (un intercambio voluntario y no remunerado que significa un aprendizaje para el alumno). Posiblemente más que ningún otro componente del Programa del Diploma, CAS cumple el principio del IB de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

La Monografía, incluida la de Estudios del Mundo Contemporáneo, brinda a los alumnos del IB la oportunidad de investigar un tema que les interese especialmente, a través de un trabajo de investigación independiente de 4.000 palabras. El área de investigación estará relacionada con una de las asignaturas del Programa del Diploma, mientras que la monografía interdisciplinaria de Estudios del Mundo Contemporáneo estará relacionada con dos asignaturas. La Monografía familiariza a los alumnos con la investigación independiente y el tipo de redacción académica que se esperará de ellos en la universidad. El resultado es un trabajo escrito estructurado cuya presentación formal se ajusta a pautas predeterminadas, y en el cual las ideas y los resultados se comunican de modo razonado y coherente, acorde a la asignatura o a las asignaturas elegidas. Su objetivo es fomentar unas habilidades de investigación y redacción de alto nivel, así como el descubrimiento intelectual y la creatividad. Como una experiencia de aprendizaje auténtico, la Monografía brinda a los alumnos la oportunidad de realizar una investigación personal acerca de un tema de su elección con la orientación de un supervisor.

# Enfoques de la enseñanza y enfoques del aprendizaje

El término "enfoques de la enseñanza y el aprendizaje" en el Programa del Diploma se refiere a las estrategias, habilidades y actitudes deliberadas que permean el entorno de enseñanza y aprendizaje. Estos enfoques y herramientas, que están intrínsecamente relacionados con los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB, potencian el aprendizaje de los alumnos y los ayudan a prepararse para la evaluación del Programa del Diploma y mucho más. Los objetivos generales de los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje en el Programa del Diploma son los siguientes:

- Facultar a los docentes no solo para impartir conocimientos, sino también para infundir en los alumnos una actitud activa de aprendizaje
- Facultar a los docentes para crear estrategias más claras que les permitan ofrecer a los alumnos experiencias de aprendizaje significativas en las que tengan que utilizar una indagación estructurada y un mayor pensamiento crítico y creativo
- Promover los objetivos generales de cada asignatura para que sean algo más que las aspiraciones del curso y establecer conexiones entre conocimientos hasta ahora aislados (simultaneidad del aprendizaje)
- Animar a los alumnos a desarrollar una variedad definida de habilidades que les permitan continuar aprendiendo activamente después de dejar el colegio, y ayudarlos no solo a acceder a la universidad por tener mejores calificaciones sino también a prepararse para continuar con éxito la educación superior y la vida posterior
- Potenciar aún más la coherencia y pertinencia de la experiencia del Programa del Diploma que reciben los alumnos
- Permitir a los colegios reconocer el carácter distintivo de la educación del Programa del Diploma del IB, con su mezcla de idealismo y sentido práctico

Los cinco enfoques del aprendizaje (desarrollar habilidades de pensamiento, habilidades sociales, habilidades de comunicación, habilidades de autogestión y habilidades de investigación) junto con los seis enfoques de la enseñanza (enseñanza basada en la indagación, centrada en conceptos, contextualizada, colaborativa, diferenciada y guiada por la evaluación) abarcan los principales valores en los que se basa la pedagogía del IB.

# La declaración de principios del IB y el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

El Programa del Diploma se propone desarrollar en los alumnos los conocimientos, las habilidades y las actitudes que necesitarán para alcanzar las metas del IB, tal como aparecen expresadas en su declaración de principios y en el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. La enseñanza y el aprendizaje en el Programa del Diploma representan la puesta en práctica de la filosofía educativa del IB.

# Probidad académica

En el Programa del Diploma, la probidad académica constituye un conjunto de valores y conductas basadas en el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. En la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, la probidad académica sirve para promover la integridad personal, generar respeto por la integridad y el trabajo de los demás, y garantizar que todos los alumnos tengan igualdad de oportunidades para demostrar los conocimientos y las habilidades que han adquirido durante sus estudios.

Todos los trabajos de clase —incluidos los que se presentan para evaluación— deben ser originales y estar basados en las ideas propias del alumno a la vez que se cita debidamente la autoría de las ideas y el trabajo de otras personas. Las tareas de evaluación que requieren que el profesor oriente a los alumnos o que los alumnos trabajen juntos deben llevarse a cabo respetando por completo las directrices detalladas que proporciona el IB para las asignaturas correspondientes.

Para obtener más información sobre la probidad académica en el IB y el Programa del Diploma, sírvase consultar las siguientes publicaciones del IB: *Probidad académica* (2011), *El Programa del Diploma: de los principios a la práctica* (2009) y el *Reglamento general del Programa del Diploma* (2011). En esta guía puede encontrar información específica sobre la probidad académica en lo que respecta a los componentes de evaluación externa e interna de esta asignatura del Programa del Diploma.

## Cita de las ideas o el trabajo de otras personas

Se recuerda a los coordinadores y profesores que los alumnos deben citar todas las fuentes que usen en los trabajos que envían para su evaluación. A continuación se ofrece una aclaración de este requisito.

Los alumnos del Programa del Diploma envían trabajos para evaluación en diversos formatos, como pueden ser material audiovisual, texto, gráficos, imágenes o datos publicados en medios impresos o electrónicos. Si un alumno utiliza el trabajo o las ideas de otra persona, debe citar la fuente usando un formato de referencia estándar de forma coherente. Si no se citan todas las fuentes, el IB investigará esta falta de citación como una posible infracción del reglamento que puede conllevar una penalización impuesta por el Comité de la evaluación final del IB.

El IB no prescribe el formato de referencia bibliográfica o citación que deben emplear los alumnos, esta elección se deja a discreción de los miembros pertinentes del profesorado o personal del colegio. Debido a la amplia variedad de asignaturas, las tres lenguas posibles de respuesta y la diversidad de formatos de referencia existentes sería restrictivo y poco práctico insistir en el empleo de un determinado formato. En la práctica, ciertos formatos son de uso más común que otros, pero los colegios pueden escoger libremente el más apropiado para la asignatura en cuestión y para la lengua en la que se redacte el trabajo del alumno. Independientemente del formato de referencia adoptado por el colegio para una asignatura, se espera que la información incluya, como mínimo, el nombre del autor, la fecha de publicación, el título de la fuente y los números de página en caso necesario.

Se espera que los alumnos empleen un formato estándar y que lo usen de forma coherente para citar todas las fuentes utilizadas, incluidas las fuentes de contenido parafraseado o resumido. Al redactar, el alumno debe diferenciar claramente sus propias palabras de las de otros utilizando comillas (u otros métodos, como el sangrado) seguidas de una cita que indique una entrada en la bibliografía. Si se cita una fuente electrónica es necesario indicar la fecha de consulta. No se espera que los alumnos sean expertos en materia de referencias, pero sí que demuestren que todas las fuentes han sido citadas. Es necesario recordar a los alumnos que todo el material audiovisual, texto, gráficos e imágenes o datos publicados en medios impresos o electrónicos que no sea de su autoría debe ser citado. Como se ha mencionado anteriormente, es necesario emplear un formato de referencia bibliográfica apropiado.

## La diversidad en el aprendizaje y requisitos de apoyo para el aprendizaje

Los colegios deben garantizar que los alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje cuenten con un acceso equitativo y las disposiciones razonables correspondientes según los documentos del IB titulados *Alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación* y *La diversidad en el aprendizaje y las necesidades educativas especiales en los programas del Bachillerato Internacional*.

# Naturaleza de la ciencia

La “naturaleza de la ciencia” es un tema dominante en los cursos de Biología, Química y Física. La sección “Naturaleza de la ciencia” se incluye en las guías de Biología, Química y Física para ayudar a los profesores a comprender el significado de la naturaleza de la ciencia. Esta sección proporciona una explicación completa sobre la naturaleza de la ciencia en el siglo XXI. No será posible cubrir en este documento detalladamente todos los aspectos relacionados con su enseñanza y evaluación en los tres cursos de ciencias.

La sección “Naturaleza de la ciencia” está estructurada en párrafos (1.1, 1.2, etc.) para vincular los puntos significativos del programa (páginas horizontales) que se refieren a la naturaleza de la ciencia. Los apartados que se refieren a la naturaleza de la ciencia que figurarán en las secciones de la guía específicas de la asignatura son ejemplos de comprensiones concretas. Dichos enunciados, que preceden a cada subtema, resumen cómo ejemplificar uno o más temas de la naturaleza de la ciencia por medio de la comprensión y las aplicaciones y habilidades de ese subtema. Estas secciones no constituyen una repetición de los enunciados de la naturaleza de la ciencia que se dan a continuación, sino una elaboración de estos enunciados en un contexto específico. Véase la sección “Formato del programa de estudios”.

**Tecnología**

Aunque esta sección trata acerca de la naturaleza de la ciencia, la interpretación del término “tecnología” es importante, y hay que aclarar tanto el papel de la tecnología que se ha creado gracias a las ciencias como la contribución de la tecnología a las ciencias. En el mundo contemporáneo, los términos “ciencia” y “tecnología” se utilizan a menudo como sinónimos, pero esto no siempre ha sido así. La tecnología surgió antes que la ciencia, y el uso de materiales para producir objetos útiles y decorativos es muy anterior a la comprensión de por qué los materiales tenían distintas propiedades que permitían emplearlos para distintas finalidades. En la actualidad sucede lo contrario: comprender la ciencia subyacente es la base de los desarrollos tecnológicos. Estos desarrollos tecnológicos, a su vez, sirven para impulsar desarrollos científicos.

A pesar de su interdependencia, la ciencia y la tecnología se basan en principios distintos: la ciencia en las pruebas, la racionalidad y la búsqueda de una comprensión más profunda; la tecnología, por su parte, en lo práctico, lo adecuado y lo útil, con un creciente énfasis en la sustentabilidad.

## 1. Las ciencias y la actividad científica

1.1. Las ciencias parten de la premisa de que el universo tiene una realidad externa e independiente que está al alcance de los sentidos y del razonamiento humanos.

1. 2. Las ciencias puras procuran alcanzar una comprensión común de este universo externo, mientras que las ciencias aplicadas y las ingenierías desarrollan tecnologías que dan como resultado nuevos procesos y productos. Sin embargo, los límites entre estos campos son difusos.

1. 3. Los científicos utilizan una amplia variedad de metodologías que, en conjunto, constituyen el proceso de la ciencia. No existe un único “método científico”. Los científicos han utilizado y utilizan diferentes métodos en distintos momentos para construir su conocimiento y sus ideas, pero tienen una percepción común acerca de lo que los hacen científicamente válidos.

1. 4. La ciencia es una aventura emocionante que plantea desafíos e implica una gran dosis de creatividad e imaginación, así como rigor y detalle tanto en el pensamiento como en las aplicaciones prácticas. Además, los científicos deben estar preparados para encontrarse con descubrimientos sorprendentes, accidentales y no planificados. La historia de las ciencias muestra que esto sucede a menudo.

1. 5. Muchos descubrimientos científicos han implicado destellos de intuición y una buena cantidad de ellos han procedido de especulaciones o simple curiosidad acerca de determinados fenómenos.

1. 6. Los científicos emplean una terminología compartida y un proceso de razonamiento común que implica el uso de la lógica deductiva e inductiva mediante analogías y generalizaciones. Comparten las matemáticas, la lengua de la ciencia, como un instrumento eficaz. De hecho, algunas explicaciones científicas existen solo en forma matemática.

1. 7. Los científicos deben adoptar una actitud escéptica ante las afirmaciones que se realizan. Esto no significa que no crean nada, sino que no emiten un juicio hasta que tienen una buena razón para creer que una afirmación es verdadera o falsa. Dichas razones se basan en pruebas y argumentos.

1. 8. La importancia de las pruebas es una comprensión común fundamental. Las pruebas pueden obtenerse mediante observación o experimentación por medio de los sentidos humanos, principalmente el de la vista; pero gran parte de las ciencias modernas emplean instrumentos y sensores que pueden recabar información a distancia y automáticamente en áreas que son demasiado pequeñas, que están demasiado alejadas, o que se encuentran más allá de la capacidad de percepción de los sentidos humanos. Con frecuencia, las nuevas tecnologías y las mejoras en los instrumentos han sido impulsoras de nuevos descubrimientos. Observaciones seguidas de análisis y deducciones dieron como resultado la teoría del Big Bang acerca del origen del universo, así como la teoría de la evolución por selección natural. En estos casos, no fue posible realizar experimentos controlados. Disciplinas como la geología y la astronomía se basan en gran medida en recabar datos sobre el terreno, pero todas las disciplinas utilizan, en mayor o menor medida, la observación para obtener pruebas. La experimentación en un entorno controlado, generalmente en laboratorios, es la otra forma de obtener pruebas en forma de datos, y hay muchas convenciones y líneas de pensamiento acerca de cómo recabar dichas pruebas.

1. 9. Las pruebas que se obtienen se utilizan para desarrollar teorías, hacer generalizaciones a partir de los datos para formular leyes y proponer hipótesis. Dichas teorías e hipótesis se emplean para hacer predicciones que puedan someterse a prueba. De este modo, las teorías pueden respaldarse o rechazarse y pueden modificarse o sustituirse por nuevas teorías.

1. 10. Para explicar procesos que no se pueden observar, se desarrollan modelos (algunos sencillos, otros muy complejos) basados en la comprensión teórica. Para elaborar predicciones que puedan someterse a prueba se utilizan modelos matemáticos realizados por computador. Esto puede ser especialmente útil cuando no es posible realizar experimentos. Los experimentos o los datos obtenidos a partir de observaciones pueden demostrar que un modelo no es adecuado; en estos casos pueden modificarse o sustituirse por nuevos modelos.

1. 11. Los resultados de los experimentos, los conocimientos obtenidos mediante los modelos y las observaciones del mundo natural pueden utilizarse para proporcionar más pruebas con respecto a una afirmación.

1. 12. El aumento de la capacidad de la informática ha hecho que el uso de modelos sea mucho más potente y eficaz. Los modelos, normalmente matemáticos, se utilizan en la actualidad para lograr nuevas comprensiones cuando no es posible realizar experimentos (y a veces cuando sí es posible). El desarrollo de modelos dinámicos de situaciones complejas que implican grandes cantidades de datos, numerosas variables, y cálculos largos y complejos solo es posible gracias al aumento de la potencia de los computadores. Por ejemplo, el uso de modelos del clima de la Tierra permite predecir futuras condiciones climáticas, o hacer una variedad de previsiones acerca de estas. En este campo se han desarrollado distintos modelos y los resultados obtenidos a partir de estos se han comparado para comprobar cuáles modelos son más exactos. Para poner a prueba los modelos, a veces se pueden emplear datos del pasado y utilizarlos para ver si son capaces de predecir la situación actual. Si un modelo supera este tipo de prueba, aumenta la confianza que se tiene en su precisión.

1. 13. Tanto las ideas como los procesos de la ciencia solo pueden ocurrir en un contexto humano. La ciencia es llevada a la práctica por una comunidad de personas de una amplia variedad de trayectorias, procedencias y tradiciones, y esto ha influido claramente en el modo en que la ciencia se ha llevado a cabo en diferentes momentos. Sin embargo, es importante comprender que hacer ciencia implica participar en una comunidad de indagación con determinados conceptos, metodologías, procesos y principios en común.

# 2. La comprensión de las ciencias

2.1. Teorías, leyes e hipótesis son conceptos que utilizan los científicos. Aunque dichos conceptos están relacionados, no existe una progresión del uno al otro. Estos términos tienen un significado especial en las ciencias, y es importante distinguirlos del uso que se les da en la vida diaria.

2. 2. Las teorías son modelos completos e integrados de cómo funciona el universo o partes de este. Las teorías pueden incorporar datos y leyes, así como hipótesis comprobadas. A partir de las teorías se pueden realizar predicciones y se pueden comprobar mediante experimentos u observaciones cuidadosas. Algunos ejemplos son la teoría microbiana de la enfermedad y la teoría atómica.

2. 3. Por lo general, las teorías dan cabida a los supuestos y las premisas de otras teorías, con lo cual se crea una comprensión coherente en toda una variedad de fenómenos y disciplinas. Sin embargo, a veces una nueva teoría cambia radicalmente cómo se entienden o se formulan conceptos esenciales, lo cual afecta a otras teorías y causa lo que a veces se denomina un "cambio de paradigma" en las ciencias. Uno de los cambios de paradigma más conocidos sucedió con la teoría de la relatividad de Einstein, cuando nuestra idea de tiempo cambió de un marco absoluto de referencia a un marco de referencia dependiente del observador. La teoría de la evolución por selección natural, de Darwin, también cambió nuestra comprensión de la vida en la Tierra.

2. 4. Las leyes son enunciados descriptivos y normativos que se derivan de observar patrones regulares de conducta. En general tienen forma matemática y se pueden utilizar para calcular resultados y hacer predicciones. Como las teorías y las hipótesis, las leyes no se pueden demostrar. Las leyes científicas pueden tener excepciones, y pueden modificarse o rechazarse a partir de nuevas pruebas. Las leyes no necesariamente explican un fenómeno. Por ejemplo, la ley de gravitación universal de Newton nos dice que la fuerza entre dos masas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y nos permite calcular la fuerza entre masas sea cual sea la distancia entre ellas, pero no explica por qué las masas se atraen entre sí. Además, se debe tener en cuenta que el término "ley" se ha utilizado de diferentes maneras en la ciencia, y que si una idea en particular se denomina ley puede ser en parte a causa de la disciplina y del período histórico en los que se desarrolló.

2. 5. A veces los científicos formulan hipótesis, que son enunciados explicativos acerca del mundo que pueden ser verdaderos o falsos, y que a menudo sugieren una relación causal o una correlación entre factores. La validez de las hipótesis puede comprobarse mediante experimentos y observaciones del mundo natural, y pueden apoyarse o rechazarse.

2. 6. Para ser científica, una idea (por ejemplo, una teoría o una hipótesis) debe centrarse en el mundo natural, y las explicaciones naturales deben poder someterse a prueba. Los científicos procuran desarrollar hipótesis y teorías que sean compatibles con principios aceptados y que simplifiquen y unifiquen ideas existentes.

2. 7. El principio de la navaja de Occam se utiliza como guía para desarrollar una teoría. La teoría debe ser lo más sencilla posible y al mismo tiempo tener la máxima capacidad de explicación.

2. 8. Las ideas de correlación y causa son muy importantes en la ciencia. Una correlación es una asociación o vínculo estadístico entre una variable y otra. Las correlaciones pueden ser positivas o negativas, y se puede calcular un coeficiente de correlación que tenga un valor entre +1, 0 y -1. Una fuerte correlación (positiva o negativa) entre un factor y otro indica algún tipo de relación causal entre los dos factores

pero normalmente hace falta obtener más pruebas para que los científicos acepten la idea de una relación causal. Para establecer una relación causal (es decir, que un factor causa otro), los científicos deben tener un mecanismo científico verosímil que vincule los factores. De esta manera se refuerza el argumento de que uno causa el otro, por ejemplo: fumar y el cáncer de pulmón. Este mecanismo puede someterse a prueba en experimentos.

2. 9. La situación ideal es investigar la relación entre un factor y otro mientras se controlan los factores restantes en un entorno experimental. Sin embargo, a menudo esto es imposible y los científicos, especialmente en biología y medicina, utilizan muestras, estudios de cohorte y estudios de casos y controles para reforzar su comprensión de la causalidad cuando no es posible realizar experimentos (como estudios a doble ciego y ensayos clínicos). En el terreno de la medicina, la epidemiología implica el análisis estadístico de datos para descubrir posibles correlaciones cuando no hay disponible mucho conocimiento científico establecido, o cuando es demasiado difícil controlar las circunstancias en su totalidad. En este caso, como en otros campos, el análisis matemático de probabilidades también desempeña un papel.

# 3. La objetividad de las ciencias

3.1. Los datos son fundamentales para los científicos, y pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los datos pueden obtenerse a partir de observaciones o a partir de experimentos específicamente diseñados, mediante el uso de sensores electrónicos a distancia o mediante la toma de mediciones directas. Los mejores datos para realizar descripciones y predicciones exactas y precisas son a menudo cuantitativos y se prestan al análisis matemático. Los científicos analizan datos y buscan patrones, tendencias y discrepancias para intentar descubrir relaciones y establecer relaciones causales. Esto no siempre es posible: identificar y clasificar observaciones y objetos (p. ej., tipos de galaxias o fósiles) sigue siendo un aspecto importante del trabajo científico.

3. 2. Tomar varias mediciones y realizar una gran cantidad de lecturas puede mejorar la fiabilidad de la obtención de datos. Los datos pueden presentarse en varios formatos, como gráficos lineales y logarítmicos que se pueden analizar para, por ejemplo, averiguar la proporción directa o inversa, o para hallar relaciones de potencia.

3. 3. Los científicos deben ser conscientes de errores aleatorios y de errores sistemáticos, y utilizar técnicas como las barras de error y líneas de mejor ajuste en los gráficos para mostrar los datos de la forma más realista y precisa posible. Es necesario considerar si deben descartarse o no los valores atípicos de los puntos de datos.

3. 4. Los científicos deben comprender la diferencia entre errores e incertidumbres, exactitud y precisión; asimismo, deben comprender y utilizar las ideas matemáticas de media, promedio, mediana, moda, etc. A menudo se utilizan métodos estadísticos como la desviación típica y pruebas de chi-cuadrado. Es importante ser capaz de evaluar el nivel de precisión de un resultado. Una parte clave de la capacitación y la pericia de los científicos consiste en ser capaces de decidir qué técnica es adecuada en diferentes circunstancias.

3. 5. También es muy importante que los científicos sean conscientes de los sesgos cognitivos que pueden afectar al diseño y a la interpretación de experimentos. El sesgo de confirmación, por ejemplo, es un sesgo cognitivo bien documentado que nos incita a rechazar datos que son inesperados o que no se adaptan a nuestros deseos o expectativas, así como a aceptar datos que concuerdan con dichos deseos o expectativas. Los procesos y las metodologías de la ciencia están en gran medida diseñados para tener en cuenta estos sesgos. Sin embargo, siempre se debe procurar evitarlos.

3. 6. Aunque los científicos nunca pueden tener la certeza de que un resultado o un hallazgo sea correcto, sabemos que algunos resultados científicos se acercan mucho a la certidumbre. Al hablar de resultados, a menudo los científicos hablan de “niveles de confianza”. El descubrimiento de la existencia de un

bosón de Higgs es un ejemplo de "nivel de confianza". Puede que esta partícula nunca se pueda observar de manera directa, pero para establecer su "existencia", los físicos de partículas tuvieron que regirse por la definición autoimpuesta de qué puede considerarse un descubrimiento: el "nivel de certeza" 5-sigma, o aproximadamente una probabilidad del 0,00003% de que el efecto no sea real sobre la base de pruebas experimentales.

3. 7. En las últimas décadas, el desarrollo de la potencia de los computadores, de la tecnología de sensores y de las redes han permitido a los científicos recabar grandes cantidades de datos. Continuamente se descargan caudales de datos procedentes de diversas fuentes, como satélites de teledetección y sondas espaciales, y se generan grandes cantidades de datos en máquinas de secuenciación de genes. Los experimentos que se realizan en el Gran Colisionador de Hadrones del CERN producen con regularidad 23 petabytes de datos (lo cual equivale a 13,3 años de contenido de televisión de alta definición) por segundo.

3. 8. La investigación implica analizar grandes cantidades de estos datos, que están almacenados en bases de datos, para buscar patrones y sucesos extraordinarios. Esto debe realizarse mediante el uso de software que generalmente desarrollan los científicos implicados. Puede que los datos y el software no se publiquen con los resultados científicos, pero se puede poner a disposición de otros investigadores.

# 4. La faceta humana de la ciencia

4.1. La ciencia es una actividad colaborativa, y la comunidad científica se compone de personas que trabajan en la ciencia, la ingeniería y la tecnología. Es habitual trabajar en equipos multidisciplinarios de tal modo que distintas áreas de conocimiento y especialización puedan contribuir a un objetivo común que va más allá de un único campo científico. También se da el caso de que la forma de enfocar un problema dentro del paradigma de una disciplina puede limitar posibles soluciones, por lo cual puede ser muy útil enfocar los problemas mediante el uso de varias perspectivas en las que sean posibles nuevas soluciones.

4. 2. Este tipo de trabajo en equipo se da bajo la concepción común de que la ciencia deben ser de mentalidad abierta e independiente de religiones, culturas, políticas, nacionalidades, edades y sexos. La ciencia implican el libre intercambio de información e ideas a nivel mundial. Como seres humanos, los científicos pueden tener sus sesgos y prejuicios, pero las instituciones, las prácticas y las metodologías de la ciencia contribuyen a que la actividad científica en su conjunto sea ecuánime.

4. 3. Además de colaborar en el intercambio de resultados, los científicos trabajan diariamente en equipo tanto a pequeña como a gran escala. Dicho trabajo conjunto es tanto intradisciplinario como interdisciplinario y es frecuente que se dé entre distintos laboratorios, organizaciones y países. Las comunicaciones virtuales facilitan aún más esta colaboración. Algunos ejemplos de colaboración a gran escala son:

- El Proyecto Manhattan, cuyo objetivo fue construir y probar una bomba atómica. Con el tiempo, en dicho proyecto participaron más de 130.000 personas, que dio como resultado la creación de varios centros de producción e investigación que operaban en secreto y que culminó con el lanzamiento de dos bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki.
- El Proyecto Genoma Humano, que fue un proyecto de investigación internacional cuyo objetivo fue determinar el mapa del genoma humano. Este proyecto, en el que se invirtieron aproximadamente 3.000 millones de dólares estadounidenses, comenzó en 1990 y produjo una versión preliminar del genoma humano en el año 2000. La secuencia del ADN está almacenada en bases de datos disponibles libremente en Internet.
- El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), organizado bajo el auspicio de las Naciones Unidas, está compuesto oficialmente por 2.500 científicos que producen informes en los que se resume el trabajo de muchos más científicos de todo el mundo.

– La Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en francés), una organización internacional fundada en 1954, es el laboratorio de física de partículas más grande del mundo. El laboratorio, situado en Ginebra, cuenta con aproximadamente 2.400 empleados y comparte resultados con 10.000 científicos e ingenieros de más de 100 nacionalidades y de más de 600 universidades y centros de investigación.

Todos estos ejemplos son controvertidos en cierta medida y han generado reacciones contrapuestas tanto entre los científicos como entre la población en general.

4.4. Los científicos emplean una considerable cantidad de tiempo leyendo los resultados publicados de otros científicos. Estos publican sus propios resultados en revistas científicas después de pasar por un proceso denominado "revisión por pares" (*peer review*). En este proceso varios científicos revisan de manera anónima e independiente el trabajo de un científico o, lo que es más habitual, de un equipo de científicos. Los revisores trabajan en el mismo campo que los autores y deciden si las metodologías de investigación son apropiadas y si el trabajo representa una nueva contribución al conocimiento en ese campo. Los científicos también acuden a conferencias para hacer presentaciones y mostrar pósteres de su trabajo. La publicación en Internet de revistas científicas con artículos revisados por pares ha aumentado la eficacia con la que se puede buscar y acceder a la literatura científica. Hay una gran cantidad de organizaciones nacionales e internacionales de científicos que trabajan en áreas especializadas dentro de determinadas disciplinas.

4.5. A menudo los científicos trabajan en áreas, o llegan a conclusiones, que tienen importantes implicaciones éticas y políticas. Algunas de dichas áreas son la clonación, la manipulación genética de alimentos y organismos, las células madre y las tecnologías reproductivas, la energía nuclear, el desarrollo de armas (nucleares, químicas y biológicas), el trasplante de tejidos y órganos, y áreas que implican realizar experimentos con animales (véase la *Política del IB sobre la experimentación con animales*). También hay cuestiones relacionadas con los derechos de propiedad intelectual y el libre intercambio de información que pueden afectar significativamente a una sociedad. La actividad científica se lleva a cabo en universidades, empresas comerciales, organizaciones gubernamentales, organismos de defensa y organizaciones internacionales. Las cuestiones relacionadas con patentes y derechos de propiedad intelectual surgen cuando el trabajo se realiza en un entorno protegido.

4.6. La integridad y la presentación fiel de los datos son fundamentales en las ciencias: los resultados no se deben arreglar, manipular ni alterar. Para contribuir a asegurar la probidad académica y evitar los plagios, se citan todas las fuentes y toda ayuda o apoyo recibidos. La revisión inter pares y el escrutinio y el escepticismo de la comunidad científica también ayudan a alcanzar esas metas.

4.7. Las ciencias necesitan financiarse, y la fuente de la financiación es crucial para las decisiones acerca del tipo de investigación que se va a realizar. La financiación por parte de gobiernos y fundaciones sin ánimo de lucro a veces no tiene otro objetivo aparente que la investigación en sí, mientras que la financiación por parte de empresas privadas a menudo se destina a investigaciones aplicadas destinadas a crear o desarrollar un producto o una tecnología en particular. Muchas veces hay factores políticos y económicos que determinan la naturaleza y la medida de la financiación. En numerosas ocasiones, los científicos deben emplear tiempo en solicitar financiación para sus proyectos de investigación y exponer los fundamentos de dichos proyectos.

4.8. La ciencia se han utilizado para resolver muchos problemas y mejorar la situación del ser humano, pero también se ha usado de manera moralmente cuestionable y de formas que han causado problemas accidentalmente. Los avances en saneamiento, suministro de agua limpia e higiene conllevaron un significativo descenso en el índice de mortalidad lo que, sumado a la falta de reducciones compensatorias en el índice de natalidad, trajo consigo grandes aumentos de población, con todos los problemas de recursos y suministro de alimentos y energía que esto implica. Las discusiones sobre aspectos éticos, los análisis de riesgos y beneficios, la evaluación de riesgos y el principio de precaución forman parte de la manera científica de abordar el bien común.

# 5. Alfabetización científica y la percepción de la ciencia por parte de la sociedad

5.1. Comprender la naturaleza de la ciencia resulta fundamental cuando la sociedad debe tomar decisiones que implican hallazgos y problemas de índole científica. ¿Cómo juzga la población general? Tal vez no sea posible realizar juicios partiendo de la base de la comprensión directa de la población general sobre una ciencia, pero sí se pueden plantear preguntas importantes sobre si se siguen procesos científicos, y los científicos son los encargados de responder dichas preguntas.

5. 2. Como expertos en sus respectivos campos, los científicos se encuentran en una buena posición para explicar a la población sus problemas y sus hallazgos. Fuera de sus campos de especialización, es posible que no estén más capacitados que cualquier otro ciudadano común para aconsejar sobre cuestiones científicas, si bien su comprensión de los procesos científicos puede ayudarlos a tomar decisiones personales y a informar a terceras personas acerca de si determinadas afirmaciones son creíbles desde un punto de vista científico.

5. 3. Además de saber cómo trabajan y piensan los científicos, la alfabetización científica implica ser consciente de los razonamientos incorrectos. Las personas (incluidos los científicos) son susceptibles a caer en sesgos cognitivos o falacias de razonamiento, y esto debe corregirse siempre que sea posible. Algunos ejemplos son el sesgo de confirmación, generalizaciones precipitadas, *post hoc ergo propter hoc* (causalidad falsa), la falacia del hombre de paja, redefinición (cambiar las reglas del juego cuando ha comenzado la partida), apelar a la tradición, falsa autoridad y la acumulación de anécdotas que se consideran pruebas.

5. 4. Cuando dichos sesgos y falacias no se corrigen o se controlan debidamente, o cuando los procesos y las comprobaciones de las ciencias se pasan por alto o se aplican incorrectamente, el resultado son las pseudociencias. Pseudociencia es el término que se aplica a aquellas creencias y prácticas que dicen ser científicas pero que no cumplen o no siguen las normas de las metodologías científicas correctas. En otras palabras, les faltan pruebas o un marco teórico, no siempre se pueden someter a comprobaciones y por lo tanto son falsificables, se expresan de forma no rigurosa o poco clara y a menudo no cuentan con el respaldo de pruebas científicas.

5. 5. Otra cuestión clave es el uso de una terminología pertinente. Las palabras que los científicos acuerdan como términos científicos a menudo tienen un significado diferente en la vida cotidiana, y hay que tener esto en cuenta en el discurso científico dirigido a la sociedad en general. Por ejemplo, en su uso cotidiano, la palabra "teoría" significa "especulación", pero en la ciencia una teoría aceptada es una idea científica que ha generado predicciones a las que se han puesto a prueba de manera rigurosa. Para la población general, "aerosol" es una lata con un dispositivo especial para pulverizar el líquido que contiene, pero en las ciencias es un gas con partículas sólidas o líquidas en suspensión.

5. 6. Independientemente del terreno científico (ya sea en investigación pura, investigación aplicada, o en trabajos de ingeniería para crear o desarrollar nuevas tecnologías) existen infinitas oportunidades para el pensamiento creativo e imaginativo. Las ciencias han alcanzado una gran cantidad de logros, pero hay muchísimas preguntas sin respuesta que esperan a los futuros científicos.

El diagrama de flujo que aparece a continuación muestra el proceso científico de la indagación en la práctica. Puede acceder a la versión interactiva de este diagrama en la página "How science works: The flowchart." del sitio web *Understanding Science*. <http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>. University of California Museum of Paleontology. [Consulta: 1 de febrero de 2013].

## Cómo funciona la ciencia

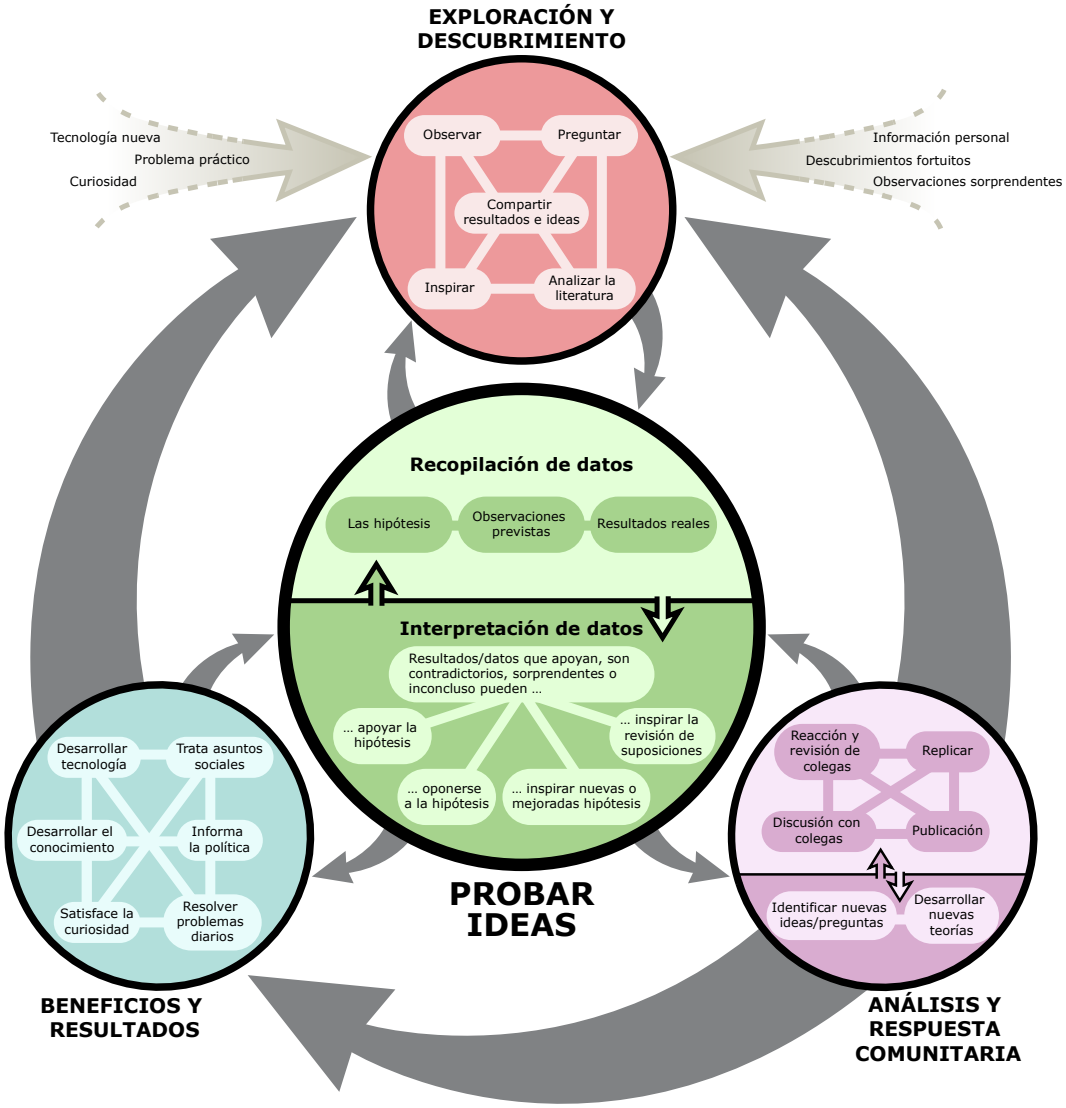


**Figura 2**

*Rutas hacia el descubrimiento científico*

# Naturaleza de la biología

La biología es el estudio de la vida. Los primeros organismos aparecieron en el planeta hace más de 3.000 millones de años; estos, mediante procesos de reproducción y selección natural, han dado origen a las aproximadamente 8 millones de especies diferentes que existen actualmente. Si bien las estimaciones varían, a lo largo de la evolución han podido originarse unas 4.000 millones de especies diferentes. La mayoría de éstas prosperó durante un determinado período de tiempo, y se extinguieron posteriormente, conforme otras especies nuevas y mejor adaptadas las iban reemplazando. Han existido al menos cinco períodos en los que se extinguió un gran número de especies y los biólogos temen que otra extinción masiva está en marcha, esta vez como resultado de las actividades humanas. Aún así, hay más especies vivas en la Tierra hoy que nunca antes. Esta diversidad convierte a la biología en una fuente inagotable de fascinación y en un desafío considerable.

Los seres humanos sienten un interés genuino por la vida; no solo somos nosotros mismos organismos vivos, sino que dependemos de muchas especies para nuestra propia supervivencia, nos vemos amenazados por otras y coexistimos con muchas más. Como reflejan tanto las primeras pinturas rupestres, como los modernos documentales sobre la vida silvestre, este interés es obvio y está omnipresente, dado que la biología sigue fascinando tanto a jóvenes como a adultos de todo el mundo.

Si bien la palabra "biología" fue acuñada por el naturalista alemán Gottfried Reinhold en 1802, nuestra comprensión de los organismos vivos no experimentó un gran avance hasta el advenimiento de las técnicas y tecnologías desarrolladas en los siglos XVIII y XIX, y sobre todo tras inventarse el microscopio y desarrollarse la noción de que es la selección natural el proceso rector de la evolución de la vida.

Los biólogos intentan comprender el mundo viviente en todos los niveles, empleando para ello muchos enfoques diferentes e innumerables técnicas. En un extremo de la escala se encuentran la célula, su estructura molecular y las complejas reacciones metabólicas que allí tienen lugar. En el otro extremo de la escala los biólogos investigan las interacciones que regulan el funcionamiento de ecosistemas enteros.

Muchas áreas de investigación en biología suponen un gran desafío y aún quedan muchos descubrimientos por hacer. La biología es aún una ciencia joven de la que se espera que experimente un gran progreso en el siglo XXI. Este progreso resulta acuciante en un momento en el que la creciente población humana está ejerciendo una presión aún mayor sobre las fuentes de alimento y sobre los hábitats de otras especies, amenazando al mismo planeta en el que habitamos.

## Enfoque de la enseñanza

La enseñanza de la biología se puede abordar de diversas maneras. Por su propia naturaleza, la biología se presta a la aplicación de un método experimental y se espera que esto se refleje a lo largo del curso.

El orden que siguen los temas en el programa de estudios **no** es indicativo del orden en el que se deben impartir; queda a la elección de cada profesor la ordenación que mejor se adapte a sus circunstancias. Las secciones de las opciones se pueden impartir dentro de los temas troncales o de los temas adicionales del NS (TANS), y también se pueden impartir como una unidad aparte.

# Las ciencias y la dimensión internacional

La ciencia es una actividad internacional por naturaleza: el intercambio de información e ideas entre distintos países ha sido fundamental para su progreso. Este intercambio no es un fenómeno nuevo, pero se ha acelerado en los últimos tiempos con el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones. La idea de que la ciencia es un invento occidental es un mito: muchas de las bases de la ciencia moderna fueron establecidas hace muchos siglos por las civilizaciones árabe, india y china, entre otras. Se alienta a los profesores a que destaquen esta contribución al impartir diversos temas, por ejemplo, mediante sitios web que muestren la evolución cronológica de los avances científicos. El método científico en su sentido más amplio, con su énfasis en la revisión por pares, la mentalidad abierta y la libertad de pensamiento, transciende la política, la religión, el sexo y la nacionalidad. Cuando corresponde en algunos temas, las secciones detalladas del programa de estudios de las guías del Grupo 4 contienen vínculos que ilustran los aspectos internacionales de la ciencia.

Actualmente existen numerosos organismos internacionales que fomentan la investigación científica. Las Naciones Unidas cuentan con conocidos organismos, como la UNESCO, el PNUMA y la OMM, en los que la ciencia desempeña una función prominente, pero existen, además de los mencionados, cientos de organismos internacionales que representan a todas las ramas de la ciencia. La infraestructura necesaria para la investigación a gran escala, como por ejemplo en los experimentos de física de partículas y el Proyecto Genoma Humano, es costosa y su financiación solo es posible mediante inversiones conjuntas de muchos países. Científicos de todo el mundo comparten los datos obtenidos en estas investigaciones. Se alienta a los profesores y a los alumnos del Grupo 4 a que accedan a los amplios sitios web y bases de datos de estos organismos científicos internacionales para que aprecien mejor la dimensión internacional.

Cada vez se reconoce más que numerosos problemas científicos son de naturaleza internacional, lo que ha impulsado la adopción de una perspectiva global en muchos ámbitos de investigación. Un ejemplo destacado son los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. En el terreno práctico, el proyecto del Grupo 4 (que deben realizar todos los alumnos de Ciencias Experimentales) se asemeja al trabajo realizado por científicos profesionales, al fomentar la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

El conocimiento científico tiene una capacidad sin parangón para transformar las sociedades. Puede proporcionar grandes ventajas a la humanidad o reforzar las desigualdades y producir daños a las personas y al medio ambiente. En consonancia con la declaración de principios del IB, los alumnos que cursan las asignaturas del Grupo 4 deben ser conscientes de la responsabilidad moral que tienen los científicos de garantizar el acceso a los conocimientos y datos científicos de forma equitativa para todos los países y de que estos dispongan de los recursos para utilizar esta información en pos del desarrollo de sociedades sustentables.

Se debe pedir a los alumnos que dirijan su atención a las secciones del programa de estudios que tengan vínculos con la mentalidad internacional. En los subtemas del contenido del programa de estudios se dan ejemplos de cuestiones relacionadas con la mentalidad internacional. Los profesores también pueden utilizar los recursos que se encuentran en el sitio **Compromiso global** (http://globalengage.ibo.org/).

# Diferencias entre el NM y el NS

Los alumnos que estudian las asignaturas del Grupo 4 en el Nivel Medio (NM) y el Nivel Superior (NS) cursan un programa de estudios con temas troncales comunes, siguen un plan común de evaluación interna y estudian opciones que presentan algunos elementos en común. Se les ofrece un programa de estudios que fomenta el desarrollo de determinados atributos, habilidades y actitudes, según se describe en la sección "Objetivos de evaluación" de la presente guía.

Aunque las habilidades y actividades de las asignaturas del Grupo 4 (Ciencias) son comunes para los alumnos del NM y del NS, los alumnos del NS deben estudiar algunos temas en mayor profundidad en el material de temas adicionales del NS (TANS) y en las opciones comunes. El NM y el NS se diferencian en amplitud y en profundidad.

## Conocimientos previos

La experiencia con las asignaturas del Grupo 4 ha demostrado que los alumnos sin estudios ni conocimientos previos sobre ciencias serán capaces de cursar con éxito estas asignaturas en el NM. En este sentido, lo importante será su actitud ante el aprendizaje, caracterizada por los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB.

No obstante, si bien no se pretende restringir el acceso a las asignaturas del Grupo 4, los alumnos que se planteen cursar una asignatura del Grupo 4 en el NS deberán contar con cierta experiencia anterior en educación científica formal. No se especifican temas concretos, aunque los alumnos que hayan cursado el Programa de los Años Intermedios (PAI) o que hayan realizado estudios afines con orientación científica o un curso de ciencias en el colegio estarán suficientemente preparados para una asignatura del NS.

## Vínculos con el Programa de los Años Intermedios

Los alumnos que hayan realizado los cursos de Ciencias, Diseño y Matemáticas del PAI estarán bien preparados para cursar las asignaturas del Grupo 4. La coherencia entre Ciencias del PAI y los cursos del Grupo 4 del PD permite a los alumnos una transición sin complicaciones de un programa al otro. La planificación simultánea de los nuevos cursos del Grupo 4 y el proyecto "Programa de los Años Intermedios: el siguiente capítulo" (ambos lanzados en 2014) ha contribuido a una coherencia aún mayor entre el PAI y el PD.

La indagación científica es fundamental para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en el PAI. Capacita a los alumnos para desarrollar una manera de pensar y un conjunto de habilidades y procesos que, además de permitirles adquirir y utilizar conocimientos, los dota de las habilidades necesarias para abordar con confianza el componente de evaluación interna de las asignaturas del Grupo 4. Las asignaturas de Ciencias del PAI aspiran a contribuir al desarrollo de los alumnos como miembros de la comunidad de aprendizaje del siglo XXI. Un programa de ciencias con un enfoque holístico permite a los alumnos desarrollar y utilizar una combinación de habilidades cognitivas, destrezas sociales, motivación personal, conocimiento conceptual y competencias de resolución de problemas dentro de un entorno de aprendizaje basado en la indagación (Rhoton 2010). El objetivo de la indagación es servir de apoyo a la comprensión de los alumnos proporcionándoles oportunidades de explorar de manera independiente y colaborativa cuestiones pertinentes mediante la investigación y la experimentación. Esto forma una firme base de comprensión científica con profundas raíces conceptuales para los alumnos que van a estudiar los cursos del Grupo 4.

En el PAI, los profesores toman decisiones acerca del logro de los alumnos empleando su juicio profesional y con la orientación de criterios que son públicos, precisos y conocidos de antemano para garantizar así que la evaluación sea transparente. Con este enfoque, el trabajo de los alumnos se evalúa en relación con niveles de logro determinados y no en relación con el trabajo de otros alumnos. Es importante hacer hincapié en que la finalidad más importante de la evaluación del PAI (coherente con el PEP y el PD) es apoyar los objetivos del currículo y fomentar un aprendizaje adecuado por parte de los alumnos. Las evaluaciones se basan en los objetivos generales y de evaluación del curso y, por tanto, una enseñanza eficaz dirigida a cumplir los requisitos del curso también asegurará que se cumplan los requisitos de evaluación formal. Los alumnos deben comprender qué son las normas, las aplicaciones concretas y las expectativas de evaluación; estos elementos deben presentarse de manera natural cuanto antes en la enseñanza, así como en las actividades

de clase y en las tareas para hacer en el hogar. Tener experiencia en la evaluación por criterios ayuda en gran medida a que los alumnos que empiezan a estudiar asignaturas del Grupo 4 del PD comprendan los requisitos de evaluación interna.

El currículo de Ciencias del PAI, basado en conceptos, busca ayudar al alumno a construir significados mediante la mejora del pensamiento crítico y la transferencia de conocimientos. En el nivel más alto se encuentran los **conceptos clave**, que son ideas importantes, amplias y organizadoras que tienen pertinencia dentro del curso de Ciencias, pero que también lo trascienden y son pertinentes a otros grupos de asignaturas. Estos conceptos clave facilitan el aprendizaje disciplinario, el aprendizaje interdisciplinario y las conexiones con otras asignaturas. Mientras que los conceptos clave aportan amplitud, los **conceptos relacionados** de Ciencias del PAI añaden profundidad al programa. El concepto relacionado puede considerarse como la "gran idea" de la unidad que aporta orientación y profundidad y que dirige a los alumnos hacia la comprensión conceptual.

En el PAI hay 16 conceptos clave, y los tres que aparecen resaltados a continuación sirven de eje a Ciencias del PAI.

| Conceptos clave en el currículo del PAI | | | |
|---|---|---|---|
| Estética | **Cambio** | Comunicación | Comunidades |
| Conexiones | Creatividad | Cultura | Desarrollo |
| Forma | Interacciones globales | Identidad | Lógica |
| Perspectiva | **Relaciones** | **Sistemas** | Tiempo, lugar y espacio |

Además, los alumnos del PAI pueden realizar una evaluación electrónica opcional y basada en conceptos como preparación adicional para los cursos de Ciencias del PD.

## Ciencias y Teoría del Conocimiento

El curso de Teoría del Conocimiento (TdC), cuya primera evaluación se celebrará en 2015, anima a los alumnos a reflexionar sobre la naturaleza del conocimiento y la manera en la que conocemos lo que afirmamos saber. El curso identifica ocho formas de conocimiento: lenguaje, percepción sensorial, emoción, razón, imaginación, fe, intuición y memoria. Los alumnos exploran estos medios de producir conocimiento dentro del contexto de varias áreas de conocimiento: las ciencias naturales, las ciencias humanas, las artes, la ética, la historia, las matemáticas, los sistemas de conocimiento religiosos, y los sistemas de conocimiento indígenas. El curso también requiere que los alumnos comparen las distintas áreas de conocimiento y que reflexionen sobre cómo se alcanza el conocimiento en las distintas disciplinas, qué tienen en común las disciplinas, y las diferencias entre estas.

Las lecciones de TdC pueden ayudar a los alumnos en su estudio de las ciencias, así como el estudio de las ciencias puede ayudar a los alumnos en sus cursos de TdC. TdC proporciona a los alumnos un espacio en el que participar en discusiones amplias y estimulantes acerca de cuestiones como qué significa para una disciplina ser una ciencia, o si debería haber límites éticos en la búsqueda de conocimientos científicos. Además, permite a los alumnos reflexionar sobre las metodologías de las ciencias y compararlas con las de otras áreas de conocimiento. En la actualidad está ampliamente aceptado que no existe un único método científico, en el sentido estricto definido por Popper, sino que las ciencias emplean una variedad de enfoques para encontrar explicaciones sobre el funcionamiento de la naturaleza. Las distintas disciplinas

científicas tienen en común el uso del razonamiento inductivo y deductivo, la importancia de las pruebas, etc. Se anima a los alumnos a comparar y contrastar estos métodos con los métodos que se encuentran en, por ejemplo, las artes o la historia.

De esta manera se dan amplias oportunidades para que los alumnos establezcan vínculos entre sus cursos de Ciencias y TdC. Una forma en que los profesores pueden ayudar a los alumnos a establecer dichos vínculos con TdC es llamar la atención de estos hacia preguntas de conocimiento que surjan del contenido de la asignatura. Las preguntas de conocimiento son preguntas abiertas y a continuación se dan algunos ejemplos:

- ¿Cómo se distingue la ciencia de la pseudociencia?
- Al realizar experimentos, ¿qué relación hay entre las expectativas del científico y su percepción?
- ¿Cómo progresa el conocimiento científico?
- ¿Qué papel desempeñan la imaginación y la intuición en las ciencias?
- ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias en los métodos de las ciencias naturales y las ciencias humanas?

En los subtemas del contenido del programa de estudios de esta guía se dan ejemplos de preguntas de conocimiento pertinentes. Además, los profesores pueden encontrar sugerencias de preguntas de conocimiento interesantes en las secciones “Áreas de conocimiento” y “El marco de conocimiento” de la *Guía de Teoría del Conocimiento*. Se debe animar a los alumnos a plantear y discutir tales preguntas de conocimiento tanto en las clases de Ciencias como en las de TdC.

# Objetivos generales

## Objetivos generales del Grupo 4

Mediante el estudio de la Biología, la Física o la Química, los alumnos deberán tomar conciencia de la forma en que los científicos trabajan y se comunican entre ellos. Si bien el método científico puede adoptar muy diversas formas, es el enfoque práctico, mediante trabajos experimentales, lo que caracteriza a estas asignaturas.

Mediante el tema dominante de naturaleza de la ciencia, los objetivos generales permiten a los alumnos:

1. Apreciar el estudio científico y la creatividad dentro de un contexto global mediante oportunidades que los estimulen y los desafíen intelectualmente
2. Adquirir un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología
3. Aplicar y utilizar un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología
4. Desarrollar la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar la información científica
5. Desarrollar una toma de conciencia crítica sobre el valor y la necesidad de colaborar y comunicarse de manera eficaz en las actividades científicas
6. Desarrollar habilidades de experimentación y de investigación científicas, incluido el uso de tecnologías actuales
7. Desarrollar las habilidades de comunicación del siglo XXI para aplicarlas al estudio de la ciencia
8. Tomar conciencia crítica, como ciudadanos del mundo, de las implicaciones éticas del uso de la ciencia y la tecnología
9. Desarrollar la apreciación de las posibilidades y limitaciones de la ciencia y la tecnología
10. Desarrollar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y su influencia sobre otras áreas de conocimiento

# Objetivos de evaluación

Los objetivos de evaluación de Biología, Química y Física reflejan aquellos aspectos de los objetivos generales que deben evaluarse de manera formal interna o externamente. Dichas evaluaciones se centrarán en la naturaleza de la ciencia. El propósito de estos cursos es que los alumnos alcancen los siguientes objetivos de evaluación:

1. Demostrar conocimiento y comprensión de:
    a. Hechos, conceptos y terminología
    b. Metodologías y técnicas
    c. Cómo comunicar la información científica
2. Aplicar:
    a. Hechos, conceptos y terminología
    b. Metodologías y técnicas
    c. Métodos de comunicar la información científica
3. Formular, analizar y evaluar:
    a. Hipótesis, preguntas de investigación y predicciones
    b. Metodologías y técnicas
    c. Datos primarios y secundarios
    d. Explicaciones científicas
4. Demostrar las aptitudes de investigación, experimentación y personales necesarias para llevar a cabo investigaciones perspicaces y éticas.

# Resumen del programa de estudios

| Componente del programa | Horas lectivas recomendadas | |
|---|---|---|
| | NM | NS |
| **Temas troncales** | **95** | |
| 1. Biología celular | 15 | |
| 2. Biología molecular | 21 | |
| 3. Genética | 15 | |
| 4. Ecología | 12 | |
| 5. Evolución y biodiversidad | 12 | |
| 6. Fisiología humana | 20 | |
| **Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)** | | **60** |
| 7. Ácidos nucleicos | | 9 |
| 8. Metabolismo, respiración celular y fotosíntesis | | 14 |
| 9. Biología vegetal | | 13 |
| 10. Genética y evolución | | 8 |
| 11. Fisiología animal | | 16 |
| **Opciones** | **15** | **25** |
| A. Neurobiología y comportamiento | 15 | 25 |
| B. Biotecnología y bioinformática | 15 | 25 |
| C. Ecología y conservación | 15 | 25 |
| D. Fisiología humana | 15 | 25 |
| **Plan de trabajos prácticos** | **40** | **60** |
| Trabajos prácticos | 20 | 40 |
| Investigación individual (evaluación interna) | 10 | 10 |
| Proyecto del Grupo 4 | 10 | 10 |
| **Total de horas lectivas** | **150** | **240** |

Se recomienda impartir 240 horas lectivas para completar los cursos de NS y 150 horas lectivas para completar los cursos de NM, tal como se indica en el documento titulado *Reglamento general del Programa del Diploma*, publicado en 2011 (página 4, artículo 8.2).

# Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Biología

## Formato del programa de estudios

El formato de la sección del programa de estudios de las guías del Grupo 4 es el mismo para las asignaturas de Física, Química y Biología. Esta nueva estructura destaca y hace hincapié en los aspectos de enseñanza y aprendizaje.

### Temas y opciones

Los temas están numerados y las opciones se identifican por medio de una letra mayúscula. Por ejemplo, "Tema 4: Ecología", u "Opción D: Fisiología humana".

### Subtemas

Los subtemas están numerados de la siguiente manera: "4.1: Especies, comunidades y ecosistemas". El material de ayuda al profesor contiene más información y orientación acerca de la cantidad de horas lectivas.

Cada subtema comienza con una "idea fundamental". La idea fundamental es una interpretación perdurable que se considera parte de la comprensión de las ciencias por parte de la población general. A esto le sigue la sección "Naturaleza de la ciencia", en la que se dan ejemplos específicos en contexto en los que se ilustran algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Dichos ejemplos están directamente vinculados con referencias específicas de la sección "Naturaleza de la ciencia" de la guía para ayudar a los profesores a comprender el tema general que se vaya a abordar.

Bajo el tema preponderante de "Naturaleza de la ciencia" se encuentran dos columnas. En la primera columna hay tres apartados: "Comprensión", "Aplicaciones y habilidades" y "Orientación". En el apartado "Comprensión" se plantean las principales ideas generales que se deben enseñar. En "Aplicaciones y habilidades" se resumen las aplicaciones y las habilidades específicas que se desarrollarán a partir de la comprensión. Por último, en "Orientación" se informa acerca de los límites y la profundidad de tratamiento que se requiere tanto a profesores como a examinadores. El contenido del apartado "Naturaleza de la ciencia" (que se encuentra encima de las dos columnas), y el de la primera columna son elementos que se pueden evaluar. Además, como en el curso anterior, a partir del contenido de la segunda columna se evaluará la mentalidad internacional en las ciencias.

Por su parte, la segunda columna cuenta con los apartados "Mentalidad internacional", "Teoría del Conocimiento", "Utilización" y "Objetivos generales". En "Mentalidad internacional" se da a los profesores sugerencias de aspectos relacionados con la mentalidad internacional. En "Teoría del Conocimiento" se proporcionan ejemplos de preguntas de conocimiento de TdC (véase la *Guía de Teoría del Conocimiento* publicada en 2013) que se pueden utilizar para guiar a los alumnos en la preparación del ensayo de TdC. En el apartado "Utilización" se puede vincular el subtema con otras partes del programa de estudios de la asignatura, con otras guías de asignaturas del PD o con aplicaciones del mundo real. Finalmente, el apartado "Objetivos generales" indica cómo se abordan en el subtema determinados objetivos generales del Grupo 4.

# Formato de la guía

**Tema 1: <Título>**

**Idea fundamental:** Aquí se indica la idea fundamental de cada subtema.

| 1.1 Subtema | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:** Relaciona el subtema con el tema preponderante de naturaleza de la ciencia. | |
| **Comprensión:**<br>• Esta sección proporciona información específica acerca de los requisitos de contenido para cada subtema.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Esta sección da información sobre cómo los alumnos deben aplicar la comprensión. Por ejemplo, las aplicaciones podrían implicar demostrar cálculos matemáticos o habilidades prácticas.<br>**Orientación:**<br>• Esta sección proporciona información específica y límites acerca de los requisitos de comprensión y aplicaciones y habilidades. | **Mentalidad internacional:**<br>• Ideas que los profesores pueden integrar fácilmente en sus clases.<br>**Teoría del Conocimiento:**<br>• Ejemplos de preguntas de conocimiento de TdC.<br>**Utilización:** (incluye vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa)<br>• Vínculos con otros temas de la *Guía de Biología*, con varias aplicaciones del mundo real, y con otros cursos del Programa del Diploma.<br>**Objetivos generales:**<br>• Vínculos con los objetivos generales de las asignaturas del Grupo 4. |

# Técnicas experimentales del Grupo 4

"Lo que oigo, olvido. Lo que veo, recuerdo. Lo que hago, aprendo."

Confucio

En cualquier curso del Grupo 4, la experiencia de los alumnos en el aula, el laboratorio, o mediante el trabajo de campo constituye una parte fundamental de su aprendizaje. Las actividades prácticas permiten a los alumnos interactuar con los fenómenos naturales y las fuentes secundarias de datos. Estas experiencias brindan a los alumnos la oportunidad de diseñar sus investigaciones, recoger datos, adquirir técnicas de manipulación, analizar resultados, colaborar con colegas, y evaluar y comunicar sus hallazgos. Los experimentos se pueden usar para presentar un tema, investigar un fenómeno o permitir a los alumnos considerar y examinar cuestiones y curiosidades.

La experimentación práctica proporciona a los alumnos la oportunidad de recrear los mismos procesos que realizan los científicos. La experimentación ayuda a los alumnos a percibir la naturaleza del pensamiento científico y la investigación. Todas las teorías y leyes científicas comienzan con la observación.

Es importante que los alumnos participen en un programa práctico basado en la indagación que permita el desarrollo de la investigación científica. No es suficiente que los alumnos se limiten a seguir instrucciones y a reproducir un determinado procedimiento experimental, sino que se les deberá dar oportunidades de realizar una indagación genuina. Desarrollar habilidades de indagación científica dará a los alumnos la capacidad de elaborar explicaciones basadas en pruebas fiables y en un razonamiento lógico. Una vez

desarrolladas, estas habilidades de pensamiento de orden superior permitirán a los alumnos adoptar una actitud de aprendizaje durante toda su vida y conocer el mecanismo de las ciencias.

El plan de trabajos prácticos del colegio debe permitir a los alumnos experimentar toda la amplitud y profundidad del curso, incluidas las opciones. Dicho plan de trabajos prácticos también debe preparar a los alumnos para realizar la investigación individual que se requiere para la evaluación interna. El desarrollo de las técnicas de manipulación de los alumnos debe incluir que estos sean capaces de seguir instrucciones con exactitud y utilizar de forma segura, competente y metódica diversas técnicas y equipos.

La sección "Aplicaciones y habilidades" del programa de estudios enumera técnicas, experimentos y habilidades de laboratorio específicos que los alumnos deben aplicar en algún momento al estudiar las asignaturas del Grupo 4. En la sección "Objetivos generales" del programa de estudios se enumeran otras técnicas, experimentos y habilidades de laboratorio que se recomiendan. El objetivo general 6 de las asignaturas del Grupo 4 está directamente relacionado con el desarrollo de habilidades de experimentación e investigación.

## Requisitos matemáticos

Todos los alumnos de Biología del Programa del Diploma deberán ser capaces de:

- Realizar las operaciones aritméticas básicas: suma, resta, multiplicación y división
- Realizar cálculos con medias, decimales, fracciones, porcentajes y proporciones
- Representar e interpretar datos de frecuencias en forma de gráficos de barras, gráficos e histogramas, proporciones directas e inversas incluidas
- Dibujar gráficos (con escalas y ejes adecuados) con dos variables que muestren relaciones lineales o no lineales
- Dibujar e interpretar diagramas de dispersión para identificar una correlación entre dos variables y comprender que la existencia de una correlación no implica por sí misma una relación causal
- Determinar la moda y la mediana de un conjunto de datos, y calcular y analizar la desviación estándar
- Seleccionar pruebas estadísticas apropiadas para el análisis de datos particulares e interpretar los resultados

## Uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones

Se fomenta el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en todos los aspectos del curso, tanto en el programa práctico como en las actividades cotidianas de clase. Los profesores deben utilizar las páginas de TIC de los respectivos materiales de ayuda al profesor.

# Planificación del curso

El programa de estudios que se proporciona en la guía de la asignatura no pretende establecer un orden para la enseñanza, sino detallar lo que debe cubrirse antes del final del curso. Cada colegio debe desarrollar un plan de trabajo que resulte óptimo para sus alumnos. Por ejemplo, el plan de trabajo puede realizarse de tal modo que coincida con los recursos disponibles, que tenga en cuenta la experiencia y los conocimientos previos de los alumnos, o puede elaborarse teniendo en cuenta otros requisitos locales.

Los profesores de NS tienen la posibilidad de enseñar los temas troncales y los temas adicionales del NS (TANS) al mismo tiempo, o bien impartirlos en espiral, para lo cual enseñarían los temas troncales en el primer año del curso y los repasarían en el segundo año cuando impartiesen los TANS. El tema optativo puede enseñarse como un tema aparte o bien integrarse en la enseñanza de los temas troncales y/o de los TANS.

Sea como sea la planificación del curso, se debe proporcionar una cantidad adecuada de tiempo para repasar para el examen. También se debe conceder tiempo para que los alumnos reflexionen sobre su experiencia y su crecimiento como miembros de la comunidad de aprendizaje.

# Perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

El curso de Biología contribuye al desarrollo de los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Mediante el curso, los alumnos abordarán los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Por ejemplo, los requisitos de la evaluación interna proporcionan a los alumnos oportunidades para desarrollar cada uno de los aspectos del perfil. A continuación se indican varias referencias de los cursos del Grupo 4 por cada atributo del perfil de la comunidad de aprendizaje.

| Atributo del perfil de la comunidad de aprendizaje | Biología, Química y Física |
|---|---|
| Indagadores | Objetivos generales 2 y 6<br>Actividades prácticas y evaluación interna |
| Informados e instruidos | Objetivos generales 1 y 10, vínculos con la mentalidad internacional<br>Actividades prácticas y evaluación interna |
| Pensadores | Objetivos generales 3 y 4, vínculos con Teoría del Conocimiento<br>Actividades prácticas y evaluación interna |
| Buenos comunicadores | Objetivos generales 5 y 7, evaluación externa<br>Actividades prácticas y evaluación interna |
| Íntegros | Objetivos generales 8 y 9<br>Actividades prácticas y evaluación interna. Conducta ética (póster *Conducta ética en el Programa del Diploma*, *Política del IB sobre la experimentación con animales*), probidad académica |
| De mentalidad abierta | Objetivos generales 8 y 9, vínculos con la mentalidad internacional<br>Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4 |

| Atributo del perfil de la comunidad de aprendizaje | Biología, Química y Física |
|---|---|
| Solidarios | Objetivos generales 8 y 9<br>Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4, conducta ética (póster *Conducta ética en el Programa del Diploma*, *Política del IB sobre la experimentación con animales*) |
| Audaces | Objetivos generales 1 y 6<br>Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4 |
| Equilibrados | Objetivos generales 8 y 10<br>Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4 y trabajo de campo |
| Reflexivos | Objetivos generales 5 y 9<br>Actividades prácticas y evaluación interna, proyecto del Grupo 4 |

# Contenido del programa de estudios

| | Horas lectivas recomendadas |
|---|---|
| **Temas troncales** | **95 horas** |
| **Tema 1: Biología celular** | **15** |
| 1.1 Introducción a las células | |
| 1.2 Ultraestructura de las células | |
| 1.3 Estructura de las membranas | |
| 1.4 Transporte de membrana | |
| 1.5 El origen de las células | |
| 1.6 División celular | |
| **Tema 2: Biología molecular** | **21** |
| 2.1 Moléculas para el metabolismo | |
| 2.2 Agua | |
| 2.3 Glúcidos y lípidos | |
| 2.4 Proteínas | |
| 2.5 Enzimas | |
| 2.6 Estructura del ADN y el ARN | |
| 2.7 Replicación, transcripción y traducción del ADN | |
| 2.8 Respiración celular | |
| 2.9 Fotosíntesis | |
| **Tema 3: Genética** | **15** |
| 3.1 Genes | |
| 3.2 Cromosomas | |
| 3.3 Meiosis | |
| 3.4 Herencia | |
| 3.5 Modificación genética y biotecnología | |

| | Horas lectivas recomendadas |
|---|---|
| **Tema 4: Ecología** | **12** |
| 4.1 Especies, comunidades y ecosistemas | |
| 4.2 Flujo de energía | |
| 4.3 Ciclo del carbono | |
| 4.4 Cambio climático | |
| **Tema 5: Evolución y biodiversidad** | **12** |
| 5.1 Pruebas de la evolución | |
| 5.2 Selección natural | |
| 5.3 Clasificación de la biodiversidad | |
| 5.4 Cladística | |
| **Tema 6: Fisiología humana** | **20** |
| 6.1 Digestión y absorción | |
| 6.2 El sistema sanguíneo | |
| 6.3 Defensa contra las enfermedades infecciosas | |
| 6.4 Intercambio de gases | |
| 6.5 Neuronas y sinapsis | |
| 6.6 Hormonas, homeostasis y reproducción | |
| **Temas adicionales del Nivel Superior (TANS)** | **60 horas** |
| **Tema 7: Ácidos nucleicos** | **9** |
| 7.1 Estructura y replicación del ADN | |
| 7.2 Transcripción y expresión génica | |
| 7.3 Traducción | |
| **Tema 8: Metabolismo, respiración celular y fotosíntesis** | **14** |
| 8.1 Metabolismo | |
| 8.2 Respiración celular | |
| 8.3 Fotosíntesis | |
| **Tema 9: Biología vegetal** | **13** |
| 9.1 Transporte en el xilema de las plantas | |
| 9.2 Transporte en el floema de las plantas | |

| | Horas lectivas recomendadas |
|---|---|
| 9.3 Crecimiento de las plantas | |
| 9.4 Reproducción de las plantas | |
| **Tema 10: Genética y evolución** | **8** |
| 10.1 Meiosis | |
| 10.2 Herencia | |
| 10.3 Acervos génicos y especiación | |
| **Tema 11: Fisiología animal** | **16** |
| 11.1 Producción de anticuerpos y vacunación | |
| 11.2 Movimiento | |
| 11.3 El riñón y la osmorregulación | |
| 11.4 Reproducción sexual | |

## Opciones 15 horas (NM)/ 25 horas (NS)

### A. Neurobiología y comportamiento

**Temas troncales**

A.1 Desarrollo neurológico

A.2 El cerebro humano

A.3 Percepción de estímulos

**Temas adicionales del Nivel Superior**

A.4 Comportamiento innato y aprendido

A.5 Neurofarmacología

A.6 Etología

### B. Biotecnología y bioinformática

**Temas troncales**

B.1 Microbiología: organismos en la industria

B.2 Biotecnología en agricultura

B.3 Protección ambiental

**Temas adicionales del Nivel Superior**

B.4 Medicina

B.5 Bioinformática

## C. Ecología y conservación

**Temas troncales**

C.1 Especies y comunidades

C.2 Comunidades y ecosistemas

C.3 Impacto humano en los ecosistemas

C.4 Conservación de la biodiversidad

**Temas adicionales del Nivel Superior**

C.5 Ecología de poblaciones

C.6 Ciclos del nitrógeno y el fósforo

## D. Fisiología humana

**Temas troncales**

D.1 Nutrición humana

D.2 Digestión

D.3 Funciones del hígado

D.4 El corazón

**Temas adicionales del Nivel Superior**

D.5 Hormonas y metabolismo

D.6 Transporte de los gases respiratorios

# Tema 1: Biología celular

15 horas

**Idea fundamental:** La evolución de los organismos multicelulares permitió la especialización celular y el reemplazo de células.

## 1.1 Introducción a las células

**Naturaleza de la ciencia:**

Buscar tendencias y discrepancias: aunque la mayoría de los organismos se atienen a la teoría celular, también hay excepciones. (3.1)

Implicaciones éticas de la investigación: las investigaciones que implican el cultivo de células madre está creciendo en importancia y suscita cuestiones éticas. (4.5)

**Comprensión:**

- De acuerdo con la teoría celular, los organismos vivos están compuestos de células.
- Los organismos que constan de una única célula realizan todas las funciones propias de la vida en el seno de dicha célula.
- La relación superficie/volumen es importante como factor limitante del tamaño celular.
- Los organismos multicelulares tienen propiedades que resultan de la interacción entre sus componentes celulares.
- Los tejidos especializados pueden desarrollarse por diferenciación celular en los organismos multicelulares.
- La diferenciación implica la expresión de unos genes concretos del genoma de la célula y no de otros.
- La capacidad de las células madre para dividirse y diferenciarse a lo largo de distintas rutas es necesaria en el desarrollo embrionario, una característica que hace que estas células sean aptas para usos terapéuticos.

**Mentalidad internacional:**

- La investigación con células madre ha dependido del trabajo de equipos de científicos de muchos países que comparten sus resultados, e incrementan, de este modo, la celeridad del progreso común. Sin embargo, los gobiernos nacionales se ven influidos por las tradiciones locales, culturales y religiosas, las cuales condicionan enormemente el trabajo de los científicos y la aplicación terapéutica de las células madre.

**Teoría del Conocimiento:**

- Hay una diferencia entre el medio ambiente vivo y el medio ambiente inerte. ¿Cómo podemos reconocer la diferencia que hay entre ambos?

**Utilización:**

- El uso de células madre en el tratamiento de enfermedades se encuentra, en general, en la fase experimental, con la excepción de las células madre de la médula ósea. Los científicos, sin embargo, anticipan el uso de las terapias celulares como un método estándar para tratar un gran número de enfermedades en un futuro próximo, entre ellas las enfermedades cardíacas y la diabetes.

## 1.1 Introducción a las células

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Cuestionamiento de la teoría celular mediante el uso de ejemplos atípicos, tales como músculo estriado, algas gigantes e hifas de hongos aseptados.
- Aplicación: Investigación de funciones vitales en *Paramecium* y en un organismo unicelular fotosintético concreto.
- Aplicación: Uso de células madre para tratar la enfermedad de Stargardt y otra afección concreta.
- Aplicación: Aspectos éticos relativos al uso terapéutico de las células madre de embriones obtenidos para tal fin, de la sangre del cordón umbilical de un bebé neonato y de los propios tejidos de un adulto.
- Habilidad: Uso de un microscopio óptico para investigar la estructura de células y tejidos y realización de dibujos de las células. Cálculo del número de aumentos de los dibujos y el tamaño real de las estructuras y ultraestructuras representadas en los dibujos o en micrografías (trabajo práctico 1).

**Orientación:**

- Los alumnos deben ser capaces de nombrar y explicar brevemente las siguientes funciones vitales: nutrición, metabolismo, crecimiento, respuesta, excreción, homeostasis y reproducción.
- *Chlorella* y *Scenedesmus* son organismos unicelulares fotosintéticos adecuados, en tanto que *Euglena* debería evitarse, ya que puede alimentarse heterotróficamente.
- Las barras de escala pueden ser una forma útil de indicar los tamaños reales en dibujos y micrografías.

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Hay aspectos éticos implicados en la investigación con células madre, ya sea de seres humanos o de animales. Aunque el uso de células madre embrionarias implica la muerte de embriones en una etapa temprana de desarrollo, si la clonación terapéutica se desarrolla con éxito podría reducirse el sufrimiento de los pacientes afectados por diversas afecciones.

**Idea fundamental:** Los eucariotas poseen una estructura celular mucho más compleja que los procariotas.

## 1.2 Ultraestructura de las células

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: la invención de los microscopios electrónicos condujo a una mejor comprensión de la estructura celular. (1.8)

**Comprensión:**

- Los procariotas presentan una estructura celular simple, sin compartimentación.
- Los eucariotas presentan una estructura celular compartimentada.
- Los microscopios electrónicos tienen una resolución mucho mayor que los microscopios ópticos.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Estructura y función de los orgánulos de células de glándulas exocrinas del páncreas y de las células del mesófilo en empalizada de las hojas.
- Aplicación: Los procariotas se dividen por fisión binaria.
- Habilidad: Dibujo de la ultraestructura de células procarióticas basada en micrografías electrónicas.
- Habilidad: Dibujo de la ultraestructura de células eucarióticas basada en micrografías electrónicas.
- Habilidad: Interpretación de micrografías electrónicas para identificar orgánulos y deducir la función de células especializadas.

**Orientación:**

- Los dibujos de células procarióticas deben mostrar la pared celular y la membrana plasmática rodeando a un citoplasma que contiene ribosomas 70S y un nucleoide con ADN desnudo, pili y flagelos.
- Los dibujos de células eucarióticas deben mostrar una membrana plasmática rodeando a un citoplasma que contiene ribosomas 80S y un núcleo; mitocondrias y otros orgánulos ligados a la membrana están presentes en el citoplasma. Algunas células eucarióticas tienen una pared celular.

**Mentalidad internacional:**

- Los microscopios se inventaron simultáneamente en distintas partes del mundo en una época en la que la información tardaba mucho en transmitirse. Las modernas comunicaciones actuales han permitido mejorar la capacidad de colaboración, lo que favorece el progreso científico.

**Teoría del Conocimiento:**

- El mundo en el que vivimos está limitado por la propia percepción que tenemos del mundo. ¿Cabe hacer alguna distinción entre las afirmaciones de conocimiento sustentadas por observaciones basadas en la percepción de los sentidos y las sustentadas por observaciones apoyadas en la tecnología?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Física
Tema 4.4: Comportamiento de las ondas
Tema C.1: Introducción a la toma de imágenes
Tema C.3: Fibras ópticas

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Los avances en la ciencia, tales como la microscopía electrónica, pueden tener beneficios económicos al proporcionar oportunidades a las compañías comerciales para obtener ganancias, aunque ello puede afectar a la cooperación entre científicos.

**Idea fundamental:** La estructura de las membranas biológicas hace que éstas sean fluidas y dinámicas.

## 1.3 Estructura de las membranas

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de modelos como representaciones del mundo real: aquí se incluyen modelos alternativos de la estructura de las membranas. (1.11)

Refutación de teorías, donde una teoría es reemplazada por otra: pruebas del modelo refutado de Davson-Danielli. (1.9)

**Comprensión:**

- Los fosfolípidos forman bicapas en el agua debido a las propiedades anfipáticas de las moléculas de fosfolípidos.
- Las proteínas de membrana difieren en lo que se refiere a su estructura, ubicación en la membrana y función.
- El colesterol es un componente de las membranas de las células animales.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: El colesterol en las membranas de los mamíferos reduce la fluidez de la membrana y su permeabilidad a algunos solutos.
- Habilidad: Dibujo del modelo de mosaico fluido.
- Habilidad: Análisis de las pruebas proporcionadas por la microscopía electrónica que condujeron a la propuesta del modelo de Davson-Danielli.
- Habilidad: Análisis de la refutación del modelo de Davson-Danielli que condujo al modelo de Singer-Nicolson.

**Orientación:**

- Los fosfolípidos anfipáticos tienen propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas.
- Los dibujos del modelo de mosaico fluido de la estructura de las membranas pueden ser bidimensionales en lugar de tridimensionales. Las moléculas de fosfolípidos individuales deben representarse usando el símbolo de un círculo con dos líneas paralelas unidas. Deben representarse distintas proteínas de membrana, incluidas las glicoproteínas.

**Teoría del Conocimiento:**

- La explicación de la estructura de la membrana plasmática ha variado a lo largo de los años, conforme se han ido descubriendo nuevas pruebas y nuevas formas de análisis. ¿En qué circunstancias es importante estudiar teorías que merecieron el descrédito posterior?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.3: Glúcidos y lípidos
Tema 2.6: Estructura del ADN y el ARN

**Idea fundamental:** Las membranas controlan la composición de las células mediante mecanismos de transporte activo y transporte pasivo.

| 1.4 Transporte de membrana | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Diseño experimental: es esencial efectuar una medición cuantitativa precisa en los experimentos sobre ósmosis. (3.1) | |
| **Comprensión:**<br>• Las partículas se desplazan a través de las membranas por difusión simple, difusión facilitada, ósmosis y transporte activo.<br>• La fluidez de las membranas permite la entrada de materiales en las células por endocitosis o su expulsión por exocitosis. Las vesículas facilitan el desplazamiento de los materiales dentro de las células.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Estructura y función de las bombas de sodio–potasio para el transporte activo y de los canales de potasio para la difusión facilitada en los axones.<br>• Aplicación: Los tejidos o los órganos empleados en procedimientos médicos deben sumergirse en una solución con la misma osmolaridad que el citoplasma para evitar procesos de ósmosis.<br>• Habilidad: Estimación de la osmolaridad en tejidos, con la inmersión de muestras en disoluciones hipotónicas e hipertónicas (trabajo práctico 2).<br>**Orientación:**<br>• Los experimentos de ósmosis suponen una ocasión útil para hacer hincapié en la necesidad de realizar mediciones precisas de masa y volumen en los experimentos científicos. | **Utilización:**<br>• La diálisis renal artificial imita el funcionamiento del riñón humano mediante el uso de las membranas y los gradientes de difusión adecuados.<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 6.5: Neuronas y sinapsis<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 8:** La donación de órganos suscita algunas cuestiones éticas de interés, incluida la naturaleza altruista de la donación de órganos y las preocupaciones sobre la venta de órganos humanos.<br>• **Objetivo 6:** Los experimentos con tubos de diálisis pueden actuar como un modelo de acción de membrana. Los experimentos con papas, remolacha o algas unicelulares pueden usarse para investigar membranas reales. |

**Idea fundamental:** Se ha mantenido una cadena vital ininterrumpida desde las primeras células que se desarrollaron en la Tierra hasta la totalidad de células de los organismos actualmente vivos.

## 1.5 El origen de las células

**Naturaleza de la ciencia:**

Puesta a prueba los principios generales que subyacen al mundo natural: debe verificarse el principio de que las células solo proceden de células preexistentes. (1.9)

**Comprensión:**

- Las células solo pueden formarse por división de células preexistentes.
- Las primeras células deben haber surgido de materia no viva.
- El origen de las células eucarióticas puede explicarse por medio de la teoría endosimbiótica.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Pruebas de los experimentos de Pasteur de que la generación espontánea de células y organismos no tiene lugar actualmente en la Tierra.

**Orientación:**

- Se requieren pruebas a favor de la teoría endosimbiótica. No es necesario incluir el origen de los cilios y flagelos de los eucariotas.
- Los alumnos deben tener presente que los 64 codones en el código genético tienen el mismo significado en prácticamente todos los organismos, a pesar de lo cual hay algunas variaciones menores que probablemente se han acumulado desde los orígenes comunes de la vida en la Tierra.

**Teoría del Conocimiento:**

- La biología es el estudio de la vida; sin embargo, esta última es una propiedad emergente. ¿En qué circunstancias resulta productivo un enfoque sistémico de la biología y en qué circunstancias resulta más apropiado un enfoque reduccionista? ¿Cómo eligen los científicos entre enfoques contrapuestos?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 5.1: Pruebas de la evolución

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** El experimento de Pasteur puede repetirse usando aparatos modernos.

**Idea fundamental:** La división celular es esencial pero debe controlarse.

## 1.6 División celular

**Naturaleza de la ciencia:**

La serendipia (descubrimiento o hallazgo afortunado e inesperado) y los descubrimientos científicos: el hallazgo de las ciclinas fue accidental. (1.4)

**Comprensión:**

- La mitosis es la división del núcleo en dos núcleos hijos, idénticos genéticamente.
- Los cromosomas se compactan por superenrollamiento durante la mitosis.
- La citoquinesis tiene lugar tras la mitosis y es diferente en las células animales y en las vegetales.
- La interfase es una fase muy activa del ciclo celular, en la que tienen lugar muchos procesos en el núcleo y en el citoplasma.
- Las ciclinas están implicadas en el control del ciclo celular.
- En el desarrollo de los tumores primarios y secundarios se produce la intervención de mutágenos, oncogenes y metástasis.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Correlación entre el fumar y la incidencia de cánceres.
- Habilidad: Identificación de las fases de la mitosis en células vistas a través de microscopio o en una micrografía.
- Habilidad: Determinación de un índice mitótico a partir de una micrografía.

**Orientación:**

- Debe conocerse la secuencia de sucesos en las cuatro fases de la mitosis.
- Se recomienda el uso de preparaciones provisionales con raíces machadas, pero las fases de la mitosis también se pueden observar usando cortes fijados de forma permanente.
- Para evitar la confusión en la terminología, se recomienda a los profesores que se refieran a las dos partes de un cromosoma como "cromátidas hermanas" mientras permanezcan unidas entre sí por un centrómero en las primeras etapas de la mitosis. A partir de la anafase, tras haberse separado las cromátidas hermanas para formar estructuras individuales, debe hablarse de "cromosomas".

**Mentalidad internacional:**

- En laboratorios de todo el mundo hay biólogos investigando las causas y el tratamiento del cáncer.

**Teoría del Conocimiento:**

- Varios descubrimientos científicos se consideran fortuitos o fruto de la casualidad (serendipia). ¿En qué grado podrían ser dichos descubrimientos científicos resultado de la intuición y no de la suerte?

**Utilización:**

- El índice mitótico es una importante herramienta auxiliar para pronosticar, que permite predecir la respuesta de las células tumorales a la quimioterapia.

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Se podría realizar una discusión acerca de la industria del tabaco. No ha sido ético el ocultamiento por parte de las compañías tabaqueras de los resultados de las investigaciones sobre los efectos del tabaco en la salud. El hábito de fumar causa considerables daños sociales pero, con excepción de las leyes sobre la producción y el suministro en Bután, nunca se ha declarado ilegal.

# Tema 2: Biología molecular

21 horas

**Idea fundamental:** Los organismos vivos controlan su composición mediante una compleja red de reacciones químicas.

## 2.1 Moléculas para el metabolismo

**Naturaleza de la ciencia:**

Refutación de teorías: la síntesis artificial de la urea ayudó a refutar el vitalismo. (1.9)

**Comprensión:**

- La biología molecular explica los procesos vivos aludiendo a las sustancias químicas implicadas.
- Los átomos de carbono pueden formar cuatro enlaces covalentes, y permiten así la existencia de toda una serie de compuestos estables.
- La vida se basa en los compuestos de carbono, entre ellos glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- El metabolismo es el conjunto de todas las reacciones catalizadas por enzimas en una célula o un organismo.
- El anabolismo es la síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas más simples, incluida la formación de macromoléculas a partir de monómeros, por reacciones de condensación.
- El catabolismo es la descomposición de moléculas complejas en moléculas más simples, incluida la hidrólisis de macromoléculas en monómeros.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Química
Tema 4: Enlace químico y estructura
Opción B: Bioquímica

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** Se pueden usar las TIC para la visualización molecular de glúcidos, lípidos y proteínas en este subtema y en los temas 2.3 y 2.4.
- **Objetivo 6:** Se podrían realizar pruebas con alimentos, como el uso de solución de iodo o lugol para identificar el almidón o el reactivo de Benedict para identificar azúcares reductores.

| 2.1 Moléculas para el metabolismo | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: La urea como ejemplo de un compuesto producido por organismos vivos, pero que también puede sintetizarse artificialmente.<br>• Habilidad: Dibujo de diagramas moleculares de la glucosa, la ribosa, un ácido graso saturado y un aminoácido común.<br>• Habilidad: Identificación de compuestos bioquímicos tales como los azúcares, los lípidos o los aminoácidos a partir de diagramas moleculares.<br>**Orientación:**<br>• Solo se requieren en los dibujos las formas anulares de la D-ribosa, la alfa-D-glucosa y la beta-D-glucosa.<br>• Los azúcares incluyen los monosacáridos y los disacáridos.<br>• Solo se requiere una grasa saturada, sin que sea necesario su nombre específico.<br>• El radical variable de los aminoácidos se puede representar mediante la letra R. No hace falta memorizar la estructura de los distintos grupos R.<br>• Los alumnos deben ser capaces de reconocer a partir de los diagramas moleculares que los triglicéridos, los fosfolípidos y los esteroides son lípidos. No se requieren diagramas de esteroides.<br>• Deben reconocerse las proteínas o las partes de polipéptidos en los diagramas moleculares, con los aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. | |

**Idea fundamental:** El agua es el medio en el que se da la vida.

## 2.2 Agua

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de teorías para explicar los fenómenos naturales: la teoría de que los puentes de hidrógeno se forman entre moléculas de agua explica las propiedades del agua. (2.2)

**Comprensión:**

- Las moléculas de agua son polares y entre ellas se forman puentes de hidrógeno.
- Los puentes de hidrógeno y la bipolaridad explican las propiedades cohesivas, adhesivas, térmicas y disolventes del agua.
- Las sustancias pueden ser hidrofílicas o hidrofóbicas.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Comparación de las propiedades térmicas del agua con las propiedades térmicas del metano.
- Aplicación: Uso de agua como refrigerante al sudar.
- Aplicación: Modos de transporte de la glucosa, los aminoácidos, el colesterol, las grasas, el oxígeno y el cloruro de sodio en la sangre en relación con su solubilidad en agua.

**Orientación:**

- Los alumnos deben conocer al menos un ejemplo de los beneficios de cada propiedad del agua para los organismos vivos.
- No hace falta incluir la transparencia del agua y su densidad máxima a 4°C.
- La comparación de las propiedades térmicas del agua y del metano ayuda a comprender la importancia de los puentes de hidrógeno en el agua.

**Mentalidad internacional:**

- El aumento de la población humana trae consigo desafíos con respecto a la distribución equitativa de los recursos hídricos para el consumo y la irrigación, la generación de electricidad y toda una serie de procesos industriales y domésticos.

**Teoría del Conocimiento:**

- Las afirmaciones acerca de la "memoria del agua" han sido calificadas de pseudocientíficas. ¿Cuáles son los criterios que pueden usarse para distinguir entre afirmaciones científicas y afirmaciones pseudocientíficas?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 4.3: Ciclo del carbono
Tema 4.4: Cambio climático
Física
Tema 3.1: Conceptos térmicos

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Se pueden usar sondas para determinar el efecto de distintos factores que puedan influir en la refrigeración por agua.

**Idea fundamental:** Se emplean compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno para suministrar energía y almacenarla.

## 2.3 Glúcidos y lípidos

**Naturaleza de la ciencia:**

Evaluación de afirmaciones: deben evaluarse las afirmaciones acerca de la salud realizadas con respecto a los lípidos en las dietas. (5.2)

**Comprensión:**

- Los monómeros de glúcidos se unen entre sí por reacciones de condensación para formar disacáridos y polímeros de polisacáridos.
- Los ácidos grasos pueden ser saturados, monoinsaturados o poliinsaturados.
- Los ácidos grasos insaturados pueden ser isómeros cis o trans.
- Los triglicéridos se forman por condensación a partir de tres ácidos grasos y una molécula de glicerol.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Estructura y función de la celulosa y del almidón en las plantas y del glucógeno en los seres humanos.
- Aplicación: Pruebas científicas de los riesgos para la salud que entrañan las grasas trans y los ácidos grasos saturados.
- Aplicación: Los lípidos son más aptos que los glúcidos para el almacenamiento de energía a largo plazo en los seres humanos.
- Aplicación: Evaluación de las pruebas y de los métodos usados para obtener evidencia a favor de las afirmaciones realizadas acerca de los lípidos en relación con la salud.
- Habilidad: Uso de un software de visualización molecular para comparar celulosa, almidón y glucógeno.
- Habilidad: Determinación del índice de masa corporal mediante el cálculo o el uso de un nomograma.

**Mentalidad internacional:**

- Se podría debatir la variación en la prevalencia de distintos problemas de salud en todo el mundo, entre ellos la obesidad, la deficiencia energética en la dieta, el kwashiorkor, la anorexia nerviosa y la enfermedad cardíaca coronaria.

**Teoría del Conocimiento:**

- Hay puntos de vista contrapuestos respecto a los perjuicios y beneficios de las grasas en las dietas. ¿Cómo podemos decidir entre puntos de vista contrapuestos?

**Utilización:**

- Se han modificado genéticamente papas para reducir el nivel de amilosa, con el objetivo de producir un adhesivo más eficaz.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Opción B: Biotecnología y bioinformática

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** La obesidad tiene implicaciones sociales.

| 2.3 Glúcidos y lípidos | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• La estructura del almidón debe incluir amilosa y amilopectina.<br>• No se requieren ejemplos concretos de ácidos grasos.<br>• Sí deben incluirse la sacarosa, la lactosa y la maltosa como ejemplos de disacáridos producidos por combinación de monosacáridos. | |

**Idea fundamental:** Las proteínas tienen una amplia variedad de funciones en los organismos vivos.

| 2.4 Proteínas | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: la mayoría de los organismos, aunque no todos, construyen las proteínas a partir de los mismos aminoácidos. (3.1) | |
| **Comprensión:**<br>• Los aminoácidos se unen entre sí mediante condensación para formar polipéptidos.<br>• Hay veinte aminoácidos diferentes en los polipéptidos sintetizados en los ribosomas.<br>• Los aminoácidos se pueden unir entre sí en cualquier secuencia, proporcionando una variedad enorme de posibles polipéptidos.<br>• La secuencia de aminoácidos de los polipéptidos está codificada por los genes.<br>• Una proteína puede consistir en un único polipéptido o en varios polipéptidos unidos entre sí.<br>• La secuencia de aminoácidos determina la conformación tridimensional de una proteína.<br>• Los organismos vivos sintetizan muchas proteínas diferentes con un amplio rango de funciones.<br>• Cada individuo tiene un proteoma singular.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Rubisco, insulina, inmunoglobulinas, rodopsina, colágeno y seda de araña como ejemplos de la variedad de funciones de las proteínas.<br>• Aplicación: Desnaturalización de las proteínas por el calor o por desviación del pH del valor óptimo.<br>• Habilidad: Dibujo de diagramas moleculares para representar la formación de un enlace peptídico. | **Utilización:**<br>• La proteómica y la producción de proteínas a partir de células cultivadas en fermentadores ofrece muchas oportunidades a las industrias alimentarias, farmacéuticas y a otros sectores industriales.<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 7:** Se pueden usar las TIC para la visualización molecular de la estructura de las proteínas.<br>• **Objetivo 8:** La obtención de muestras de sangre humana para la realización de estudios inmunológicos, farmacéuticos y antropológicos se realiza en todo el mundo y plantea muchas cuestiones éticas. |

| 2.4 Proteínas | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• No se requiere la estructura detallada de las seis proteínas seleccionadas para ilustrar las funciones de las proteínas.<br>• Se pueden usar disoluciones de clara de huevo o de albúmina en experimentos de desnaturalización.<br>• Los alumnos deberían saber que la mayoría de los organismos usan los mismos 20 aminoácidos en el mismo código genético, si bien hay algunas excepciones. Podrían usarse ejemplos específicos con fines ilustrativos. | |

.

**Idea fundamental:** Las enzimas controlan el metabolismo de la célula.

## 2.5 Enzimas

**Naturaleza de la ciencia:**

Diseño experimental: las mediciones cuantitativas realizadas de forma precisa en los experimentos requieren repeticiones para garantizar la fiabilidad. (3.2)

**Comprensión:**

- Las enzimas tienen un sitio activo al que se unen sustratos específicos.
- La catálisis enzimática implica desplazamientos de moléculas y la colisión de los sustratos con el sitio activo.
- La temperatura, el pH y la concentración de sustrato afectan a la tasa de actividad de las enzimas.
- Las enzimas se pueden desnaturalizar.
- Las enzimas inmovilizadas se usan ampliamente en la industria.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Métodos de producción de leche sin lactosa y sus ventajas.
- Habilidad: Diseño de experimentos para comprobar el efecto de la temperatura, el pH y la concentración de sustrato sobre la actividad de las enzimas.
- Habilidad: Investigación experimental de un factor que afecte la actividad enzimática (trabajo práctico 3).

**Orientación:**

- La lactasa se puede inmovilizar en cápsulas de alginato, y esto permite realizar experimentos de hidrolización de la lactosa de la leche.
- Los alumnos deben ser capaces de esquematizar gráficos en los que se representen los efectos esperados de la temperatura, el pH y la concentración de sustrato sobre la actividad de las enzimas. También deben poder explicar patrones o tendencias observables en estos gráficos.

**Teoría del Conocimiento:**

- El desarrollo de algunas técnicas beneficia a algunas poblaciones humanas concretas más que a otras. Por ejemplo, el desarrollo de leche sin lactosa disponible en Europa y Norteamérica. sería más beneficiosa en África y Asia, donde la intolerancia a la lactosa tiene una mayor prevalencia. El desarrollo de las técnicas requiere inversiones financieras. ¿Deberían compartirse los conocimientos cuando las técnicas desarrolladas en una parte del mundo son más aplicables en otra?

**Utilización:**

- Las enzimas se usan ampliamente en la industria para la producción de distintos artículos, desde jugos de frutas hasta detergente en polvo.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 8: Metabolismo, respiración celular y fotosíntesis

**Idea fundamental:** La estructura del ADN permite un almacenamiento eficiente de la información genética.

## 2.6 Estructura del ADN y el ARN

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de modelos como representación del mundo real: Watson y Crick usaron la elaboración de modelos para descubrir la estructura del ADN. (1.10)

**Comprensión:**

- Los ácidos nucleicos ADN y ARN son polímeros de nucleótidos.
- El ADN difiere del ARN en el número de cadenas presentes, en la composición de las bases y en el tipo de pentosa.
- El ADN es una doble hélice formada por dos cadenas antiparalelas de nucleótidos unidos por puentes de hidrógeno entre los pares de bases complementarias.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Explicación de Watson y Crick de la estructura del ADN mediante la elaboración de modelos.
- Habilidad: Dibujo de diagramas simples de la estructura de nucleótidos individuales de ADN y ARN usando círculos, pentágonos y rectángulos para representar fosfatos, pentosas y bases.

**Orientación:**

- En los diagramas de la estructura del ADN, no es preciso representar la forma helicoidal, pero las dos cadenas deben ser antiparalelas. La adenina debe representarse apareada con la timina y la guanina con la citosina, pero no es necesario recordar las longitudes relativas de las bases de purina y pirimidina, ni el número de puentes de hidrógeno entre los pares de bases.

**Teoría del Conocimiento:**

- La historia de la dilucidación de la estructura del ADN ilustra que la cooperación y la colaboración entre científicos coexiste con la competición entre grupos de investigación. ¿En qué grado es "anticientífica" una investigación llevada en secreto? ¿Cuál es la relación entre el conocimiento compartido y el conocimiento personal en las ciencias naturales?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.2: Agua
Tema 3.5: Modificación genética y biotecnología
Tema 7: Ácidos nucleicos

**Idea fundamental:** La información genética en el ADN se puede copiar de forma precisa y se puede traducir para sintetizar las proteínas necesarias para la célula.

## 2.7 Replicación, transcripción y traducción del ADN

**Naturaleza de la ciencia:**

Obtención de pruebas a favor de las teorías científicas: Meselson y Stahl lograron pruebas a favor de la replicación semiconservativa del ADN. (1.8)

**Comprensión:**

- La replicación del ADN es semiconservativa y depende del apareamiento de bases complementarias.
- La helicasa desenrolla la doble hélice y separada las dos cadenas mediante la ruptura de los puentes de hidrógeno.
- La ADN polimerasa une entre sí los nucleótidos para formar una nueva cadena, usando para ello la cadena preexistente como una plantilla.
- La transcripción es la síntesis de ARNm copiado de las secuencias de bases del ADN por la ARN polimerasa.
- La traducción es la síntesis de polipéptidos en los ribosomas.
- La secuencia de aminoácidos de los polipéptidos está determinada por el ARNm de acuerdo con el código genético.
- Los codones de tres base en el ARNm se corresponden con un aminoácido en un polipéptido.
- La traducción depende del apareamiento de bases complementarias entre los codones en el ARNm y los anticodones en el ARNt.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Uso de Taq ADN polimerasa para producir múltiples copias de ADN rápidamente mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).
- Aplicación: Producción de insulina humana en bacterias como un ejemplo de la universalidad del código genético, lo cual permite la transferencia de genes entre especies.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 3.5: Modificación genética y biotecnología
Tema 7.2: Transcripción y expresión génica
Tema 7.3: Traducción

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Hay implicaciones éticas en la alteración del genoma de un organismo para producir proteínas para uso médico en humanos.

| 2.7 Replicación, transcripción y traducción del ADN | |
|---|---|
| • Habilidad: Uso de una tabla del código genético para deducir la correspondencia entre codones y aminoácidos.<br>• Habilidad: Análisis de los resultados de Meselson y Stahl para obtener respaldo a favor de la teoría de la replicación semiconservativa del ADN.<br>• Habilidad: Uso de una tabla de codones de ARNm y sus aminoácidos correspondientes para deducir la secuencia de aminoácidos codificados por una cadena corta de ARNm de una secuencia de bases conocida.<br>• Habilidad: Deducir la secuencia de bases de ADN para la cadena de ARNm.<br>**Orientación:**<br>• No es necesario distinguir entre los distintos tipos de ADN polimerasa. | |

**Idea fundamental:** La respiración celular suministra energía para las funciones vitales.

| 2.8 Respiración celular | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Evaluación de los aspectos éticos de la investigación científica: el uso de invertebrados en experimentos con un respirómetro tiene implicaciones éticas (4.5) | |
| **Comprensión:**<br>• La respiración celular es la liberación controlada de energía de los compuestos orgánicos para producir ATP.<br>• El ATP de la respiración celular está disponible de forma inmediata como una fuente de energía en la célula.<br>• La respiración celular anaeróbica proporciona un pequeño rendimiento de ATP a partir de glucosa.<br>• La respiración celular aeróbica requiere oxígeno y proporciona un gran rendimiento de ATP a partir de glucosa.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Uso de la respiración celular anaeróbica en levaduras para producir etanol y dióxido de carbono al elaborar productos de panadería y repostería.<br>• Aplicación: Producción de lactato en humanos cuando se usa la respiración anaeróbica para maximizar la capacidad de las contracciones musculares.<br>• Habilidad: Análisis de los resultados de experimentos que implican la medición de las tasas de respiración en semillas que estén germinando o en invertebrados usando un respirómetro.<br>**Orientación:**<br>• No se requieren detalles de las rutas metabólicas de la respiración celular, pero deben conocerse los sustratos y los productos de desecho finales.<br>• Hay muchos respirómetros sencillos que pueden utilizarse. Los alumnos deben saber que se emplea un álcali para absorber el $CO_2$, por lo que las reducciones en el volumen se deben al uso de oxígeno. La temperatura debe mantenerse constante para evitar cambios de volumen debidos a las fluctuaciones de temperatura. | **Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 8:** Los aspectos éticos que conlleva el uso de animales en experimentos podría discutirse en relación con los experimentos con un respirómetro. El uso a gran escala de plantas comestibles para la obtención de biocombustibles y el consiguiente impacto sobre los precios de los alimentos tiene implicaciones éticas. |

**Idea fundamental:** La fotosíntesis emplea la energía de la luz solar para producir la energía química necesaria para la vida.

## 2.9 Fotosíntesis

**Naturaleza de la ciencia:**

Diseño experimental: es esencial el control de variables pertinentes en los experimentos sobre fotosíntesis. (3.1)

**Comprensión:**

- La fotosíntesis consiste en la producción de compuestos de carbono en las células usando la energía lumínica.
- La luz visible presenta un espectro variable de longitudes de onda: la luz violeta es la que tiene la longitud de onda más corta, y la luz roja la longitud de onda más larga.
- La clorofila absorbe luz roja y azul con mayor eficacia y refleja la luz verde con mayor intensidad que los demás colores del espectro.
- El oxígeno se produce en la fotosíntesis a partir de la fotolisis del agua.
- La energía se requiere para producir glúcidos y otros compuestos de carbono a partir del dióxido de carbono.
- La temperatura, la intensidad lumínica y la concentración del dióxido de carbono son posibles factores limitantes de la tasa de fotosíntesis.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Cambios en la atmósfera terrestre, en los océanos y en la sedimentación de rocas como resultado de la fotosíntesis.
- Habilidad: Dibujo de un espectro de absorción para la clorofila y de un espectro de acción para la fotosíntesis.
- Habilidad: Diseño de experimentos para investigar el efecto de los factores limitantes sobre la fotosíntesis.
- Habilidad: Separación de pigmentos fotosintéticos mediante el cromatógrafo (trabajo práctico 4).

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.5: Enzimas

| 2.9 Fotosíntesis | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• Los alumnos deben saber que la luz visible tiene longitudes de onda entre los 400 y los 700 nanómetros, pero no se requiere que aprendan de memoria las longitudes de onda de colores específicos del espectro lumínico.<br>• Se pueden realizar experimentos sobre fotosíntesis con agua sin dióxido de carbono disuelto, obtenida tras hervirla y refrigerarla.<br>• Aunque se puede usar la cromatografía en papel para separar los pigmentos fotosintéticos, la cromatografía en capa fina ofrece mejores resultados. | |

# Tema 3: Genética

15 horas

**Idea fundamental:** Todo organismo vivo hereda un mapa de vida de sus progenitores.

## 3.1 Genes

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras tecnológicas conllevan avances en la investigación científica: los secuenciadores de genes se usan para secuenciar genes. (1.8)

**Comprensión:**

- Un gen es un factor hereditario que abarca una longitud determinada de ADN y que influye en una característica específica.
- Un gen ocupa una posición específica en un cromosoma.
- Las distintas formas específicas de un gen reciben el nombre de alelos.
- Los alelos difieren entre sí en una o unas pocas bases.
- Por mutación se forman nuevos alelos.
- El genoma es la totalidad de la información genética de un organismo.
- En el Proyecto Genoma Humano se secuenció toda la secuencia de bases de los genes humanos.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Causas de la anemia falciforme, incluidos una mutación por sustitución de bases, un cambio en la secuencia de bases del ARNm transcrito a partir de dicha mutación y un cambio en la secuencia de un polipéptido en la hemoglobina.
- Aplicación: Comparación del número de genes en humanos con otras especies.
- Habilidad: Usar una base de datos para determinar las diferencias en la secuencia de bases de un gen en dos especies.

**Mentalidad internacional:**

- La secuenciación del genoma humano muestra que todos los seres humanos comparten la inmensa mayoría de sus secuencias de bases, si bien hay muchos polimorfismos de nucleótidos individuales que contribuyen a la diversidad humana.

**Teoría del Conocimiento:**

- Hay una relación entre la anemia falciforme y la prevalencia de la malaria. ¿Cómo podemos saber si hay una relación causal en tales casos o si se trata únicamente de una correlación?

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** Uso de una base de datos para comparar secuencias de bases de ADN.
- **Objetivo 8:** Aspectos éticos de las patentes de genes humanos.

| 3.1 Genes | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• Los alumnos deben ser capaces de recordar una sustitución de bases específica que causa la sustitución del ácido glutámico por la valina como el sexto aminoácido en el polipéptido de la hemoglobina.<br>• El número de genes en una especie no debería ser considerado el tamaño del genoma, ya que este término se usa para indicar la cantidad total de ADN. Debería incluirse al menos una planta y una bacteria en la comparación y, al menos, una especie con más genes y una con menos genes que los seres humanos.<br>• Se puede usar la base de datos del banco de genes GenBank® para buscar secuencias de bases de ADN. El gen del citocromo C está disponible para muchos organismos diferentes y es de especial interés, debido a su uso en la reclasificación de los organismos en tres dominios.<br>• No es necesario incluir las mutaciones por deleción, inserción o por desplazamiento del marco de lectura. | |

**Idea fundamental:** Los cromosomas contienen genes en una secuencia lineal compartida por los miembros de una misma especie.

### 3.2 Cromosomas

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en las técnicas conllevan avances en la investigación: la técnica de la autorradiografía fue empleada para establecer la longitud de las moléculas de ADN en los cromosomas. (1.8)

**Comprensión:**

- Los procariotas tienen un cromosoma que consta de una molécula de ADN circular.
- Algunos procariotas también tienen plásmidos, pero los eucariotas carecen de estos.
- Los cromosomas de los eucariotas son moléculas lineales de ADN asociadas con proteínas histonas.
- En una especie eucariota hay distintos cromosomas portadores de diferentes genes.
- Los cromosomas homólogos poseen la misma secuencia de genes pero no necesariamente los mismos alelos de dichos genes.
- Los núcleos diploides tienen pares de cromosomas homólogos.
- Los núcleos haploides tienen un cromosoma de cada par.
- El número de cromosomas es un rasgo característico de los miembros de una especie.
- Un cariograma representa los cromosomas de un organismo con las parejas de homólogos ordenados según una longitud decreciente.
- El sexo es determinado por los cromosomas sexuales y los autosomas son cromosomas que no determinan el sexo.

**Mentalidad internacional:**

- La secuenciación del genoma del arroz conllevó la cooperación entre biólogos de diez países.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 1.6: División celular

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Se recomienda (aunque no es obligatorio) la tinción de puntas de raíces machacadas y el examen de cromosomas mediante microscopio.
- **Objetivo 7:** Uso de bases de datos para identificar los *loci* y los productos proteicos de los genes.

| 3.2 Cromosomas | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Técnica de Cairns para medir la longitud de las moléculas de ADN mediante una autorradiografía.<br>• Aplicación: Comparación del tamaño del genoma de fago T2, *Escherichia coli*, *Drosophila melanogaster*, *Homo sapiens* y *Paris japonica*.<br>• Aplicación: Comparación de números de cromosomas diploides de *Homo sapiens*, *Pan troglodytes*, *Canis familiaris*, *Oryza sativa* y *Parascaris equorum*.<br>• Aplicación: Uso de cariogramas para deducir el sexo y diagnosticar el síndrome de Down en seres humanos.<br>• Habilidad: Uso de bases de datos para identificar el *locus* de un gen humano y su producto polipeptídico.<br>**Orientación:**<br>• Los términos "cariotipo" y "cariograma" tienen significados diferentes. El cariotipo es una propiedad de una célula: el número y el tipo de cromosomas presentes en el núcleo, no una fotografía o un diagrama de estos.<br>• El tamaño del genoma es la longitud total del ADN en un organismo. Los ejemplos del genoma y del número de cromosomas se han seleccionado para suscitar puntos de interés.<br>• Las dos moléculas de ADN formadas por replicación del ADN con anterioridad a la división celular se consideran cromátidas hermanas hasta la separación del centrómero al inicio de la anafase. Después de esto, se las considera cromosomas individuales. | |

**Idea fundamental:** Los alelos se segregan durante la meiosis, y permiten así que se formen nuevas combinaciones mediante la fusión de gametos.

## 3.3 Meiosis

**Naturaleza de la ciencia:**

Realización atenta de observaciones: la meiosis se descubrió mediante el examen de células de líneas germinales en división por medio del uso de microscopio. (1.8)

**Comprensión:**

- Un núcleo diploide se divide por meiosis para producir cuatro núcleos haploides.
- La división por dos del número de cromosomas permite un ciclo vital sexual con una fusión de gametos.
- El ADN se replica antes de la meiosis, de forma que todos los cromosomas constan de dos cromátidas hermanas.
- Los estadios tempranos de la meiosis implican el apareamiento de los cromosomas homólogos y el sobrecruzamiento, con la posterior condensación.
- La orientación de los pares de cromosomas homólogos previa a la separación es aleatoria.
- La separación de pares de cromosomas homólogos en la primera división de la meiosis divide por dos el número de cromosomas.
- El sobrecruzamiento y la orientación aleatoria promueven la variación genética.
- La fusión de gametos de diferentes progenitores promueve la variación genética.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: La no disyunción puede causar síndrome de Down y otras anormalidades cromosómicas.
- Aplicación: Estudios donde se indica que la edad de los progenitores influye en la probabilidad de no disyunción.

**Teoría del Conocimiento:**

- En 1922 el número de cromosomas contados en una célula humana fue de 48. Este se mantuvo como el número establecido durante 30 años, a pesar de que una revisión de las pruebas fotográficas de la época mostraba claramente que había 46. ¿Por qué razones se mantiene cierta inercia en las creencias existentes?

**Utilización:**

- La comprensión de los cariotipos ha permitido efectuar diagnósticos con fines de asesoramiento genético.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 1.6: División celular
Tema 10.1: Meiosis
Tema 11.4: Reproducción sexual

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** La exploración prenatal de anormalidades cromosómicas proporciona una indicación del sexo del feto y suscita cuestiones éticas acerca del aborto selectivo de fetos femeninos en algunos países.

| 3.3 Meiosis | |
|---|---|
| • Aplicación: Descripción de métodos usados para obtener células para el análisis del cariotipo, por ejemplo el muestreo de la vellosidad coriónica y la amniocentesis y los riesgos asociados.<br>• Habilidad: Dibujo de diagramas que representen las etapas de la meiosis hasta dar origen a la formación de cuatro células haploides.<br>**Orientación:**<br>• La preparación de muestras de meiosis en microscopio es difícil, por lo que debería disponerse de preparaciones permanentes en caso de no obtenerse células visibles en meiosis en las preparaciones provisionales.<br>• No es preciso incluir quiasmas en los dibujos de las etapas de la meiosis.<br>• No se requiere explicar el proceso de la formación de quiasmas. | |

**Idea fundamental:** La herencia de los genes sigue determinados patrones.

## 3.4 Herencia

**Naturaleza de la ciencia:**

Realización de mediciones cuantitativas con repeticiones para garantizar la fiabilidad. Los cruzamientos genéticos de Mendel con plantas de arvejas (guisantes) generaron datos numéricos. (3.2)

**Comprensión:**

- Mendel descubrió los principios de la herencia con experimentos que implicaban el cruzamiento de un gran número de plantas de arvejas (guisante).
- Los gametos son haploides, por lo que solo contienen un alelo de cada gen.
- Los dos alelos de cada gen se separan en diferentes núcleos hijos haploides durante la meiosis.
- La fusión de gametos origina cigotos diploides con dos alelos de cada gen, que pueden ser el mismo alelo repetido o distintos alelos.
- Los alelos dominantes enmascaran los efectos de los alelos recesivos, en tanto que los alelos codominantes tienen efectos conjuntos.
- Aunque muchas enfermedades genéticas propias del ser humano se deben a alelos recesivos de genes autosómicos, otras se deben a alelos dominantes o a alelos codominantes.
- Algunas enfermedades genéticas están ligadas al sexo. El patrón de herencia es diferente con los genes ligados al sexo, debido a su ubicación en los cromosomas sexuales.
- Aunque se han identificado muchas enfermedades genéticas en seres humanos, la mayoría de ellas son muy raras.
- La radiación y las sustancias químicas mutagénicas aumentan la tasa de mutación y pueden causar enfermedades genéticas y cáncer.

**Teoría del Conocimiento:**

- Las teorías de Mendel no fueron aceptadas por la comunidad científica durante mucho tiempo. ¿Qué factores fomentarían la aceptación de nuevas ideas por parte de la comunidad científica?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 1.6: División celular

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Implicaciones sociales del diagnóstico de mutaciones, incluidos los efectos sobre la familia y la estigmatización.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Herencia de grupos sanguíneos ABO.
- Aplicación: Daltonismo (ceguera para los colores rojo-verde) y hemofilia como ejemplos de herencia ligada al sexo.
- Aplicación: Herencia de fibrosis quística y enfermedad de Huntington.
- Aplicación: Consecuencias de la radiación tras la bomba atómica de Hiroshima y el accidente nuclear en Chernobyl.
- Habilidad: Construcción de cuadros de Punnett para predecir los resultados de cruzamientos genéticos monohíbridos.
- Habilidad: Comparación de resultados predichos y efectivos de cruzamientos genéticos usando datos reales.
- Habilidad: Análisis de árboles genealógicos para deducir el patrón hereditario de enfermedades genéticas.

**Orientación:**

- Los alelos incluidos en los cromosomas X deben indicarse mediante letras en superíndice acompañando a una X mayúscula (por ejemplo, $X^h$).
- La notación requerida para los alelos de los grupos sanguíneos es:

| *Fenotipo* | *Genotipo* |
|---|---|
| O | ii |
| A | $I^AI^A$ o $I^Ai$ |
| B | $I^BI^B$ o $I^Bi$ |
| AB | $I^AI^B$ |

**Idea fundamental:** Los biólogos han desarrollado técnicas para la manipulación artificial del ADN, las células y los organismos.

## 3.5 Modificación genética y biotecnología

**Naturaleza de la ciencia:**

Evaluación de riesgos asociados a la investigación científica: los científicos tratan de evaluar los riesgos asociados a especies de ganadería o cultivos modificados genéticamente. (4.8)

**Comprensión:**

- La electroforesis en gel se utiliza para separar proteínas o fragmentos de ADN de acuerdo con su tamaño.
- Se puede usar la técnica de la PCR para amplificar pequeñas cantidades de ADN.
- El análisis de ADN implica la comparación de muestras de ADN.
- La modificación genética se lleva a cabo mediante la transferencia de genes entre especies.
- Los clones son grupos de organismos idénticos genéticamente, derivados de una única célula parental original.
- Muchas especies vegetales y algunas especies animales presentan métodos naturales de clonación.
- Los animales se pueden clonar en la fase embrionaria mediante la división del embrión en más de un grupo de células.
- Se han desarrollado métodos para clonar animales adultos usando células diferenciadas.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Uso del análisis de ADN en investigaciones forenses y estudios de paternidad.
- Aplicación: La transferencia de genes a bacterias mediante el uso de plásmidos supone el uso de endonucleasas de restricción y de la ADN ligasa.

**Teoría del Conocimiento:**

- El uso de ADN para garantizar condenas en casos legales está bien establecido; sin embargo, teorías universalmente aceptadas quedan a veces invalidadas a la luz de nuevos hallazgos científicos. ¿Qué criterios son necesarios para evaluar la fiabilidad de las pruebas?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.7: Replicación, transcripción y traducción del ADN

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** En la medida de lo posible el experimento de enraizamiento debería estar diseñado de manera tal que propicie su realización por parte de los alumnos.
- **Objetivo 8:** Podrían discutirse los aspectos éticos de la modificación genética.

| 3.5 Modificación genética y biotecnología | |
|---|---|
| • Aplicación: Evaluación de riesgos potenciales y beneficios asociados a la modificación genética de cultivos.<br>• Aplicación: Producción de embriones clonados obtenidos mediante transferencia nuclear de células somáticas.<br>• Habilidad: Diseño de un experimento para evaluar un factor que afecte al enraizamiento de esquejes de tallo (estaquillas).<br>• Habilidad: Análisis de ejemplos de perfiles de ADN.<br>• Habilidad: Análisis de datos sobre los riesgos para las mariposas monarca de cultivos Bt.<br>**Orientación:**<br>• Los alumnos deben ser capaces de deducir si un hombre podría ser o no el padre de un niño a partir de los patrones de bandas de un perfil de ADN.<br>• Se puede usar la oveja Dolly como un ejemplo de transferencia de células somáticas.<br>• Debería escogerse una especie vegetal para experimentos de enraizamiento que forme raíces fácilmente en agua o en un medio sólido. | |

# Tema 4: Ecología

12 horas

**Idea fundamental:** La supervivencia continuada de organismos vivos, entre ellos los seres humanos, depende de la existencia de comunidades sustentables.

## 4.1 Especies, comunidades y ecosistemas

**Naturaleza de la ciencia:**

Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: las plantas y las algas son mayoritariamente autotróficas, si bien algunas especies vegetales no lo son. (3.1)

**Comprensión:**

- Las especies son grupos de organismos que pueden reproducirse potencialmente entre sí para producir descendencia fértil.
- Los miembros de una especie pueden quedar aislados reproductivamente en poblaciones separadas.
- Para la nutrición, las especies utilizan un método autotrófico o un método heterotrófico (un reducido número de especies disponen de ambos métodos).
- Los consumidores son organismos heterótrofos que se alimentan de organismos vivos por ingestión.
- Los detritívoros son organismos heterótrofos que obtienen los nutrientes orgánicos de los detritos mediante digestión interna.
- Los saprotrofos son organismos heterótrofos que obtienen los nutrientes orgánicos de organismos muertos mediante digestión externa.
- Una comunidad está formada por poblaciones de distintas especies que viven juntas e interactúan entre sí.
- Una comunidad forma un ecosistema por sus interacciones con el medio ambiente abiótico.

**Mentalidad internacional:**

- Puede discutirse la necesidad de sustentabilidad en las actividades humanas y los métodos necesarios para promoverla.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Geografía
Parte 2A: Agua dulce: cuestiones y conflictos
Sistemas Ambientales y Sociedades
Tema 2.1: Especies y poblaciones

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Es aconsejable que sean los alumnos mismos quienes obtengan los datos para la prueba de chi-cuadrado, para que estos puedan tener una experiencia real con técnicas de trabajo de campo.

| 4.1 Especies, comunidades y ecosistemas | |
|---|---|
| • Los organismos autótrofos obtienen nutrientes inorgánicos del medio ambiente abiótico.<br>• Los ciclos de nutrientes mantienen el suministro de nutrientes inorgánicos.<br>• Los ecosistemas tienen el potencial de ser sustentables a lo largo de períodos de tiempo prolongados.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Habilidad: Clasificación de las especies como organismos autótrofos, consumidores, detritívoros o saprotrofos a partir del conocimiento de su modo de nutrición.<br>• Habilidad: Organización de un mesocosmos cerrado para tratar de establecer condiciones de sustentabilidad (trabajo práctico 5).<br>• Habilidad: Comprobación de la asociación entre dos especies usando la prueba de chi-cuadrado con los datos obtenidos de un muestreo basado en parcelas.<br>• Habilidad: Reconocimiento e interpretación de la significación estadística.<br>**Orientación:**<br>• Aunque se puede organizar un mesocosmos en depósitos abiertos, se prefieren recipientes de vidrio cerrados, ya que estos evitan la entrada y salida de materia, pero al tiempo permiten la entrada de luz y la salida de calor. Los sistemas acuáticos probablemente obtengan mejores resultados que los terrestres.<br>• Para obtener datos para la prueba de chi-cuadrado, debe escogerse un ecosistema en el que varíen uno o varios de los factores que influyen sobre la distribución de las especies escogidas. El muestreo debe basarse en números aleatorios. En cada parcela estándar de muestreo debe registrarse la presencia o ausencia de las especies escogidas. | |

**Idea fundamental:** Los ecosistemas requieren un suministro continuo de energía para alimentar los procesos vitales y restituir las pérdidas de energía producidas en forma de calor.

| 4.2 Flujo de energía | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Uso de teorías para explicar los fenómenos naturales: el concepto de flujo de energía explica la extensión limitada de las cadenas tróficas. (2.2) | |
| **Comprensión:**<br>• La mayoría de los ecosistemas se basan en un suministro de energía procedente de la luz del sol.<br>• La energía lumínica se transforma en energía química en los compuestos de carbono mediante fotosíntesis.<br>• La energía química de los compuestos de carbono fluye a través de las cadenas tróficas por medio de la alimentación.<br>• La energía liberada de los compuestos de carbono por respiración es utilizada por los organismos vivos y se transforma en calor.<br>• Los organismos vivos no pueden convertir el calor en otras formas de energía.<br>• Los ecosistemas pierden energía en forma de calor.<br>• Las pérdidas de energía entre los niveles tróficos restringen la extensión de las cadenas tróficas y la biomasa de niveles tróficos superiores.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Habilidad: Representaciones cuantitativas del flujo de energía mediante pirámides de energía. | **Mentalidad internacional:**<br>• La energética de las cadenas tróficas es un factor en la eficiencia de la producción de alimentos para paliar el hambre en el mundo.<br>**Utilización:**<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 2.8: Respiración celular<br>Tema 2.9: Fotosíntesis<br>Física<br>Tema 2.3: Trabajo, energía y potencia<br>Tema B.2: Termodinámica<br>Sistemas Ambientales y Sociedades<br>Tema 2.3: Flujos de energía y materia |

| 4.2 Flujo de energía | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• No se requieren pirámides de números y de biomasa. Los alumnos deben tener claro que en los ecosistemas terrestres la biomasa disminuye con la energía a lo largo de las cadenas tróficas debido a la pérdida de dióxido de carbono, agua y otros productos de desecho, tales como la urea.<br>• Deben dibujarse pirámides de energía a escala y escalonadas, no con forma triangular. Deben usarse los términos productor, consumidor primario y consumidor secundario, etc., en lugar de primer nivel trófico, segundo nivel trófico, etc.<br>• Debe hacerse hincapié en la distinción entre flujo de energía en los ecosistemas y ciclo de nutrientes inorgánicos. Los alumnos deben comprender que hay un suministro de energía continuo pero variable en forma de luz solar, pero que el suministro de nutrientes en un ecosistema es finito y limitado. | |

**Idea fundamental:** La disponibilidad continua de carbono en los ecosistemas depende del ciclo del carbono.

## 4.3 Ciclo del carbono

**Naturaleza de la ciencia:**

Realización de mediciones cuantitativas precisas: es importante obtener datos fiables sobre la concentración del dióxido de carbono y del metano en la atmósfera. (3.1)

**Comprensión:**

- Los organismos autótrofos convierten el dióxido de carbono en glúcidos y otros compuestos de carbono.
- En los ecosistemas acuáticos el carbono está presente como dióxido de carbono disuelto y como iones hidrogenocarbonato.
- El dióxido de carbono se difunde desde la atmósfera o desde el agua hacia los organismos autótrofos.
- El dióxido de carbono se produce por respiración y se difunde fuera de los organismos hacia el agua o la atmósfera.
- El metano lo producen arqueobacterias metanogénicas a partir de materia orgánica en condiciones anaeróbicas y una fracción de dicho gas se difunde hacia la atmósfera o se acumula en el subsuelo.
- El metano se oxida para dar dióxido de carbono y agua en la atmósfera.
- La turba se forma cuando la materia orgánica no se descompone del todo por las condiciones ácidas y/o anaeróbicas en suelos anegados de agua.
- La materia orgánica parcialmente descompuesta de eras geológicas pasadas se transformó en carbón o en petróleo y gas que se acumularon en rocas porosas.
- El dióxido de carbono se produce por la combustión de biomasa y de materia orgánica fosilizada.
- Los animales tales como los corales formadores de arrecifes y los moluscos tienen partes duras compuestas de carbonato cálcico, las cuales se fosilizan formando caliza.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Física
Tema 8.1: Fuentes de energía
Química
Tema C.2: Combustibles fósiles
Tema C.5: Impacto ambiental: calentamiento global

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Podrían considerarse las implicaciones éticas de cambiar el uso de cultivos tales como el maíz de la producción de alimento a la obtención de biocombustible.

| 4.3 Ciclo del carbono | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Estimación de los flujos de carbono derivados de procesos en el ciclo del carbono.<br>• Aplicación: Análisis de datos de estaciones de control del aire para explicar las fluctuaciones anuales.<br>• Habilidad: Construir un diagrama del ciclo del carbono.<br>**Orientación:**<br>• Los flujos de carbono deben medirse en gigatoneladas. | |

**Idea fundamental:** Las concentraciones de los gases atmosféricos afectan a los climas que se experimentan en la superficie terrestre.

## 4.4 Cambio climático

**Naturaleza de la ciencia:**

Evaluación de afirmaciones: evaluación de las afirmaciones en las que se sostiene que las actividades humanas provocan un cambio climático. (5.2)

**Comprensión:**

- El dióxido de carbono y el vapor de agua son los gases invernadero más importantes.
- Otros gases, como el metano y los óxidos de nitrógeno tienen un menor impacto.
- El impacto de un gas depende de su capacidad para absorber la radiación de onda larga, así como de su concentración en la atmósfera.
- La superficie terrestre calentada emite una radiación de longitud de onda más larga (calor).
- La radiación de onda más larga es absorbida por los gases invernadero que retienen el calor en la atmósfera.
- Las temperaturas globales y los patrones climáticos se ven influidos por las concentraciones de los gases invernadero.
- Hay una correlación entre las concentraciones atmosféricas crecientes de dióxido de carbono desde el inicio de la revolución industrial que tuvo lugar hace doscientos años y las temperaturas globales.
- Los recientes aumentos de dióxido de carbono atmosférico se deben en gran medida al aumento de la combustión de la materia orgánica fosilizada.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Amenazas para los arrecifes de coral por el aumento de concentración del dióxido de carbono disuelto.
- Aplicación: Correlaciones entre las temperaturas globales y las concentraciones de dióxido de carbono en la Tierra.
- Aplicación: Evaluación de las afirmaciones acerca de que las actividades humanas no están causando un cambio climático.

**Mentalidad internacional:**

- La liberación de gases invernadero se produce localmente pero tiene un efecto global, por lo que resulta esencial la cooperación internacional para reducir las emisiones de estos gases.

**Teoría del Conocimiento:**

- El propósito del principio de precaución es el de guiar la toma de decisiones en condiciones en las que no hay certeza total. ¿Es posible tener certezas en las ciencias naturales?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Física
Tema 8.2: Transferencias de energía química.
Geografía:
Parte 1.3: Patrones de calidad ambiental y sustentabilidad / Atmósfera y cambios
Sistemas Ambientales y Sociedades
Tema 7.2: Cambio climático: causas y efectos

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** Se pueden usar bases de datos para analizar las concentraciones de gases invernadero.
- **Objetivo 8:** Hay paralelismos interesantes entre los seres humanos que no están dispuestos a reducir su huella de carbono y el engaño o el fraude en animales sociales. Cuando el nivel de engaño aumenta por encima de un determinado nivel, el comportamiento social se quiebra.

| 4.4 Cambio climático | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• El dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua deberían incluirse en los debates.<br>• No hace falta discutir las consecuencias perjudiciales de la disminución del ozono; debe dejarse claro que la disminución del ozono no es la causa del aumento del efecto invernadero. | |

# Tema 5: Evolución y biodiversidad

12 horas

**Idea fundamental:** Hay pruebas abrumadoras de la evolución de la vida en la Tierra.

## 5.1 Pruebas de la evolución

**Naturaleza de la ciencia:**

Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: hay características comunes en la estructura ósea de las extremidades de los vertebrados, a pesar de lo variado de su uso. (3.1)

**Comprensión:**

- La evolución se produce cuando las características hereditarias de una especie varían.
- El registro fósil proporciona pruebas de la evolución.
- La cría selectiva de animales domesticados demuestra que la selección artificial puede causar evolución.
- La evolución de las estructuras homólogas por radiación adaptativa explica las similitudes estructurales cuando hay diferencias funcionales.
- Las poblaciones de una especie pueden ir divergiendo gradualmente en especies separadas por evolución.
- La variación continua a través de una zona de distribución geográfica de poblaciones relacionadas coincide con el concepto de divergencia gradual.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Desarrollo de insectos melanísticos en áreas contaminadas.
- Aplicación: Comparación de la extremidad pentadáctila de mamíferos, aves, anfibios y reptiles con distintos métodos de locomoción.

**Teoría del Conocimiento:**

- La historia evolutiva es un área de la ciencia que constituye un desafío, ya que no pueden realizarse experimentos para establecer eventos pasados o sus causas. Sin embargo, existen métodos científicos para establecer, con un alto grado de certeza, qué sucedió en algunos casos. ¿De qué modo son comparables estos métodos con los usados por los historiadores para reconstruir el pasado?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Física
Tema 7.1: Energía discreta y radiactividad
Geografía
Parte 1.3: Patrones de calidad ambiental y sustentabilidad / Biodiversidad y cambios
Sistemas Ambientales y Sociedades
Tema 4: La biodiversidad en los ecosistemas

**Idea fundamental:** La diversidad de la vida ha evolucionado y sigue evolucionando por selección natural.

## 5.2 Selección natural

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de teorías para explicar los fenómenos naturales: la teoría de la evolución por selección natural puede explicar el desarrollo de la resistencia a antibióticos en las bacterias. (2.1)

**Comprensión:**

- La selección natural solo puede suceder si hay variación entre los miembros de la misma especie.
- La mutación, la meiosis y la reproducción sexual causan variación entre los individuos de una especie.
- Las adaptaciones son características que hacen que un individuo esté adaptado a su medio ambiente y a su forma de vida.
- Las especies tienden a producir más descendencia que la que puede soportar el medio ambiente.
- Los individuos mejor adaptados tienden a sobrevivir y a dejar más descendencia, mientras que los menos adaptados tienden a morir o producir menos descendencia.
- Los individuos que se reproducen transmiten las características a su descendencia.
- La selección natural aumenta la frecuencia de las características que hacen que los individuos estén mejor adaptados y reduce la frecuencia de otras características que conllevan cambios dentro de la especie.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Variaciones de los picos de pinzones en la isla Daphne Major.
- Aplicación: Evolución de resistencia a antibióticos en bacterias.

**Orientación:**

- Los alumnos deben tener claro que las características o los rasgos adquiridos durante la vida de un individuo no son hereditarios. No hace falta mencionar el término lamarckismo.

**Teoría del Conocimiento:**

- La selección natural es una teoría. ¿Cuántas pruebas se requieren para sustentar una teoría y qué clase de pruebas contrarias se requieren para refutarla?

**Idea fundamental:** Las especies se nombran y clasifican según un sistema acordado internacionalmente.

## 5.3 Clasificación de la biodiversidad

**Naturaleza de la ciencia:**

Cooperación y colaboración entre grupos de científicos: los científicos emplean el sistema binomial para identificar especies, en lugar de usar los innumerables nombres locales. (4.3)

**Comprensión:**

- El sistema binomial de los nombres para las especies tiene un uso universal entre los biólogos y ha sido acordado y desarrollado en toda una serie de congresos.
- Cuando se descubren nuevas especies reciben un nombre científico siguiendo el sistema binomial.
- Los taxónomos clasifican las especies usando una jerarquía de taxones.
- Todos los organismos se clasifican dentro de tres dominios.
- Los taxones principales para clasificar a los eucariotas son el reino, el fílum, la clase, el orden, la familia, el género y la especie.
- En una clasificación natural, el género y los taxones superiores acompañantes abarcan todas las especies que han evolucionado a partir de una especie ancestral común.
- Los taxónomos a veces reclasifican grupos de especies cuando se tienen nuevas pruebas que demuestran que un taxón previo incluye especies que han evolucionado a partir de especies ancestrales diferentes.
- Las clasificaciones naturales ayudan a identificar especies y permiten predecir las características compartidas por las especies dentro de un grupo.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Clasificación de una especie vegetal y otra animal desde el dominio hasta el nivel de especie.
- Aplicación: Reconocimiento de los rasgos de las briofitas, filicinofitas, coniferofitas y angiospermofitas.
- Aplicación: Reconocimiento de los rasgos de los poríferos, cnidarios,

**Mentalidad internacional:**

- Hay códigos internacionales de nomenclatura y acuerdos respecto a los principios que deben seguirse en la clasificación de los organismos vivos.

**Teoría del Conocimiento:**

- La adopción de un sistema de nomenclatura binomial se debe en gran medida al médico y botánico sueco Carolus Linnaeus (1707–1778). Linnaeus también definió cuatro grupos de seres humanos, sobre la base de rasgos tanto físicos como sociales. De acuerdo con la mentalidad del siglo XXI, sus descripciones podrían parecernos racistas. ¿Cómo afecta el contexto social del trabajo científico los métodos y descubrimientos de la investigación? ¿Es preciso considerar el contexto social al evaluar los aspectos éticos de las afirmaciones de conocimiento?

| 5.3 Clasificación de la biodiversidad | |
|---|---|
| platelmintos, anélidos, moluscos, artrópodos y cordados.<br>• Aplicación: Reconocimiento de los rasgos de las aves, los mamíferos, los anfibios, los reptiles y los peces.<br>• Habilidad: Construcción de claves dicotómicas para su uso en la identificación de especímenes.<br>**Orientación:**<br>• Deben usarse los términos Archaea, Eubacteria y Eucarya para la denominación de los tres dominios.<br>• Los miembros de dichos dominios deben denominarse arqueas, bacterias y eucariotas.<br>• Los alumnos deben saber qué filos de planta presentan tejidos vasculares, pero no es preciso que conozcan otros detalles internos.<br>• Los rasgos reconocibles requeridos de los filos animales seleccionados son aquellos que resultan más útiles para distinguir los grupos entre sí. No se requieren descripciones completas de las características de cada fílum.<br>• Los virus no se clasifican como organismos vivos. | |

**Idea fundamental:** La ascendencia de los grupos de especies se puede deducir por comparación de sus secuencias de bases o de aminoácidos.

## 5.4 Cladística

**Naturaleza de la ciencia:**

Refutación de teorías, donde una teoría es reemplazada por otra: las familias de plantas han sido reclasificadas como resultado de las pruebas aportadas por la cladística. (1.9)

**Comprensión:**

- Un clado es un grupo de organismos que han evolucionado a partir de un ancestro común.
- Las pruebas de qué especies forman parte de un clado se pueden obtener de las secuencias de bases de un gen o de la secuencia de aminoácidos correspondiente de una proteína.
- Las diferencias en las secuencias se acumulan de forma gradual, de modo que hay una correlación positiva entre el número de diferencias que hay entre dos especies y el momento a partir del que divergieron de un ancestro común.
- Los rasgos pueden ser análogos u homólogos.
- Los cladogramas son diagramas en forma de árbol que muestran la secuencia más probable de divergencia en clados.
- Las pruebas aportadas por la cladística han mostrado que las clasificaciones de algunos grupos basadas en la estructura no se correspondían con los orígenes evolutivos de un grupo o de una especie.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Cladogramas que incluyan a los seres humanos y a otros primates.
- Aplicación: Reclasificación de la familia de las escrofulariáceas a través de las pruebas de la cladística.
- Habilidad: Análisis de cladogramas para deducir relaciones evolutivas.

**Teoría del Conocimiento:**

- Un paso adelante fundamental en el estudio de las bacterias fue el reconocimiento en 1977 por parte de Carl Woese de que *Archaea* presenta una línea separada de descendencia evolutiva respecto a las bacterias. Científicos de renombre, como Luria y Mayr, se opusieron a esta división de los procariotas. ¿En qué grado es deseable el conservadurismo en la ciencia?

# Tema 6: Fisiología humana

20 horas

**Idea fundamental:** La estructura de la pared del intestino delgado permite en éste el movimiento, la digestión y la absorción del alimento.

## 6.1 Digestión y absorción

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de modelos como representaciones del mundo real: se pueden usar tubos de diálisis para representar mediante un modelo la absorción en el intestino. (1.10)

**Comprensión:**

- La contracción de la musculatura circular y longitudinal del intestino delgado mezcla el alimento con las enzimas y desplaza éste a lo largo del tracto digestivo.
- El páncreas segrega enzimas en el interior o lumen del intestino delgado.
- Las enzimas digieren la mayoría de macromoléculas presentes en los alimentos en forma de monómeros en el intestino delgado.
- Las vellosidades aumentan la superficie del epitelio a través del cual se realiza la absorción.
- Las vellosidades absorben los monómeros formados por la digestión, así como los iones minerales y las vitaminas.
- Para absorber los diferentes nutrientes se requieren distintos métodos de transporte de membrana.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Procesos que tienen lugar en el intestino delgado y que causan la digestión del almidón y el transporte de los productos de la digestión hasta el hígado.
- Aplicación: Uso de tubos de diálisis para representar mediante modelos la absorción de los alimentos digeridos en el intestino.

**Utilización:**

- Algunas enzimas hidrolíticas tienen importancia económica, como por ejemplo la amilasa en la producción de azúcares a partir de almidón y en la fabricación de cerveza.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.1: Moléculas para el metabolismo
Tema 2.5: Enzimas

| 6.1 Digestión y absorción | |
|---|---|
| • Habilidad: Realización de un diagrama del sistema digestivo que esté acompañado de comentarios.<br>• Habilidad: Identificación de las capas de tejido en secciones transversales del intestino delgado mediante el uso de un microscopio o en una micrografía.<br>**Orientación:**<br>• Los alumnos deben saber que las enzimas amilasa, lipasa y endopeptidasa son segregadas por el páncreas. No se requiere que los alumnos recuerden el nombre "tripsina", ni el método usado para activarla.<br>• Los alumnos deben saber que el almidón, el glucógeno, los lípidos y los ácidos nucleicos se digieren y consecuentemente se transforman en monómeros, y que la celulosa permanece sin digerir.<br>• Las capas de tejido deben incluir músculos longitudinales y circulares, mucosa y epitelio. | |

**Idea fundamental:** El sistema sanguíneo transporta continuamente sustancias hasta las células y, simultáneamente, recoge productos de desecho.

## 6.2 El sistema sanguíneo

**Naturaleza de la ciencia:**

Las teorías se consideran inciertas: William Harvey rebatió teorías desarrolladas por el antiguo filósofo griego Galeno acerca del movimiento de la sangre en el cuerpo. (1.9)

**Comprensión:**

- Las arterias conducen sangre a alta presión desde los ventrículos hasta los tejidos corporales.
- Las arterias poseen células musculares y fibras elásticas en sus paredes.
- Las fibras musculares y elásticas ayudan al mantenimiento de la presión sanguínea entre ciclos de bombeo.
- La sangre fluye por capilares a través de los tejidos. Los capilares tienen paredes permeables que permiten el intercambio de materiales entre las células de los tejidos y la sangre en el capilar.
- Las venas reenvían sangre a baja presión desde los tejidos corporales hasta las aurículas del corazón.
- Las válvulas de las venas y del corazón aseguran la circulación de la sangre, e impiden así el retorno del flujo.
- Hay un sistema de circulación aparte para los pulmones.
- El latido del corazón es iniciado por un grupo de células musculares específicas en la aurícula derecha, denominado nódulo sinoauricular.
- El nódulo sinoauricular actúa como un marcapasos.
- El nódulo sinoauricular envía una señal eléctrica que estimula la contracción conforme se propaga primero a través de las paredes de las aurículas y, a continuación, a través de las paredes de los ventrículos.
- El ritmo cardíaco puede aumentar o disminuir mediante los impulsos transmitidos al corazón por dos nervios desde la médula del cerebro.
- La epinefrina aumenta el ritmo cardíaco como preparación para una actividad física vigorosa.

**Teoría del Conocimiento:**

- La concepción en la actualidad es que las emociones son el producto de la actividad en el cerebro y no del corazón. ¿Es más válido el conocimiento basado en la ciencia que el conocimiento basado en la intuición?

**Utilización:**

- La comprensión de la estructura del sistema cardiovascular ha permitido el desarrollo de la cirugía cardíaca.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.2: Agua
Tema 2.3: Glúcidos y lípidos
Tema 6.4: Intercambio de gases
Tema 6.6: Hormonas, homeostasis y reproducción

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Se recomienda una disección de un corazón como medio para estudiar la estructura del corazón.
- **Objetivo 8:** Podrían discutirse las implicaciones sociales de la enfermedad cardíaca coronaria.

| 6.2 El sistema sanguíneo | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Descubrimiento de William Harvey de la circulación de la sangre con el corazón que actúa como una bomba.<br>• Aplicación: Cambios de presión en la aurícula izquierda, el ventrículo izquierdo y la aorta durante el ciclo cardíaco.<br>• Aplicación: Causas y consecuencias de la oclusión de las arterias coronarias.<br>• Habilidad: Identificación de los vasos sanguíneos como arterias, capilares o venas a partir de la estructura de sus paredes.<br>• Habilidad: Reconocimiento de las cámaras y válvulas del corazón y de los vasos sanguíneos conectados a éste en corazones diseccionados o en diagramas de la estructura del corazón. | |

**Idea fundamental:** El cuerpo humano tiene estructuras y procesos que resisten la amenaza continua de una invasión de patógenos.

## 6.3 Defensa contra las enfermedades infecciosas

**Naturaleza de la ciencia:**

Riesgos asociados con la investigación científica: los ensayos de Florey y Chain sobre la seguridad de la penicilina no cumplirían el protocolo actual de ensayo. (4.8)

**Comprensión:**

- La piel y las membranas mucosas constituyen una primera defensa frente a los patógenos que causan enfermedades infecciosas.
- Los cortes en la piel son sellados por la coagulación de la sangre.
- Las plaquetas liberan factores coagulantes.
- El efecto en cascada provoca que la trombina cause una rápida conversión del fibrinógeno en fibrina.
- La ingestión de patógenos por parte de los leucocitos fagocíticos proporciona inmunidad no específica frente a las enfermedades.
- La producción de anticuerpos por parte de los linfocitos en respuesta a patógenos concretos proporciona una inmunidad específica.
- Los antibióticos bloquean procesos propios de las células procarióticas, pero no de las eucarióticas.
- Los virus carecen de metabolismo y en consecuencia no se pueden tratar con antibióticos.
- Algunas cepas de bacterias han evolucionado con genes que les confieren resistencia a los antibióticos y algunas cepas de bacterias tienen resistencia múltiple.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Causas y consecuencias de la formación de coágulos de sangre en las arterias coronarias.
- Aplicación: Experimentos de Florey y Chain para evaluar la eficacia de la penicilina en infecciones bacterianas en ratones.
- Aplicación: Efectos del VIH sobre el sistema inmunitario y métodos de transmisión.

**Mentalidad internacional:**

- La propagación y contención de enfermedades tales como la gripe aviar requiere una coordinación y comunicación a nivel internacional.

**Utilización:**

- La comprensión de la inmunidad ha llevado al desarrollo de las vacunaciones.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 5.2: Selección natural
Química
Tema D2: Aspirina y penicilina

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Debe hacerse hincapié en los beneficios sociales y económicos del control de enfermedades bacterianas en todo el mundo.
- **Objetivo 9:** La ciencia cuenta con medios limitados en la lucha contra los patógenos, tal como lo evidencia la propagación de nuevas enfermedades y de bacterias resistentes a los antibióticos.

| 6.3 Defensa contra las enfermedades infecciosas | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• No se requieren diagramas de la piel.<br>• Aunque no hace falta aludir a los subgrupos de fagocitos y linfocitos, los alumnos deben saber que algunos linfocitos actúan como células de memoria y que pueden reproducirse rápidamente para formar un clon de células plasmáticas si vuelven a encontrarse con un patógeno portador de un antígeno específico.<br>• Los efectos del VIH sobre el sistema inmunitario deben limitarse a la reducción en el número de linfocitos activos y a una pérdida de la capacidad para producir anticuerpos, lo que conlleva el desarrollo del SIDA. | |

**Idea fundamental:** Los pulmones son ventilados de forma activa para garantizar que el intercambio de gases puede producirse de forma pasiva.

| 6.4 Intercambio de gases | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Obtención de pruebas a favor de las teorías: los estudios epidemiológicos han contribuido a nuestra comprensión de las causas del cáncer de pulmón. (1.8) | |
| **Comprensión:**<br>• La ventilación mantiene los gradientes de concentración de oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire de los alveolos y la sangre que fluye por los capilares adyacentes.<br>• Los neumocitos de tipo I son células alveolares extremadamente finas, adaptadas para llevar a cabo el intercambio de gases.<br>• Los neumocitos de tipo II segregan una solución que contiene surfactantes, los cuales crean una superficie húmeda dentro de los alveolos para evitar que los laterales del alveolo se adhieran entre sí, mediante la reducción de la tensión superficial.<br>• El aire es transportado hasta los pulmones por la tráquea y los bronquios, y a continuación hasta los alveolos a través de los bronquiolos.<br>• Las contracciones musculares causan cambios de presión en el interior del tórax, los cuales fuerzan el aire hacia el interior y el exterior de los pulmones, provocando su ventilación.<br>• Para la inspiración y la espiración se requieren distintos músculos, ya que los músculos solo trabajan al contraerse.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Causas y consecuencias del cáncer de pulmón.<br>• Aplicación: Causas y consecuencias del enfisema pulmonar.<br>• Aplicación: Músculos intercostales externos e internos, diafragma y músculos abdominales como ejemplos de acción de músculos antagonistas.<br>• Habilidad: Control de la ventilación en seres humanos durante el reposo y tras un ejercicio suave y vigoroso (trabajo práctico 6). | **Utilización:**<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 1.4: Transporte de membrana<br>Tema 1.6: División celular<br>Tema 6.2: El sistema sanguíneo<br>Física<br>Tema 3.2: Modelización de un gas<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 8:** Podrían discutirse las consecuencias sociales del cáncer de pulmón y del enfisema pulmonar. |

| 6.4 Intercambio de gases | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• La ventilación se puede controlar mediante observación simple y con un sencillo aparato, o mediante el registro de datos con un espirómetro o una correa pectoral y un medidor de presión. Deben medirse la tasa de ventilación y el volumen corriente, pero no se requiere el uso de los términos "capacidad vital" y "volumen residual".<br>• Los alumnos deben ser capaces de dibujar un diagrama en el que se represente la estructura de un alveolo pulmonar y un capilar adyacente. | |

**Idea fundamental:** Las neuronas transmiten el mensaje y las sinapsis lo modulan.

| 6.5 Neuronas y sinapsis | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Cooperación y colaboración entre grupos de científicos: los biólogos están contribuyendo a la investigación sobre memoria y aprendizaje. (4.3) | |
| **Comprensión:**<br>• Las neuronas transmiten impulsos eléctricos.<br>• La mielinización de las fibras nerviosas permite una conducción a saltos.<br>• Las neuronas bombean iones de sodio y potasio a través de sus membranas para generar un potencial de reposo.<br>• Un potencial de acción consiste en la despolarización y repolarización de la neurona.<br>• Los impulsos nerviosos son potenciales de acción propagados a lo largo de los axones de las neuronas.<br>• La propagación de impulsos nerviosos es el resultado de las corrientes locales causadas por cada fracción sucesiva del axón para alcanzar el potencial umbral.<br>• Las sinapsis son uniones entre neuronas y entre las neuronas y las células receptoras o las efectoras.<br>• Cuando se despolarizan las neuronas presinápticas, estas liberan un neurotransmisor en la sinapsis.<br>• Un impulso nervioso se inicia únicamente si se alcanza el potencial umbral. | **Utilización:**<br>• La comprensión de los mecanismos de actuación de los neurotransmisores y de las sinapsis ha llevado al desarrollo de numerosos fármacos para el tratamiento de desórdenes mentales.<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 1.4: Transporte de membrana<br>Química<br>Tema C6: Electroquímica, baterías recargables y pilas de combustible<br>Psicología<br>Temas troncales: Nivel análisis biológico<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 8:** Podrían considerarse los efectos sociales del abuso de las drogas psicoactivas, como podría ser el uso de la neurotoxina *Botox* para tratamientos cosméticos. |

| 6.5 Neuronas y sinapsis | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Secreción y reabsorción de acetilcolina por parte de las neuronas en las sinapsis.<br>• Aplicación: Bloqueo de transmisión sináptica en las sinapsis colinérgicas en insectos mediante la unión de pesticidas neonicotinoides en los receptores de acetilcolina.<br>• Habilidad: Análisis de señales de osciloscopio donde se puedan observar potenciales de reposo y potenciales de acción.<br>**Orientación:**<br>• No se requieren detalles de la estructura de distintos tipos de neuronas.<br>• Solo se requieren las sinapsis químicas, no las eléctricas, y estas pueden denominarse simplemente “sinapsis”. | |

**Idea fundamental:** Las hormonas se emplean cuando hace falta una amplia distribución de las señales.

| 6.6 Hormonas, homeostasis y reproducción | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Las mejoras en los aparatos conllevan avances en la investigación científica: William Harvey vio dificultada su investigación basada en la observación de la reproducción por falta de equipamiento. El microscopio se inventó 17 años después de su muerte. (1.8) | |
| **Comprensión:**<br>• Las células β y α del páncreas segregan insulina y glucagón respectivamente, con el fin de controlar la concentración de glucosa en sangre.<br>• La glándula tiroides segrega tiroxina para regular la tasa metabólica y ayudar a controlar la temperatura corporal.<br>• Ciertas células del tejido adiposo segregan leptina, la cual actúa sobre el hipotálamo del cerebro para inhibir el apetito.<br>• La epífisis o glándula pineal segrega melatonina para controlar los ritmos circadianos.<br>• Un gen en el cromosoma Y es responsable de que las gónadas embrionarias se desarrollen como testículos y segreguen testosterona.<br>• La testosterona causa un desarrollo prenatal de los genitales masculinos, así como la producción de espermatozoides y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios durante la pubertad.<br>• Los estrógenos y la progesterona causan un desarrollo prenatal de los órganos reproductores femeninos y los caracteres sexuales secundarios durante la pubertad.<br>• El ciclo menstrual es controlado mediante mecanismos de retroalimentación negativa y positiva, con la intervención de las hormonas ováricas y pituitarias. | **Utilización:**<br>• Las hormonas se usan en distintas terapias tales como las terapias de reemplazo.<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 3.2: Cromosomas<br>Tema 3.3: Meiosis<br>Tema 10.1: Meiosis<br>Psicología<br>Temas troncales: Nivel de análisis biológico<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 8:** Los científicos son conscientes de que los fármacos que toman las mujeres en los tratamientos de fertilidad implican riesgos potenciales para la salud. ¿Debería el conocimiento científico dejar de lado las consideraciones de tipo compasivo en el tratamiento de parejas infértiles? |

| 6.6 Hormonas, homeostasis y reproducción | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Causas y tratamiento de las diabetes de tipo I y de tipo II.<br>• Aplicación: Análisis de leptina en pacientes con obesidad clínica y razones para el fallo de control de la enfermedad.<br>• Aplicación: Causas del "jet lag" y uso de melatonina para aliviarlo.<br>• Aplicación: Uso de fármacos en la fertilización *in vitro* para suspender la secreción normal de hormonas, seguido del uso de dosis artificiales de hormonas para inducir una superovulación y lograr un embarazo.<br>• Aplicación: Investigación de William Harvey de la reproducción sexual en ciervos.<br>• Habilidad: Anotar diagramas del sistema reproductor masculino y femenino donde se indiquen los nombres de las estructuras y sus funciones.<br>**Orientación:**<br>• Se requiere conocer las funciones de la FSH, la LH, los estrógenos y la progesterona en el ciclo menstrual.<br>• William Harvey no logró resolver el misterio de la reproducción sexual por no disponer de microscopios eficaces en la época en que realizó sus investigaciones, por lo que la fusión de gametos y el posterior desarrollo embrionario permaneció sin descubrir. | |

# Tema 7: Ácidos nucleicos

9 horas

**Idea fundamental:** La estructura del ADN se adapta de forma ideal a su función.

## 7.1 Estructura y replicación del ADN

**Naturaleza de la ciencia:**

Realización atenta de observaciones: la difracción de rayos X de Rosalind Franklin proporcionó pruebas cruciales de que el ADN es una doble hélice. (1.8)

**Comprensión:**

- Los nucleosomas ayudan al superenrollamiento del ADN.
- La estructura del ADN sugería un mecanismo para la replicación de ADN.
- Las ADN polimerasas solo pueden añadir nucleótidos al extremo 3′ de un cebador.
- La replicación del ADN es continua en la cadena conductora o adelantada y discontinua en la cadena discontinua o retardada.
- La replicación del ADN es llevada a cabo por un complejo sistema de enzimas.
- Algunas regiones del ADN no codifican para la síntesis de proteínas pero tienen otras importantes funciones.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Investigación de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins de la estructura del ADN mediante el uso de difracción con rayos X.
- Aplicación: Uso de nucleótidos que contienen ácido didesoxiribonucleico con el fin de detener la replicación del ADN en la preparación de muestras para la secuenciación de bases.
- Aplicación: En el análisis de ADN se usan repeticiones en tándem.

**Teoría del Conocimiento:**

- Las secuencias altamente repetitivas fueron una vez categorizadas como "ADN basura", ya que existía una considerable presunción de que no tenían ninguna función. ¿En qué grado afectan las "etiquetas" y categorías usadas en la búsqueda del conocimiento a esos mismos conocimientos que obtenemos?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.6: Estructura del ADN y el ARN

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Los alumnos podrían diseñar modelos para ilustrar las etapas de replicación del ADN.

| 7.1 Estructura y replicación del ADN | |
|---|---|
| • Habilidad: Análisis de los resultados del experimento de Hershey y Chase que proporciona pruebas de que el ADN es el material genético.<br>• Habilidad: Utilización de software de visualización molecular para analizar la asociación entre proteína y ADN dentro de un nucleosoma.<br>**Orientación:**<br>• Los detalles de la replicación del ADN difieren entre los procariotas y los eucariotas. Solo se requiere el sistema procariótico.<br>• Entre las proteínas y enzimas implicadas en la replicación del ADN deben incluirse la helicasa, la ADN girasa, las proteínas de unión de cadena simple, la ADN primasa y las ADN polimerasas I y III.<br>• Las regiones del ADN que no codifican la síntesis de proteínas deben limitarse a los reguladores de la expresión génica, los intrones, los telómeros y los genes para los ARNt. | |

**Idea fundamental:** La información almacenada en forma de código en el ADN se copia en el ARNm.

## 7.2 Transcripción y expresión génica

**Naturaleza de la ciencia:**

Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: cada vez hay más evidencias de que el medio ambiente puede desencadenar cambios hereditarios en factores epigenéticos. (3.1)

**Comprensión:**

- La transcripción se da en el sentido 5′ - 3′.
- Los nucleosomas ayudan a regular la transcripción en eucariotas.
- Las células eucarióticas modifican el ARNm tras la transcripción.
- El empalme o unión del ARNm aumenta el número de proteínas diferentes que puede producir un organismo.
- La expresión génica es regulada por proteínas que se unen a secuencias de bases específicas del ADN.
- El medio ambiente de una célula y de un organismo influyen sobre la expresión génica.

**Aplicación y habilidades:**

- Aplicación: El promotor como ejemplo de ADN no codificante con una función.
- Habilidad: Análisis de cambios en los patrones de metilación del ADN.

**Orientación:**

- La ARN polimerasa añade el extremo 5′ del nucleótido de ARN libre al extremo 3′ de la molécula de ARNm en crecimiento.

**Teoría del Conocimiento:**

- Todavía continúa el debate acerca de la importancia relativa de las cualidades innatas de un individuo frente a las cualidades adquiridas a través de diferentes experiencias. ¿Es importante para la ciencia intentar responder esta cuestión?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.7: Replicación, transcripción y traducción del ADN

**Idea fundamental:** La información transferida del ADN al ARNm se traduce en una secuencia de aminoácidos.

| 7.3 Traducción | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>El progreso en la informática trae consigo el progreso en la investigación científica: el uso de computadores ha permitido a los científicos avanzar en el campo de las aplicaciones bioinformáticas, como por ejemplo en la localización de genes dentro de los genomas o la identificación de secuencias conservadas. (3.7) | |
| **Comprensión:**<br>• La iniciación de la traducción implica la agregación de los componentes que llevan a cabo el proceso.<br>• La síntesis del polipéptido implica un ciclo repetitivo de eventos.<br>• Tras concluir la traducción se produce la disgregación de los componentes.<br>• Los ribosomas libres sintetizan proteínas principalmente para su uso en el interior de la célula.<br>• Los ribosomas ligados sintetizan proteínas fundamentalmente para su secreción o para su uso en lisosomas.<br>• La traducción puede producirse inmediatamente tras la transcripción en procariotas, debido a la ausencia de una membrana nuclear.<br>• La secuencia y el número de aminoácidos en el polipéptido constituye la estructura primaria.<br>• La estructura secundaria consiste en la formación de hélices alfa y hojas plegadas beta, estabilizadas por puentes de hidrógeno.<br>• La estructura terciaria consiste en el plegado adicional del polipéptido estabilizado mediante interacciones entre los grupos R.<br>• La estructura cuaternaria se da en proteínas con más de una cadena polipeptídica. | **Utilización:**<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 2.7: Replicación, transcripción y traducción del ADN<br>Opción B: Biotecnología y bioinformática |

| 7.3 Traducción | |
|---|---|
| **Aplicación y habilidades:**<br>• Aplicación: Las enzimas activadoras del ARNt ilustran la especificidad enzima-sustrato y la función de la fosforilación.<br>• Habilidad: Identificación de polisomas en micrografías electrónicas de procariotas y eucariotas.<br>• Habilidad: Uso de software de visualización molecular para analizar la estructura de los ribosomas eucarióticos y una molécula de ARNt.<br>**Orientación:**<br>• Se requieren los nombres de los sitios de unión del ARNt, así como sus funciones.<br>• No se requieren ejemplos de los codones de inicio y terminación.<br>• Los aminoácidos polares y apolares son pertinentes para los enlaces formados entre los grupos R.<br>• La estructura cuaternaria puede implicar la unión de un grupo prostético para formar una proteína conjugada. | |

# Tema 8: Metabolismo, respiración celular y fotosíntesis — 14 horas

**Idea fundamental:** Las reacciones metabólicas son reguladas en respuesta a las necesidades de la célula.

## 8.1 Metabolismo

**Naturaleza de la ciencia:**

El progreso en la informática trae consigo el progreso en la investigación científica: los avances en bioinformática, tales como la consulta de bases de datos, han facilitado la investigación de las rutas metabólicas. (3.8)

**Comprensión:**

- Las rutas metabólicas consisten en series y ciclos de reacciones catalizadas por enzimas.
- Las enzimas reducen la energía de activación de las reacciones químicas que catalizan.
- Los inhibidores enzimáticos pueden ser competitivos o no competitivos.
- Las rutas metabólicas pueden ser controladas mediante una inhibición de los productos finales.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Inhibición de los productos finales de la ruta que convierte la treonina en isoleucina.
- Aplicación: Uso de bases de datos para identificar nuevos fármacos potenciales contra la malaria.

**Teoría del Conocimiento:**

- Se han descrito muchas rutas metabólicas como resultado de toda una serie de experimentos cuidadosamente controlados y repetidos. ¿En qué grado puede la observación de componentes parciales proporcionarnos un conocimiento de la totalidad?

**Utilización:**

- En medicina se han utilizado muchos inhibidores enzimáticos. Por ejemplo, el etanol se ha usado para que actúe como inhibidor competitivo en caso de envenenamiento con anticongelante.
- El fomepizol, que es un inhibidor del alcohol deshidrogenasa, también se ha usado en caso de envenenamiento con anticongelante.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.7: Replicación, transcripción y traducción del ADN
Química
Tema 6.1: Teoría de las colisiones y velocidades de reacción

| 8.1 Metabolismo | |
|---|---|
| • Habilidad: Cálculo y dibujo de tasas de reacción a partir de resultados experimentales brutos.<br>• Habilidad: Distinción entre diferentes tipos de inhibición de gráficas con una concentración de sustrato especificada.<br>**Orientación:**<br>• La inhibición enzimática debe estudiarse usando un ejemplo específico de inhibición competitiva y otro de inhibición no competitiva. | **Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 6:** Se pueden realizar experimentos sobre inhibición enzimática.<br>• **Objetivo 7:** Hay disponibles simulaciones por computador sobre cómo se realiza la acción enzimática, incluida la inhibición metabólica. |

**Idea fundamental:** En la respiración celular, la energía se convierte en una forma utilizable.

## 8.2 Respiración celular

**Naturaleza de la ciencia:**

Cambio de paradigma: la teoría quimiosmótica produjo un cambio de paradigma en el campo de la bioenergética. (2.3)

**Comprensión:**

- La respiración celular implica la oxidación y la reducción de los transportadores de electrones.
- La fosforilación de moléculas hace que éstas sean menos estables.
- En la glicólisis la glucosa se convierte en piruvato dentro del citoplasma.
- La glicólisis proporciona una pequeña ganancia neta de ATP, sin que se requiera oxígeno.
- En la respiración celular aeróbica el piruvato se descarboxila, se oxida y se convierte en un compuesto acetilado que se une la coenzima A para formar acetil coenzima A en la descarboxilación oxidativa.
- En el ciclo de Krebs, la oxidación de los grupos acetilo está acoplada a la reducción de los transportadores de iones hidrógeno, y libera dióxido de carbono.
- La energía liberada por las reacciones de oxidación es conducida a las crestas de las mitocondrias por el NAD y el FAD reducidos.
- La transferencia de electrones entre los transportadores en la cadena de transporte de electrones en la membrana de las crestas está acoplada al bombeo de protones.
- En la quimiosmosis, los protones se difunden a través de una ATP sintasa para generar ATP.
- El oxígeno es necesario para unirse a los protones libres para mantener el gradiente de hidrógeno, lo que culmina en la formación de agua.
- La estructura de la mitocondria está adaptada a la función que desempeña.

**Teoría del Conocimiento:**

- La teoría quimiosmótica de Peter Mitchell fue objeto de oposición durante años, hasta que finalmente fue aceptada. ¿Por qué razones la refutación no siempre deriva en una aceptación inmediata de nuevas teorías o en un cambio de paradigma?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.8: Respiración celular
Química
Tema 9.1: Oxidación y reducción

| 8.2 Respiración celular | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Tomografía electrónica empleada para obtener imágenes de mitocondrias activas.<br>• Habilidad: Análisis de diagramas de las rutas de la respiración aeróbica para deducir dónde se producen las reacciones de descarboxilación y de oxidación.<br>• Habilidad: Anotación de un diagrama de una mitocondria para indicar las adaptaciones a su función.<br>**Orientación:**<br>• No se requieren los nombres de los compuestos intermedios en la glicólisis y en el ciclo de Krebs. | |

**Idea fundamental:** La energía lumínica se transforma en energía química.

## 8.3 Fotosíntesis

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: las fuentes de $^{14}C$ y la autorradiografía permitieron a Calvin esclarecer las rutas de la fijación del carbono. (1.8)

**Comprensión:**

- Las reacciones dependientes de la luz tienen lugar en las membranas tilacoidales y el espacio entre ellas.
- Las reacciones independientes de la luz tienen lugar en el estroma.
- El NADP reducido y el ATP se producen en las reacciones dependientes de la luz.
- La absorción de luz por los fotosistemas genera electrones excitados.
- La fotolisis del agua genera electrones disponibles para su uso en las reacciones dependientes de la luz.
- La transferencia de electrones excitados se produce entre los transportadores en las membranas tilacoidales.
- Los electrones excitados del fotosistema II se usan para contribuir a generar un gradiente de protones.
- La ATP sintasa de los tilacoides genera ATP usando el gradiente de protones.
- Los electrones excitados del fotosistema I se usan para reducir el NADP.
- En las reacciones independientes de la luz una carboxilasa cataliza la carboxilación de la ribulosa difosfato.
- El 3 fosfoglicerato se reduce a triosa-fosfato usando NADP reducido y ATP.
- La triosa-fosfato se usa para regenerar la RuBP y producir glúcidos.
- La ribulosa difosfato se regenera usando ATP.
- La estructura del cloroplasto está adaptada a la función que desempeña en la fotosíntesis.

**Teoría del Conocimiento:**

- El experimento con un aparato que incluía un matraz con forma circular aplastada utilizado para resolver los detalles bioquímicos del ciclo de Calvin demuestra una gran creatividad. ¿En qué grado la creación de un protocolo o procedimiento elegante se asemeja a la creación de una obra de arte?

**Utilización:**

- El proyecto "Global Artificial Photosynthesis" o "GAP" (fotosíntesis artificial global") tiene como objetivo crear una "hoja" artificial en los próximos diez años. Ya se ha creado una versión electrónica de la hoja, la cual crea oxígeno e hidrógeno a partir de agua y de la luz solar. Esta continuará desarrollándose para ser utilizada en la próxima década.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.9: Fotosíntesis
Tema 4.2: Flujo de energía
Tema 4.3: Ciclo del carbono
Química
Tema 9.1: Oxidación y reducción

| 8.3 Fotosíntesis | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Experimento de Calvin para dilucidar la carboxilación de la RuBP.<br>• Habilidad: Anotación de un diagrama para indicar las adaptaciones de un cloroplasto a su función. | **Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 6:** Pueden utilizarse los siguientes experimentos: el método de Hill que demuestra la transferencia de electrones en cloroplastos mediante la observación de la reducción de DCPIP, la inmovilización de un cultivo de un alga (como p. ej. *Scenedesmus*) en cápsulas de alginato o la medición de la tasa de fotosíntesis mediante el control de su efecto sobre el indicador de hidrogenocarbonato. |

# Tema 9: Biología vegetal — 13 horas

**Idea fundamental:** La estructura y la función están correlacionadas en el xilema de las plantas.

## 9.1 Transporte en el xilema de las plantas

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de modelos como representaciones del mundo real: se pueden investigar los mecanismos implicados en el transporte de agua en el xilema mediante el uso de aparatos y materiales que presenten similitudes estructurales con los tejidos vegetales. (1.10)

**Comprensión:**

- La transpiración es la consecuencia inevitable del intercambio de gases en la hoja.
- Las plantas transportan agua desde las raíces hasta las hojas para reemplazar las pérdidas causadas por transpiración.
- La propiedad cohesiva del agua y la estructura de los vasos del xilema permiten el transporte bajo tensión.
- La propiedad adhesiva del agua y la evaporación generan fuerzas de tensión en las paredes celulares de las hojas.
- La captación activa de iones minerales en las raíces causa la absorción de agua por ósmosis.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Adaptaciones de las plantas en los desiertos y en suelos salinos para conservar el agua.
- Aplicación: Modelos de transporte hídrico en el xilema realizados a partir de aparatos sencillos, tales como papel secante o papel de filtro, vasijas de material poroso y tubos capilares.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.2: Agua
Temas 2.9 y 8.3: Fotosíntesis

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** La introducción del software de procesamiento de imágenes y los microscopios digitales aumentan aún más la capacidad de recopilar más datos que garanticen una mayor fiabilidad.
- **Objetivo 6:** Algunos experimentos posibles son: medición de aperturas estomatales y distribución de estomas a través de vaciados o negativos de hojas, incluidas las mediciones repetidas para aumentar la fiabilidad.

| 9.1 Transporte en el xilema de las plantas | |
|---|---|
| • Habilidad: Dibujo de la estructura de los vasos del xilema primario en secciones de tallos sobre la base de imágenes de microscopio.<br>• Habilidad: Medición de las tasas de transpiración mediante el uso de potómetros (trabajo práctico 7).<br>• Habilidad: Diseño de un experimento para comprobar las hipótesis acerca del efecto de la temperatura o la humedad sobre las tasas de transpiración. | |

**Idea fundamental:** La estructura y la función están correlacionadas en el floema de las plantas.

## 9.2 Transporte en el floema de las plantas

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: los métodos experimentales para la medición de las tasas de transporte por el floema a través de estiletes de áfidos y dióxido de carbono marcado radiactivamente solo fueron posibles una vez los radioisótopos estuvieron disponibles. (1.8)

**Comprensión:**

- Las plantas transportan compuestos orgánicos desde las estructuras de origen hasta las de destino.
- La incapacidad de compresión del agua permite su transporte a lo largo de gradientes de presión hidrostática.
- El transporte activo se emplea para acarrear los compuestos orgánicos en los tubos cribados del floema en la estructura de origen.
- Las altas concentraciones de solutos en el floema en la estructura de origen causa la absorción de agua por ósmosis.
- La presión hidrostática provocada hace que el contenido del floema fluya hacia las estructuras de destino.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Relaciones entre estructura y función de los tubos cribados del floema.
- Habilidad: Identificación del xilema y del floema en imágenes de microscopio correspondientes a tallos y raíces.
- Habilidad: Análisis de datos de experimentos de medición de las tasas de transporte en el floema a través de estiletes de áfidos y dióxido de carbono marcado radiactivamente.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 1.4: Transporte de membrana

**Idea fundamental:** Las plantas adaptan su crecimiento a las condiciones ambientales.

## 9.3 Crecimiento de las plantas

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en los métodos de análisis y deducción conllevan avances en la investigación científica: las mejoras en las técnicas analíticas que permiten la detección de cantidades residuales o trazas de sustancias han conducido a avances en la comprensión de las hormonas vegetales y de sus efectos sobre la expresión génica. (1.8)

**Comprensión:**

- Las células indiferenciadas de los meristemos de las plantas permiten un crecimiento indeterminado.
- La mitosis y la división celular en el brote apical proporcionan las células requeridas para la extensión del tallo y el desarrollo de las hojas.
- Las hormonas vegetales controlan el crecimiento en el brote apical.
- Los brotes de las plantas responden al medio ambiente mediante tropismos.
- Las bombas de flujo de auxina pueden establecer gradientes de concentración de auxinas en el tejido vegetal.
- Las auxinas influyen en las tasas de crecimiento celular mediante la modificación del patrón de expresión génica.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Micropropagación de plantas mediante tejidos del brote apical, geles de agar con nutrientes y hormonas de crecimiento.
- Aplicación: Uso de la micropropagación para la multiplicación rápida de nuevas variedades, la producción de cepas libres de virus de variedades existentes y la propagación de orquídeas y otras especies raras.

**Orientación:**

- Las auxinas son el único tipo de hormonas vegetales concreto que se requiere.

**Teoría del Conocimiento:**

- Las plantas se comunican químicamente, tanto a nivel interno como externo. ¿En qué grado puede decirse que las plantas disponen de un lenguaje?

**Utilización:**

- La micropropagación se usa para una rápida multiplicación de nuevas variedades de una planta.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 3.5: Modificación genética y biotecnología

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Podrían realizarse investigaciones sobre distintos tropismos.

**Idea fundamental:** Los medios biótico y abiótico influyen sobre la reproducción en las plantas con flores.

## 9.4 Reproducción de las plantas

**Naturaleza de la ciencia:**

Cambio de paradigma: más del 85% de las 250.000 especie de plantas con flores del mundo depende de los polinizadores para la reproducción. Este conocimiento ha llevado a proteger ecosistemas enteros, en lugar de especies individuales. (2.3)

**Comprensión:**

- La floración implica un cambio en la expresión génica en el brote apical.
- El cambio al estado de floración es una respuesta a la duración de los períodos de luz y sombra en muchas plantas.
- El éxito en la reproducción de las plantas depende de la polinización, la fertilización y la dispersión de semillas.
- La mayoría de las plantas con flores tienen relaciones de mutualismo con polinizadores para su reproducción sexual.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Métodos usados para inducir la floración en plantas de fotoperíodo corto fuera de temporada.
- Habilidad: Dibujo de la estructura interna de las semillas.
- Habilidad: Dibujo de vistas de secciones de flores polinizadas por animales.
- Habilidad: Diseño de experimentos para comprobar hipótesis sobre los factores que afectan a la germinación.

**Orientación:**

- Los alumnos deben comprender las diferencias entre la polinización, la fertilización y la dispersión de semillas. Sin embargo, no se requiere que conozcan los detalles de cada proceso.
- La floración de las denominadas “plantas de fotoperíodo corto”, tales como los crisantemos, es estimulada por las noches largas y no por los días cortos.

**Utilización:**

- En el año 2005 la universidad alemana de Göttingen llevó a cabo una exhaustiva revisión de los estudios científicos de 200 países sobre los 115 cultivos globales más importantes. En dicha investigación se determinó que 87 de las plantas de cultivo dependen en cierto grado de la polinización animal, incluidas las abejas. Ello supone un tercio de la producción global de todos los cultivos.

# Tema 10: Genética y evolución

8 horas

**Idea fundamental:** La meiosis causa una transmisión independiente de los cromosomas y una composición única de los alelos en las células hijas.

## 10.1 Meiosis

**Naturaleza de la ciencia:**

Realización atenta de observaciones: la ley de Mendel de la transmisión independiente no podía explicar los datos anómalos obtenidos a partir de observaciones y un registro cuidadosos. Thomas Hunt Morgan desarrolló la noción de genes ligados para explicar las anomalías. (1.8)

**Comprensión:**

- Los cromosomas se replican en la interfase, antes de que tenga lugar la meiosis.
- El sobrecruzamiento es el intercambio de material de ADN entre las cromátidas homólogas no hermanas.
- El sobrecruzamiento produce nuevas combinaciones de alelos en los cromosomas de células haploides.
- La formación de quiasmas entre cromátidas no hermanas puede causar un intercambio de alelos.
- Los cromosomas homólogos se separan en la meiosis I.
- Las cromátidas hermanas se separan en la meiosis II.
- La transmisión independiente de genes se debe a la orientación aleatoria de los pares de cromosomas homólogos en la meiosis I.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Habilidad: Dibujo de diagramas que muestren los quiasmas formados por sobrecruzamiento.

**Orientación:**

- Los diagramas de quiasmas deben mostrar las cromátidas hermanas aún estrechamente alineadas, salvo en el punto en el que se produce el sobrecruzamiento y donde se ha formado un quiasma.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:

Biología
Tema 1.6: División celular
Tema 3.3: Meiosis
Tema 11.4: Reproducción sexual

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Actividades que pueden realizarse: tinción de anteras de lirio u otro tejido que contenga células de líneas germinales; examen donde se utilice el microscopio para observar células en meiosis.

**Idea fundamental:** Los genes pueden estar ligados o desligados y esto afecta la manera en que se heredan.

## 10.2 Herencia

**Naturaleza de la ciencia:**

Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: Mendel utilizó observaciones del mundo natural para encontrar y explicar patrones y tendencias. Desde entonces, los científicos han buscado discrepancias y se han hecho preguntas basadas en otras observaciones para hallar excepciones a las reglas. Por ejemplo, Morgan descubrió proporciones no mendelianas en sus experimentos con *Drosophila*. (3.1)

**Comprensión:**

- Se dice que los *loci* de los genes están ligados si se encuentran en el mismo cromosoma.
- Los genes no ligados se segregan de forma independiente como resultado de la meiosis.
- La variación puede ser discreta o continua.
- Los fenotipos de los caracteres poligénicos tienden a mostrar una variación continua.
- La prueba de chi-cuadrado se utiliza para determinar si la diferencia entre la distribución de frecuencia observada y la esperada es significativa estadísticamente.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Descubrimiento de Morgan de las proporciones no mendelianas en *Drosophila*.
- Aplicación: Compleción y análisis de cuadros de Punnett para caracteres dihíbridos.
- Aplicación: Los rasgos poligénicos, tales como la altura en los seres humanos, también pueden estar influidos por factores ambientales.

**Teoría del Conocimiento:**

- Al considerar los genes ligados rápidamente se encontraron excepciones a la ley de la transmisión independiente. ¿Cuál es la diferencia entre una ley y una teoría en ciencia?

**Utilización:**

- La comprensión de la herencia permitió a los ganaderos realizar una cría selectiva de su ganado, en busca de características específicas.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 3.4: Herencia

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 4:** Uso de habilidades analíticas para resolver cruzamientos genéticos.
- **Objetivo 8:** La prevención de la herencia de desórdenes genéticos suscita cuestiones éticas.

| 10.2 Herencia | |
|---|---|
| • Habilidad: Cálculo de las frecuencias genotípicas y fenotípicas predichas de la descendencia de cruzamientos dihíbridos que implican genes autosómicos no ligados.<br>• Habilidad: Identificación de recombinantes en cruzamientos que implican dos genes ligados.<br>• Habilidad: Uso de una prueba de chi-cuadrado en datos de cruzamientos dihíbridos.<br>**Orientación:**<br>• Los alelos normalmente se indican emparejados en los cruzamientos dihíbridos (por ejemplo, TtBb). Al representar cruzamientos que implican genes ligados, es más frecuente mostrarlos como pares verticales, como por ejemplo:<br>$\frac{TB}{tb}$<br>• Este formato se utilizará en los exámenes o bien se dará suficiente información a los alumnos como para que estos puedan deducir qué alelos están ligados. | |

**Idea fundamental:** Los acervos génicos experimentan variaciones a lo largo del tiempo.

## 10.3 Acervos génicos y especiación

**Naturaleza de la ciencia:**

Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: los patrones en el número de cromosomas de algunos géneros se pueden explicar mediante la especiación por poliploidía. (3.1)

**Comprensión:**

- Un acervo génico consiste en todos los genes y sus diferentes alelos presentes en una población donde sus miembros son capaces de reproducirse entre sí.
- La evolución requiere que todas las frecuencias alélicas varíen con el paso del tiempo en las distintas poblaciones.
- El aislamiento reproductivo de las poblaciones puede ser temporal, conductual o geográfico.
- La especiación debida a la divergencia de poblaciones aisladas puede ser gradual.
- La especiación puede producirse de forma abrupta.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Identificación de ejemplos de selección direccional, estabilizante y disruptiva.
- Aplicación: Especiación en el género *Allium* por poliploidía.
- Habilidad: Comparación de las frecuencias alélicas de poblaciones aisladas geográficamente.

**Orientación:**

- El equilibrio puntuado implica unos largos períodos sin variaciones apreciables y cortos períodos de rápida evolución.

**Teoría del Conocimiento:**

- Durante mucho tiempo se consideró el equilibrio puntuado como una teoría alternativa de la evolución y un desafío para el paradigma bien establecido del gradualismo darwiniano. ¿Cómo se producen los cambios de paradigma en la ciencia y qué factores deben estar presentes para que ocurran?

**Utilización:**

- Se han creado muchas especies de cultivo para que sean poliploides. La poliploidía aumenta la diversidad alélica y permite que se generen fenotipos novedosos. También conduce a un vigor híbrido.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 5.1: Pruebas de la evolución

# Tema 11: Fisiología animal

16 horas

**Idea fundamental:** La inmunidad se basa en el reconocimiento de la materia del propio cuerpo y la destrucción de la materia que le es extraña.

## 11.1 Producción de anticuerpos y vacunación

**Naturaleza de la ciencia:**

Consideración de las implicaciones éticas de la investigación: Jenner probó su vacuna contra la viruela en un niño. (4.5)

**Comprensión:**

- Cada organismo cuenta con moléculas únicas en la superficie de sus células.
- Los patógenos pueden ser específicos de la especie, aunque otros pueden superar las barreras entre especies.
- En los mamíferos, los linfocitos T activan a los linfocitos B.
- Las células B activadas se multiplican para formar clones de células plasmáticas y células de memoria.
- Las células plasmáticas segregan anticuerpos.
- Los anticuerpos ayudan a destruir a los patógenos.
- Los leucocitos liberan histamina en respuesta a los alergenos.
- Las histaminas causan síntomas alérgicos.
- La inmunidad depende de la persistencia de las células de memoria.
- Las vacunas contienen antígenos que desencadenan la inmunidad, pero que no causan la enfermedad.
- La fusión de una célula tumoral con una célula plasmática productora de anticuerpos crea una célula hibridoma.
- Los anticuerpos monoclonales son producidos por células hibridomas.

**Mentalidad internacional:**

- La Organización Mundial de la Salud inició en 1967 la campaña para la erradicación global de la viruela. La campaña se consideró culminada con éxito en 1977, solo 10 años después.

**Utilización:**

- Las vacunas humanas se producen a menudo usando las respuestas inmunes de otros animales.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 6.3: Defensa contra las enfermedades infecciosas
Tema 11.4: Reproducción sexual
Geografía
Parte 2F: La geografía de la alimentación y la salud

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** Uso de bases de datos para analizar datos epidemiológicos.

| 11.1 Producción de anticuerpos y vacunación | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: La viruela fue la primera enfermedad infecciosa de los seres humanos que fue erradicada mediante vacunación.<br>• Aplicación: En los kits de pruebas de embarazo se utilizan los anticuerpos monoclonales para HCG.<br>• Aplicación: Los antígenos que hay en la superficie de los glóbulos rojos estimulan la producción de anticuerpos en una persona con un grupo sanguíneo diferente.<br>• Habilidad: Análisis de los datos epidemiológicos relacionados con los programas de vacunación.<br>**Orientación:**<br>• Limitar la respuesta inmune a los mamíferos. | |

**Idea fundamental:** Las funciones del sistema músculo-esquelético son el movimiento, el soporte y la protección.

## 11.2 Movimiento

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: los iones de calcio fluorescentes se han usado para estudiar las interacciones cíclicas en la contracción muscular. (1.8)

**Comprensión:**

- Los huesos y los exoesqueletos proporcionan anclaje a los músculos y actúan como palancas.
- Las articulaciones sinoviales permiten determinados movimientos, pero no otros.
- El movimiento del cuerpo requiere que los músculos actúen por parejas antagonistas.
- Las fibras de músculo esquelético son multinucleadas y contienen un retículo endoplasmático especializado.
- Las fibras musculares contienen muchas miofibrillas.
- Cada miofibrilla está formada por sarcómeros contráctiles.
- La contracción del músculo esquelético se logra mediante el deslizamiento de los filamentos de actina y miosina.
- Para que se deslicen los filamentos es necesaria la hidrólisis de ATP y la formación de puentes cruzados.
- Los iones de calcio y las proteínas tropomiosina y troponina controlan las contracciones musculares.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Pares de músculos antagonistas en la pata de un insecto.
- Habilidad: Anotación de un diagrama del codo humano.

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** Uso de registradores de datos de la fuerza de agarre para evaluar la fatiga muscular.
- **Objetivo 7:** Uso de animaciones para visualizar la contracción.

| 11.2 Movimiento | |
|---|---|
| • Habilidad: Dibujo de diagramas rotulados de la estructura de un sarcómero.<br>• Habilidad: Análisis de micrografías electrónicas para determinar el estado de contracción de las fibras musculares.<br>**Orientación:**<br>• El diagrama del codo debe incluir el cartílago, el líquido sinovial, la cápsula articular, los huesos concretos y los músculos antagonistas concretos.<br>• Al dibujar diagramas rotulados de la estructura de un sarcómero, deben incluirse las líneas Z, los filamentos de actina, los filamentos de miosina con sus cabezas y las bandas claras y oscuras resultantes.<br>• La medición de la longitud de los sarcómeros requiere la calibración de la escala del ocular del microscopio. | |

**Idea fundamental:** Todos los animales excretan productos de desecho nitrogenados y algunos animales también equilibran el agua y las concentraciones de solutos.

## 11.3 El riñón y la osmorregulación

**Naturaleza de la ciencia:**

Curiosidad acerca de fenómenos particulares: se han realizado investigaciones para determinar cómo evitan los animales del desierto la pérdida de agua en sus productos de desecho. (1.5)

**Comprensión:**

- Los animales siguen estrategias de osmorregulación o de osmoconformación.
- El sistema de túbulos de Malpighi en insectos y el riñón llevan a cabo la osmorregulación y la eliminación de productos de desecho nitrogenados.
- La composición de la sangre en la arteria renal es diferente de la que hay en la vena renal.
- La ultraestructura del glomérulo y de la cápsula de Bowman facilita la ultrafiltración.
- El túbulo contorneado proximal reabsorbe selectivamente las sustancias útiles mediante transporte activo.
- El asa de Henle mantiene las condiciones hipertónicas en la médula renal.
- La ADH controla la reabsorción del agua en el conducto colector.
- La longitud del asa de Henle tiene una correlación positiva con la necesidad de conservación de agua en los animales.
- El tipo de producto de desecho nitrogenado guarda correlación con la historia evolutiva y el hábitat.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Consecuencias de la deshidratación y la sobrehidratación.
- Aplicación: Tratamiento del fallo renal mediante hemodiálisis o trasplante de riñón.

**Utilización:**

- Eliminación de piedras del riñón mediante tratamiento por ultrasonido.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 1.3: Estructura de las membranas
Tema 1.4: Transporte de membrana

| 11.3 El riñón y la osmorregulación | |
|---|---|
| • Aplicación: En las pruebas urinarias se detectan células sanguíneas, glucosa, proteínas y drogas o fármacos.<br>• Habilidad: Dibujo y rotulación de un diagrama del riñón humano.<br>• Habilidad: Anotación de diagramas de la nefrona.<br>**Orientación:**<br>• Se empleará preferentemente ADH en lugar de vasopresina.<br>• El diagrama de la nefrona debe incluir el glomérulo, la cápsula de Bowman, el túbulo contorneado proximal, el asa de Henle y el túbulo contorneado distal; también debe incluirse la relación entre la nefrona y el conducto colector. | |

**Idea fundamental:** La reproducción sexual implica el desarrollo y la fusión de gametos haploides.

| 11.4 Reproducción sexual | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Evaluación de riesgos y beneficios asociados a la investigación científica: los riesgos para la fertilidad masculina humana no fueron convenientemente evaluados antes de liberarse al medio ambiente esteroides relacionados con la progesterona y los estrógenos como resultado del uso de la píldora anticonceptiva femenina. (4.8) | |
| **Comprensión:**<br>• Tanto la espermatogénesis como la ovogénesis implican meiosis, crecimiento celular, dos divisiones meióticas y diferenciación celular.<br>• Los procesos de la espermatogénesis y la ovogénesis originan diferentes números de gametos con diferentes cantidades de citoplasma.<br>• La fertilización en los animales puede ser interna o externa.<br>• La fertilización implica mecanismos que impiden la polispermia.<br>• La implantación del blastocisto en el endometrio es esencial para la continuación del embarazo.<br>• La HCG estimula al ovario para que éste segregue progesterona durante la primera fase del embarazo.<br>• La placenta facilita el intercambio de materiales entre la madre y el feto.<br>• Los estrógenos y la progesterona son segregados por la placenta una vez que ésta se ha desarrollado.<br>• En el nacimiento se da una retroalimentación positiva que incluye a los estrógenos y a la oxitocina. | **Utilización:**<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 3.3: Meiosis<br>Tema 6.6: Hormonas, homeostasis y reproducción<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 8:** Controversias sobre la responsabilidad con respecto a los embriones humanos congelados. |

| 11.4 Reproducción sexual | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Se puede confrontar la gestación media de 38 semanas en seres humanos con respecto a otros mamíferos en una gráfica en la que se represente la correlación entre el tamaño de un animal y el desarrollo de la cría en el momento del nacimiento.<br>• Habilidad: Anotación de diagramas del túbulo seminífero y del ovario donde se representen las etapas de la gametogénesis.<br>• Habilidad: Anotación de diagramas de un espermatozoide y un óvulo maduros para indicar sus funciones.<br>**Orientación:**<br>• La fertilización implica la reacción acrosómica, la fusión de la membrana plasmática del óvulo y del espermatozoide y la reacción cortical. | |

# Temas troncales

**Idea fundamental:** La modificación de las neuronas comienza en las primeras etapas de la embriogénesis y continúa hasta los últimos años de vida.

## A.1 Desarrollo neurológico

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de modelos como representaciones del mundo real: la neurociencia del desarrollo emplea distintos modelos animales. (1.10)

**Comprensión:**

- El tubo neural de los cordados embrionarios se forma por un repliegue del ectodermo, seguido por una elongación del tubo.
- Las neuronas se producen inicialmente mediante diferenciación en el tubo neural.
- Las neuronas inmaduras emigran a su ubicación final.
- Un axón crece desde cada una de las neuronas inmaduras en respuesta a estímulos químicos.
- Algunos axones se extienden más allá del tubo neural hasta alcanzar otras partes del cuerpo.
- Una neurona en desarrollo forma múltiples sinapsis.
- Las sinapsis que no se usan no persisten.
- La pérdida neural implica la eliminación de neuronas sin usar.
- La plasticidad del sistema nervioso permite la modificación de éste en base a la experiencia.

**Mentalidad internacional:**

- Las experiencias culturales, entre ellas la adquisición de un lenguaje, causan la pérdida neural.

**Utilización:**

- Se ha avanzado en la investigación sobre el crecimiento del tejido nervioso para la regeneración de tejido en pacientes con lesiones de la médula espinal.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 6.5: Neuronas y sinapsis

| A.1 Desarrollo neurológico | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Un cierre incompleto del tubo neural embrionario puede causar espina bífida.<br>• Aplicación: Sucesos tales como traumatismos pueden promover la reorganización de la función cerebral.<br>• Habilidad: Anotación de un diagrama de tejidos embrionarios en *Xenopus*, usado como un modelo animal durante la neurulación.<br>**Orientación:**<br>• No se requiere la terminología relacionada con las áreas cerebrales embrionarias o con las divisiones del sistema nervioso. | |

**Idea fundamental:** Las partes del cerebro se especializan en diferentes funciones.

| A.2 El cerebro humano | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Uso de modelos como representaciones del mundo real: el homúnculo sensorial y el homúnculo motor son modelos del espacio relativo que ocupan las partes del cuerpo humano en la corteza somatosensorial y en la corteza motora. (1.10) | |
| **Comprensión:**<br>• La parte anterior del tubo neural se expande para formar el cerebro.<br>• Las distintas partes del cerebro tienen funciones específicas.<br>• El sistema nervioso autónomo controla los procesos involuntarios del cuerpo usando centros localizados principalmente en el tronco encefálico.<br>• La corteza cerebral forma una mayor proporción del cerebro y está mucho más desarrollada en los seres humanos que en otros animales.<br>• La corteza cerebral humana ha ido creciendo, fundamentalmente por un aumento de la superficie total, con un amplio plegamiento para acomodarse al interior del cráneo.<br>• Los hemisferios cerebrales son responsables de las funciones de orden superior.<br>• El hemisferio cerebral izquierdo recibe estímulos sensoriales desde los receptores sensoriales que hay en el lado derecho del cuerpo y el lado derecho del campo visual de ambos ojos, y viceversa con respecto al hemisferio derecho.<br>• El hemisferio cerebral izquierdo controla la contracción muscular del lado derecho del cuerpo, y viceversa con respecto al hemisferio derecho.<br>• El metabolismo del cerebro requiere grandes entradas de energía. | **Mentalidad internacional:**<br>• La definición de qué implica estar vivo varía según la cultura y las leyes locales y nacionales.<br>**Teoría del Conocimiento:**<br>• En medicina el concepto de la muerte se define en términos de la función cerebral, aunque algunas veces puede haber conflictos cuando los criterios médicos sobre la muerte difieren de los criterios de los familiares de un paciente. ¿En qué grado deben tener prioridad los puntos de vista de los miembros familiares a la hora de tomar decisiones que afecten a la ética médica? ¿Qué criterios deben usarse para adoptar decisiones éticas?<br>**Utilización:**<br>• El síndrome de Angelman es una afección heredada genéticamente que se diagnostica a partir de patrones anormales característicos en un electroencefalograma. |

| A.2 El cerebro humano | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Consideración de la corteza visual, el área de Broca y el núcleo accumbens como áreas del cerebro con funciones específicas.<br>• Aplicación: La deglución, la respiración y el ritmo cardíaco como ejemplos de actividades coordinadas por el bulbo raquídeo.<br>• Aplicación: Uso del reflejo pupilar para evaluar el daño cerebral.<br>• Aplicación: Uso de experimentos con animales, autopsias, lesiones y fMRI (imagen por resonancia magnética funcional) para identificar las funciones de las distintas partes del cerebro.<br>• Habilidad: Identificación de partes del cerebro en una fotografía, un diagrama o una imagen de escáner del cerebro.<br>• Habilidad: Análisis de las correlaciones entre el tamaño corporal y el tamaño cerebral en distintos animales.<br>**Orientación:**<br>• La imagen del cerebro debe incluir el bulbo raquídeo, el cerebelo, el hipotálamo, la hipófisis (glándula pituitaria) y los hemisferios cerebrales.<br>• Aunque se pueden atribuir funciones específicas a determinadas áreas, las imágenes del cerebro muestran que algunas actividades corresponden a muchas áreas y que el cerebro puede incluso reorganizarse como consecuencia de una perturbación tal como un traumatismo. | |

**Idea fundamental:** Los organismos vivos son capaces de detectar cambios en el medio ambiente.

## A.3 Percepción de estímulos

**Naturaleza de la ciencia:**

La comprensión de la ciencia subyacente es la base para los avances tecnológicos: el descubrimiento de que la estimulación eléctrica en el sistema auditivo puede crear una percepción del sonido dio lugar al desarrollo de los audífonos eléctricos y, en última instancia, a implantes cocleares. (1.2)

**Comprensión:**

- Los receptores detectan cambios en el medio ambiente.
- Los conos y bastoncillos son fotorreceptores situados en la retina.
- Los conos y bastoncillos difieren en su sensibilidad a las intensidades lumínicas y a las longitudes de onda.
- Las células bipolares envían impulsos desde los conos y bastoncillos hasta las células ganglionares.
- Las células ganglionares envían mensajes al cerebro a través del nervio óptico.
- La información del campo de visión derecho de ambos ojos se transmite a la parte izquierda de la corteza visual y viceversa.
- Las estructuras que hay en el oído medio transmiten y amplifican el sonido.
- Los pelos sensoriales de la cóclea detectan los sonidos de longitudes de onda específicas.
- Los impulsos causados por la percepción del sonido se transmiten hasta el cerebro a través del nervio auditivo.
- Las células pilosas de los canales semicirculares detectan el movimiento de la cabeza.

- **Teoría del Conocimiento:**
  Otros organismos pueden detectar estímulos que los seres humanos no pueden. Por ejemplo, algunos animales polinizadores pueden detectar la radiación electromagnética en el espectro no visible. En consecuencia, pueden darse cuenta si la superficie de una flor es heterogénea cuando nosotros la percibimos como homogénea. En consecuencia, ¿en qué grado es lo que percibimos una mera elaboración individual de la realidad?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 3.4: Herencia
Física
Tema 4.2: Ondas progresivas

| A.3 Percepción de estímulos | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: El daltonismo (dificultad para distinguir los colores rojo y verde) como una variante de la visión tricromática normal.<br>• Aplicación: Detección de sustancias químicas en el aire por medio de los muchos receptores olfativos diferentes.<br>• Aplicación: Uso de implantes cocleares en pacientes sordos.<br>• Habilidad: Rotulación de un diagrama de la estructura del ojo humano.<br>• Habilidad: Anotación de un diagrama de la retina en el que se muestren los tipos de células y la dirección en la que se desplaza la luz.<br>• Habilidad: Rotulación de un diagrama de la estructura del oído humano.<br>**Orientación:**<br>• Los receptores sensoriales humanos deben incluir los mecanorreceptores, los quimiorreceptores, los termorreceptores y los fotorreceptores.<br>• El diagrama del ojo humano debe incluir la esclerótica, la córnea, la conjuntiva, el párpado, la coroides, el humor acuoso, la pupila, el cristalino, el iris, el humor vítreo, la retina, la fóvea, el nervio óptico y el punto ciego.<br>• El diagrama de la retina debe incluir los conos y bastoncillos, las neuronas bipolares y las células ganglionares.<br>• El diagrama del oído debe incluir el pabellón auricular, el tímpano, los huesecillos del oído medio, la ventana oval, la ventana redonda, los canales semicirculares, el nervio auditivo y la cóclea. | |

# Temas adicionales del Nivel Superior

**Idea fundamental:** Los patrones de comportamiento pueden ser heredados o aprendidos.

## A.4 Comportamiento innato y aprendido

**Naturaleza de la ciencia:**

Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias: los experimentos de laboratorio y las investigaciones de campo han ayudado a comprender los distintos tipos de comportamiento y aprendizaje. (3.1)

**Comprensión:**

- El comportamiento innato se hereda de los progenitores y se desarrolla como tal, con independencia del medio ambiente.
- Las respuestas autónomas e involuntarias se denominan reflejos.
- Los arcos reflejos abarcan a las neuronas que hacen de intermediarias de los reflejos.
- El condicionamiento reflejo implica la formación de nuevas asociaciones.
- El comportamiento aprendido se desarrolla como resultado de la experiencia.
- La impronta es el aprendizaje que se produce en una etapa concreta de la vida y es independiente de las consecuencias del comportamiento.
- El condicionamiento operante es una forma de aprendizaje que consiste en las experiencias de ensayo y error.
- El aprendizaje consiste en la adquisición de habilidades o conocimientos.
- La memoria es el proceso de codificación y almacenamiento de la información y de acceso a ésta.

**Teoría del Conocimiento:**

- No nos resulta difícil suponer cómo el comportamiento de un animal puede influir en sus probabilidades de sobrevivir y reproducirse. ¿Es la intuición un punto de partida válido para los científicos?

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 7:** Registro de datos usando un sensor de electrocardiograma (ECG) para analizar los reflejos neuromusculares.
- **Objetivo 8:** Experimentos con animales: implicaciones de las políticas actuales de la ciencia experimental en los experimentos de Pavlov.

| A.4 Comportamiento innato y aprendido | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Reflejo de retirada de la mano ante un estímulo doloroso.<br>• Aplicación: Experimentos de Pavlov sobre condicionamiento reflejo en perros.<br>• Aplicación: El papel de la herencia y el aprendizaje en el desarrollo del canto de las aves.<br>• Habilidad: Análisis de datos de experimentos sobre comportamiento de invertebrados en lo que se refiere al efecto sobre las probabilidades de supervivencia y reproducción.<br>• Habilidad: Dibujo y rotulación de un diagrama del arco reflejo de un reflejo de retirada del dolor.<br>**Orientación:**<br>• El dibujo de un arco reflejo debe incluir la célula receptora, la neurona sensorial, la neurona transmisora, la neurona motora y el efector. | |

**Idea fundamental:** La comunicación entre las neuronas se puede alterar mediante la manipulación de los mensajeros químicos de transmisión y recepción.

## A.5 Neurofarmacología

**Naturaleza de la ciencia:**

Evaluación de riesgos asociados a la investigación científica: los defensores de los pacientes a menudo serán partidarios de acelerar los procesos de aprobación del uso de fármacos, lo que implica el fomento de una mayor tolerancia ante los riesgos. (4.5)

**Comprensión:**

- Algunos neurotransmisores excitan los impulsos nerviosos en las neuronas postsinápticas, en tanto que otros los inhiben.
- Los impulsos nerviosos se inician o se inhiben en las neuronas postsinápticas como resultado de la suma de todos los neurotransmisores excitadores e inhibidores recibidos de las neuronas presinápticas.
- Muchos neurotransmisores de acción lenta diferentes modulan la transmisión sináptica rápida en el cerebro.
- La memoria y el aprendizaje implican cambios en las neuronas causados por neurotransmisores de acción lenta.
- Las drogas psicoactivas afectan al cerebro, ya sea aumentando o reduciendo la transmisión postsináptica.
- Los anestésicos actúan interfiriendo la transmisión neuronal entre las áreas de percepción sensorial y el sistema nervioso central (SNC).
- Las drogas estimulantes imitan la estimulación proporcionada por el sistema nervioso simpático.
- La adicción puede estar influenciada por la predisposición genética, el entorno social y la secreción de dopamina.

**Mentalidad internacional:**

- Las actitudes antes las drogas y el uso de éstas difieren a nivel global. Hay muchas culturas que usan drogas para intensificar rituales o experiencias religiosas.

**Utilización:**

- Muchas drogas psicoactivas han sido empleadas terapéuticamente para tratar diversas afecciones mentales y distintos desórdenes psicológicos.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Química
Opción D: Química medicinal
Tema D1: Acción de los productos farmacéuticos y las drogas
Tema D3: Opiáceos
Psicología
Temas troncales: Nivel de análisis biológico

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Podrían considerarse las consecuencias sociales de las drogas psicoactivas para el usuario, su familia y la sociedad en general.

| A.5 Neurofarmacología | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Efectos sobre el sistema nervioso de dos estimulantes y dos sedantes.<br>• Aplicación: Efecto de los anestésicos sobre el estado de conciencia.<br>• Aplicación: Las endorfinas pueden actuar como analgésicos.<br>• Habilidad: Evaluación de los datos que muestran el efecto de la MDMA (éxtasis) sobre el metabolismo de la serotonina y de la dopamina en el cerebro.<br>**Orientación:**<br>• Ejemplos de estimulantes son la nicotina, la cocaína o las anfetaminas.<br>• Ejemplos de sedantes son las benzodiacepinas, el alcohol o el tetrahidrocannabinol (THC). | |

**Idea fundamental:** La selección natural favorece tipos específicos de comportamiento.

| A.6 Etología | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Comprobación de una hipótesis: se han llevado a cabo experimentos para comprobar las hipótesis sobre el comportamiento migratorio de las currucas. (1.9) | |
| **Comprensión:**<br>• La etología es el estudio del comportamiento animal en condiciones naturales.<br>• La selección natural puede modificar la frecuencia del comportamiento animal observado.<br>• El comportamiento que aumenta las probabilidades de supervivencia y reproducción llegará a prevalecer más en una población.<br>• El comportamiento aprendido puede propagarse en una población o perderse en ésta más rápidamente que el comportamiento innato.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Comportamiento migratorio de las currucas como un ejemplo de la base genética del comportamiento y su modificación por selección natural.<br>• Aplicación: Compartición de sangre entre murciélagos vampiros como un ejemplo de desarrollo de comportamiento altruista por selección natural.<br>• Aplicación: Comportamiento de búsqueda de alimento en cangrejos del litoral como ejemplo de una mayor probabilidad de supervivencia por una elección óptima de la presa.<br>• Aplicación: Estrategias de alimentación de las poblaciones de salmones plateados, como ejemplo de comportamiento que afecta a las probabilidades de supervivencia y reproducción.<br>• Aplicación: Cortejo en aves del paraíso como ejemplo de selección de pareja. | **Teoría del Conocimiento:**<br>• Los cuentos de animales de Rudyard Kipling (“Just So Stories “) son explicaciones del comportamiento animal en forma literaria. ¿Cuáles son las características de una explicación científica en contraposición con una explicación histórica o literaria?<br>**Utilizaciones:**<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 5.2: Selección natural |

| A.6 Etología | |
|---|---|
| • Aplicación: Sincronización del estro en leonas en una manada como ejemplo de comportamiento innato que aumenta las probabilidades de supervivencia y reproducción de la descendencia.<br>• Aplicación: Alimentación de herrerillos a base de la nata de leche embotellada como ejemplo de desarrollo y pérdida del comportamiento aprendido.<br>**Orientación:**<br>• Las sietes aplicaciones de este subtema se han concebido para reforzar la comprensión de los principios generales. Las aplicaciones incluyen toda una serie de tipos de comportamiento y de animales. Si fuera posible deberían estudiarse también otros ejemplos, incluidos ejemplos locales observables. | |

# Temas troncales

**Idea fundamental:** Los microorganismos se pueden usar y modificar para llevar a cabo procesos industriales.

## B.1 Microbiología: organismos en la industria

**Naturaleza de la ciencia:**

La serendipia (descubrimiento o hallazgo afortunado e inesperado) ha conducido a descubrimientos científicos: el descubrimiento de la penicilina por parte de Alexander Fleming puede considerarse un suceso azaroso. (1.4)

**Comprensión:**

- Los microorganismos presentan una gran diversidad metabólica.
- Muchos microorganismos tienen pueden utilizarse en la industria debido a su pequeño tamaño y a su rápida velocidad de crecimiento.
- La ingeniería de rutas metabólicas optimiza los procesos genéticos y regulatorios que tienen lugar en los microorganismos.
- La ingeniería de rutas metabólicas es utilizada en la industria para producir metabolitos de interés.
- Los fermentadores permiten una producción a gran escala de metabolitos por parte de microorganismos.
- La fermentación se lleva a cabo por lotes o mediante un cultivo continuo.
- Los microorganismos presentes en los fermentadores se ven limitados por sus propios productos de desecho.
- Se emplean sondas para controlar las condiciones dentro de los fermentadores.
- Las condiciones se mantienen en niveles óptimos para el crecimiento de los microorganismos cultivados.

**Teoría del Conocimiento:**

- Alexander Fleming descubrió la penicilina en Inglaterra en 1928, en una placa petri que iba a ser desechada. ¿En qué medida fue el descubrimiento del Dr. Fleming una observación afortunada? ¿O solo percibimos únicamente aquello para lo cual estamos abiertos?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 2.1: Moléculas para el metabolismo
Tema 4.3: Ciclo del carbono
Tema 6.3: Defensa contra las enfermedades infecciosas

| B.1 Microbiología: organismos en la industria | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Fermentación por lotes en tanques profundos para la producción a gran escala de penicilina.<br>• Aplicación: Producción de ácido cítrico en un fermentador continuo mediante *Aspergillus niger* y su uso como conservante y aromatizante.<br>• Aplicación: En fermentadores se produce biogás mediante bacterias y arqueas (arqueobacterias) a partir de materia orgánica.<br>• Habilidad: Tinción de Gram de bacterias Gram positivas y Gram negativas.<br>• Habilidad: Experimentos que muestren la zona de inhibición del crecimiento bacteriano mediante bactericidas en cultivos bacterianos estériles.<br>• Habilidad: Producción de biogás en un fermentador a pequeña escala. | |

**Idea fundamental:** Los cultivos pueden modificarse para aumentar el rendimiento y obtener productos novedosos.

| B.2 Biotecnología en agricultura | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br><br>Evaluación de riesgos y beneficios asociados a la investigación científica: los científicos deben evaluar la posibilidad de que los genes de resistencia a los herbicidas puedan propagarse a las poblaciones silvestres. (4.8) | |
| **Comprensión:**<br><br>• Los organismos transgénicos producen proteínas que no formaban parte previamente del proteoma de su especie.<br>• La modificación genética puede usarse para superar la resistencia ambiental con el fin de aumentar las producciones de los cultivos.<br>• Las plantas de cultivo modificadas genéticamente pueden usarse para obtener productos novedosos.<br>• La bioinformática desempeña un papel importante en la identificación de los genes objetivo.<br>• El gen objetivo está ligado a otras secuencias que controlan su expresión.<br>• Un marco abierto de lectura es una longitud significativa del ADN desde un codón de inicio hasta un codón de terminación.<br>• Los genes marcadores se usan para indicar una captación satisfactoria.<br>• El ADN recombinante debe insertarse en la célula vegetal y ser captado por su ADN cromosómico o su ADN del cloroplasto.<br>• El ADN recombinante puede introducirse en plantas enteras, en discos foliares o en protoplastos.<br>• El ADN recombinante se puede introducir por métodos directos físicos y químicos o indirectamente por medio de vectores. | **Utilización:**<br><br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 1.5: El origen de las células<br>Tema 3.5: Modificación genética y biotecnología<br>Sistemas Ambientales y Sociedades<br>Tema 5.2: Sistemas de producción de alimentos terrestres<br><br>**Objetivos generales:**<br><br>• **Objetivo 7:** Uso de la bioinformática para determinar las secuencias que deben modificarse.<br>• **Objetivo 8:** Hay implicaciones éticas y políticas en la introducción de la papa modificada genéticamente “Amflora” en Europa. |

| B.2 Biotecnología en agricultura | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Uso del plásmido inductor de tumores (Ti) del *Agrobacterium tumefaciens* para introducir resistencia al glifosato en cultivos de soja.<br>• Aplicación: Modificación genética del virus del mosaico del tabaco para permitir la producción masiva de vacunas de hepatitis B en plantas de tabaco.<br>• Aplicación: Producción de la papa "Amflora" (*Solanum tuberosum*) para industrias papeleras y de adhesivos.<br>• Habilidad: Evaluación de datos sobre el impacto ambiental de la soja tolerante al glifosato.<br>• Habilidad: Identificación de un marco abierto de lectura (ORF, siglas de Open Reading Frame).<br>**Orientación:**<br>• Una longitud significativa de ADN para un marco abierto de lectura contiene suficientes nucleótidos como para codificar una cadena polipeptídica.<br>• Limitar los métodos químicos de introducción de genes en plantas al cloruro de calcio y a los liposomas.<br>• Limitar los métodos físicos de introducción de genes en plantas a la electroporación, la microinyección y la biolística (disparo del gen).<br>• Limitar los vectores a *Agrobacterium tumefaciens* y al virus del mosaico del tabaco. | |

**Idea fundamental:** Se puede usar la biotecnología para prevenir y mitigar la contaminación de residuos industriales, agrícolas y urbanos.

## B.3 Protección ambiental

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: el uso de herramientas tales como el microscopio de exploración láser ha conducido a los investigadores a comprender más profundamente la estructura de las biopelículas. (1.8)

**Comprensión:**

- Las respuestas a los incidentes de contaminación implican técnicas de biorremediación combinados con procedimientos físicos y químicos.
- En la biorremediación se usan microorganismos.
- Algunos contaminantes son metabolizados por microorganismos.
- Los agregados cooperativos de microorganismos pueden formar biopelículas.
- Las biopelículas presentan propiedades emergentes.
- Los microorganismos que crecen en una biopelícula son altamente resistentes a los agentes antimicrobianos.
- Los microorganismos presentes en las biopelículas cooperan mediante la detección de quórum.
- Para la desinfección de sistemas acuáticos se usan bacteriófagos.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Degradación del benceno mediante bacterias halófilas, p. ej. *Marinobacter*.
- Aplicación: Degradación del petróleo mediante *Pseudomonas*.
- Aplicación: Conversión mediante *Pseudomonas* del metilmercurio en mercurio elemental.

**Mentalidad internacional:**

- Cuando se producen vertidos de petróleo, científicos de distintas partes del mundo trabajan conjuntamente para proteger el medio ambiente.

**Teoría del Conocimiento:**

- Las propiedades emergentes son el resultado de la interacción entre los elementos de un sistema. ¿En qué contexto resulta productivo para la ciencia un enfoque reduccionista y en qué contexto resulta problemático dicho enfoque?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 1: Biología celular
Química
Opción C2: Combustibles fósiles

Sistemas Ambientales y Sociedades
Tema 4.4: Contaminación del agua

Tema 6.3: Niebla contaminante fotoquímica

Tema 6.4: Deposición de ácidos

| B.3 Protección ambiental | |
|---|---|
| • Aplicación: Uso de biopelículas en lechos con filtros de goteo para el tratamiento de aguas residuales.<br>• Habilidad: Evaluación de datos o informes de los medios sobre problemas ambientales causados por biopelículas.<br>**Orientación:**<br>• Como ejemplos de problemas ambientales causados por biopelículas podrían incluirse la obstrucción y corrosión de tuberías, la transmisión de microorganismos en aguas de lastre o la contaminación de superficies en la producción de alimentos. | |

# Temas adicionales del Nivel Superior

**Idea fundamental:** La biotecnología puede emplearse para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades.

## B.4 Medicina

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras tecnológicas conllevan avances en la investigación científica: la innovación en tecnología ha permitido a los científicos diagnosticar y tratar enfermedades. (1.8)

**Comprensión:**

- La infección causada por un patógeno puede detectarse mediante la presencia de su material genético o sus antígenos.
- La predisposición a una enfermedad genética puede detectarse mediante la presencia de marcadores.
- Se pueden usar chips de ADN para comprobar la predisposición genética o para diagnosticar enfermedades.
- Los metabolitos que indican la enfermedad en cuestión pueden detectarse en sangre y en orina.
- Los experimentos de rastreo de trazas se usan para obtener información acerca de la localización e interacción de la proteína deseada.
- En *biopharming* (obtención mediante transgenia, generalmente de substancias de interés farmacéutico), se emplean plantas y animales modificados genéticamente para producir proteínas con fines terapéuticos.
- En terapia génica se pueden usar vectores virales.

**Teoría del Conocimiento:**

- En todo el mundo se han producido casos de personas fallecidas como consecuencia de haber participado en un protocolo de investigación de terapia génica. ¿Cómo se adopta la decisión de intervenir en procedimientos no exentos de riesgos?

  ¿Cuál es el nivel aceptable de riesgo que debe permitir la inclusión de seres humanos en una investigación científica?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 3.5: Modificación genética y biotecnología
Tema 6.3: Defensa contra las enfermedades infecciosas
Tema 11.1: Producción de anticuerpos y vacunación

| B.4 Medicina | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Uso de la PCR para detectar distintas cepas del virus de la gripe.<br>• Aplicación: Rastreo de células tumorales mediante transferina ligada a sondas luminiscentes.<br>• Aplicación: Uso de técnicas de *biopharming* para obtención de antitrombina.<br>• Aplicación: Uso de vectores virales en el tratamiento de inmunodeficiencia combinada grave (SCID).<br>• Habilidad: Análisis de un chip (microarray) simple.<br>• Habilidad: Interpretación de los resultados de una prueba diagnóstica ELISA. | |

**Idea fundamental:** La bioinformática consiste en el uso de computadores para analizar secuencias de datos en investigaciones biológicas.

| B.5 Bioinformática | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Cooperación y colaboración entre grupos de científicos: las bases de datos en Internet facilitan a los científicos acceso libre a la información. (4.3) | |
| **Comprensión:**<br>• Las bases de datos facilitan a los científicos un sencillo acceso a la información.<br>• El cuerpo de los datos almacenados en las bases de datos aumenta exponencialmente.<br>• Las búsquedas con software BLAST pueden identificar secuencias similares en organismos diferentes.<br>• La función de los genes puede estudiarse usando organismos modelo con secuencias similares.<br>• El software de alineamiento de secuencias permite comparar secuencias de distintos organismos.<br>• El software BLASTn permite un alineamiento de secuencias de nucleótidos, mientras que el software BLASTp permite una alineación de proteínas.<br>• Se pueden realizar búsquedas en las bases de datos para comparar secuencias recién identificadas con secuencias que tienen funciones conocidas en otros organismos.<br>• El alineamiento de secuencias múltiples se usa en estudios de filogenética.<br>• Un EST es un marcador de secuencia expresada que se puede usar para identificar genes potenciales. | **Teoría del Conocimiento:**<br>• Las afirmaciones de conocimiento que se justifican haciendo referencia a bases de datos suscitan preguntas de conocimiento únicas. ¿Qué grado de fiabilidad tienen las afirmaciones de conocimiento que se justifican haciendo referencia a fuentes de datos desarrolladas con distintos propósitos por diferentes investigadores usando distintos métodos?<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 6:** Podría investigarse un alineamiento de secuencias de proteínas relacionadas, tales como la hemoglobina y la mioglobina. |

| B.5 Bioinformática | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Uso de tecnología de bloqueo de genes (*gene knockout*) en ratones para determinar la función del gen.<br>• Aplicación: Descubrimiento de genes mediante prospección de datos EST.<br>• Habilidad: Exploración del cromosoma 21 en bases de datos (por ejemplo en Ensembl).<br>• Habilidad: Uso de software para alinear dos proteínas.<br>• Habilidad: Uso de software para elaborar cladogramas y filogramas sencillos de organismos relacionados usando secuencias de ADN. | |

# Temas troncales

**Idea fundamental:** La estructura de la comunidad es una propiedad emergente de un ecosistema.

## C.1 Especies y comunidades

**Naturaleza de la ciencia:**

Uso de modelos como representaciones del mundo real: los gráficos de zonas de estrés y límites de tolerancia son modelos del mundo real que tienen un valor predictivo y explican la estructura de la comunidad. (1.10)

**Comprensión:**

- Los factores limitantes afectan a la distribución de las especies.
- La estructura de la comunidad puede verse muy afectada por especies clave.
- Cada especie desempeña una función única dentro de una comunidad, debido a la combinación única de su hábitat espacial y a las interacciones con otras especies.
- Las interacciones entre las especies de una comunidad se pueden clasificar en base a sus efectos.
- Dos especies no pueden sobrevivir indefinidamente en el mismo hábitat si sus nichos son idénticos.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Distribución de una especie animal y una especie vegetal para ilustrar los límites de tolerancia y las zonas de estrés.
- Aplicación: Ejemplos locales para ilustrar la variedad de maneras mediante las cuales las especies pueden interactuar dentro de una comunidad.

**Teoría del Conocimiento:**

- Cuando los estudios implican amplias áreas geográficas o con un tiempo disponible limitado, se toman muestras aleatorias. ¿Es el muestreo al azar una herramienta útil para los científicos a pesar de la posibilidad de que exista un sesgo?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Geografía
Parte 2C: Ambientes extremos

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 6:** Podrían investigarse factores que influyan sobre el herbivorismo.

| C.1 Especies y comunidades | |
|---|---|
| • Aplicación: Relación simbiótica entre *Zooxanthellae* y especies de corales formadores de arrecifes.<br>• Habilidad: Análisis de un conjunto de datos que ilustre la distinción entre nicho fundamental y nicho realizado.<br>• Habilidad: Uso de un transecto para correlacionar la distribución de una especie vegetal o animal con una variable abiótica. | |

**Idea fundamental:** Los cambios en la estructura de la comunidad afectan a los organismos y se ven afectados por ellos.

| C.2 Comunidades y ecosistemas | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Uso de modelos como representaciones del mundo real: las pirámides de energía modelizan el flujo de energía a través de los ecosistemas. (1.10) | |
| **Comprensión:**<br>• La mayoría de las especies ocupan distintos niveles tróficos en múltiples cadenas tróficas.<br>• Una red trófica representa todas las posibles cadenas alimenticias existentes en una comunidad.<br>• El porcentaje de la energía ingerida convertida en biomasa depende de la tasa de respiración.<br>• El tipo de ecosistema estable que emergerá en un área puede predecirse en base al clima.<br>• En ecosistemas cerrados la energía, pero no la materia, se intercambia con el entorno.<br>• Las perturbaciones influyen en la estructura y en la tasa de cambio dentro de los ecosistemas.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: La relación de conversión en prácticas sustentables de producción de alimentos.<br>• Aplicación: Consideración de un ejemplo de cómo los seres humanos interfieren en el ciclo de nutrientes.<br>• Habilidad: Comparación de pirámides de energía de distintos ecosistemas.<br>• Habilidad: Análisis de un climograma donde se represente la relación entre la temperatura y las precipitaciones con el tipo de ecosistema. | **Teoría del Conocimiento:**<br>• ¿Existen realmente las entidades reflejadas en los modelos de los científicos, como por ejemplo los niveles tróficos o los diagramas de Gersmehl, o son más bien invenciones útiles que permiten predecir y explicar el mundo natural?<br>**Utilización:**<br>• Los poiquilotermos (animales que tienen una temperatura corporal variable) son productores de proteínas más eficaces que los homeotermos (animales que mantienen una temperatura corporal regulada), dado que los primeros tienen un mayor índice de conversión de alimentos en biomasa.<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 4.2: Flujo de energía |

| C.2 Comunidades y ecosistemas | |
|---|---|
| • Habilidad: Elaboración de diagramas de Gersmehl donde se muestren las interrelaciones entre reservas de nutrientes y flujos entre la taiga, el desierto y la pluvisilva tropical.<br>• Habilidad: Análisis de datos que muestren una sucesión primaria.<br>• Habilidad: Investigación del efecto de una perturbación ambiental sobre un ecosistema.<br>**Orientación:**<br>• Los ejemplos de aspectos a investigar en el ecosistema podrían ser, entre otros: diversidad de especies, ciclo de nutrientes, movimiento del agua, erosión e índice de superficie foliar. | |

**Idea fundamental:** Las actividades humanas tienen un impacto sobre el funcionamiento de los ecosistemas.

## C.3 Impacto humano en los ecosistemas

**Naturaleza de la ciencia:**

Evaluación de riesgos y beneficios asociados a la investigación científica: el uso del control biológico conlleva riesgos y requiere ser verificado mediante experimentos con un estricto control antes de su aprobación. (4.8)

**Comprensión:**

- Las especies alóctonas introducidas pueden escapar a los ecosistemas locales y convertirse en invasivas.
- La exclusión competitiva y la ausencia de depredadores puede conducir a la reducción en el número de especies endémicas cuando las especies alóctonas se vuelven invasivas.
- Los contaminantes se concentran en los tejidos de los organismos en los niveles tróficos superiores mediante biomagnificación.
- En los ambientes marinos se han acumulado residuos macroplásticos y microplásticos.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Estudio de la introducción de sapos gigantes en Australia y otro ejemplo local de introducción de una especie alóctona.
- Aplicación: Discusión de la compensación recíproca entre el control del parásito de la malaria y la contaminación por DDT.
- Aplicación: Estudio de caso del impacto de los residuos plásticos marinos sobre los albatros de Laysan y otra especie concreta.
- Habilidad: Análisis de datos que ilustren las causas y consecuencias de la biomagnificación.
- Habilidad: Evaluación de los programas de erradicación y del control biológico como medidas para reducir el impacto de las especies alóctonas.

**Mentalidad internacional:**

- Más de 100 países de todo el globo han acordado prohibir la producción de clorofluorocarbonos (CFC) para reducir la reducción de la capa de ozono.

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Muchos países desarrollados exportan residuos tóxicos a países menos desarrollados. ¿Es justa la compensación económica a cambio de recibir residuos peligrosos?

**Idea fundamental:** Se deben conservar comunidades enteras para preservar la biodiversidad.

## C.4 Conservación de la biodiversidad

**Naturaleza de la ciencia:**

Los científicos colaboran con otras agencias: la preservación de especies implica una cooperación internacional a través de organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales. (4.3)

**Comprensión:**

- Una especie indicadora es un organismo usado para evaluar una condición ambiental específica.
- Se pueden usar números relativos de especies indicadoras para calcular el valor de un índice biótico.
- La conservación *in situ* puede requerir una gestión activa de las reservas naturales o de los parques nacionales.
- La conservación *ex situ* se refiere a la conservación de las especies fuera de sus hábitats naturales.
- Los factores biogeográficos afectan a la diversidad de especies.
- La riqueza y la uniformidad son componentes de la biodiversidad.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Estudio de caso de cría en cautividad y reintroducción de una especie animal en peligro.
- Aplicación: Análisis del impacto de los factores biogeográficos sobre la diversidad, limitados al tamaño de la isla y los efectos de borde.
- Habilidad: Análisis de la biodiversidad de dos comunidades locales mediante el uso del índice recíproco de diversidad de Simpson.

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Los científicos con apoyo gubernamental dedican grandes esfuerzos para salvar a especies animales concretas. ¿Se pueden establecer criterios para justificar una jerarquía de valor de determinadas especies sobre otras?

| C.4 Conservación de la biodiversidad | |
|---|---|
| **Orientación:**<br>• La fórmula del índice recíproco de diversidad de Simpson es:<br>$D = \frac{N(N-1)}{\Sigma\, n(n-1)}$<br>• $D$= índice de diversidad, $N$= número total de organismos de todas las especies encontradas y $n$= número de individuos de una determinada especie. | |

# Temas adicionales del Nivel Superior

**Idea fundamental:** Los procesos biológicos dinámicos tienen un efecto sobre la densidad de la población y el crecimiento de ésta.

## C.5 Ecología de poblaciones

**Naturaleza de la ciencia:**

Evitar sesgos: un generador de números aleatorios ayuda a garantizar que el muestreo de la población esté libre de sesgos. (5.4)

**Comprensión:**

- Se emplean técnicas de muestreo para estimar el tamaño de la población.
- El patrón de crecimiento exponencial se da en un medio ambiente ideal sin límites.
- El crecimiento de la población se ralentiza conforme la población alcanza la capacidad de carga del medio ambiente.
- Las fases indicadas en la curva sigmoidal se pueden explicar en base a las tasas relativas de natalidad, mortalidad, inmigración y emigración.
- Los factores limitantes pueden operar de forma descendente o ascendente.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Evaluación de los métodos usados para estimar el tamaño de las reservas comerciales de los recursos marinos.
- Aplicación: Uso del método de captura-marcado-liberación-recaptura para estimar el tamaño de la población de una especie animal.
- Aplicación: Discusión del efecto de la natalidad, la mortalidad, la inmigración y la emigración sobre el tamaño de la población.

**Mentalidad internacional:**

- Las cuestiones suscitadas acerca del crecimiento global de la población humana tienen importancia internacional, independientemente de los diferentes índices de crecimiento de los distintos países.

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Geografía
Parte 1.1: Poblaciones en transición
Sistemas Ambientales y Sociedades
Tema 8.4: Capacidad de carga de la población humana

| C.5 Ecología de poblaciones | |
|---|---|
| • Aplicación: Análisis del efecto del tamaño de la población, la edad y el estado reproductivo sobre las prácticas de pesca sustentable.<br>• Aplicación: Control ascendente de proliferación de algas por escasez de nutrientes y control descendente por herbivorismo.<br>• Habilidad: Elaboración de un modelo de la curva de crecimiento a través de un organismo simple como por ejemplo una levadura o una especie de *Lemna*. | |

**Idea fundamental:** Los ciclos del suelo están sujetos a perturbaciones.

| C.6 Ciclos del nitrógeno y el fósforo | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Evaluación de riesgos y beneficios de la investigación científica: las prácticas agrícolas pueden perturbar el ciclo del fósforo. (4.8) | |
| **Comprensión:**<br>• Las bacterias fijadoras de nitrógeno convierten el nitrógeno atmosférico en amoníaco.<br>• El *Rhizobium* se asocia a raíces de plantas en una relación mutualista.<br>• Si no hay oxígeno, las bacterias desnitrificantes reducen el nitrato presente en el suelo.<br>• Se puede añadir fósforo al ciclo del fósforo mediante la aplicación de fertilizante o eliminarlo al realizar la cosecha de los cultivos agrícolas.<br>• La tasa de rotación en el ciclo del fósforo es mucho menor que en el ciclo del nitrógeno.<br>• La disponibilidad de fosfatos puede llegar a ser un factor limitante para la agricultura en el futuro.<br>• El lixiviado (lavado) de nutrientes minerales de las tierras agrícolas hasta los ríos causa una eutrofización y provoca una mayor demanda bioquímica de oxígeno.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Impacto de inundaciones de suelos sobre el ciclo del nitrógeno.<br>• Aplicación: Las plantas insectívoras como una adaptación a la baja disponibilidad de nitrógeno en suelos anegados de agua.<br>• Habilidad: Dibujo y rotulación de un diagrama del ciclo del nitrógeno.<br>• Habilidad: Evaluación del contenido de nutrientes de una muestra de suelo. | **Utilización:**<br>• Las rotaciones de cultivos permiten la renovación de los nutrientes del suelo y dejan a un área en “barbecho”. |

# Temas troncales

**Idea fundamental:** Una dieta equilibrada es fundamental para la salud humana.

## D.1 Nutrición humana

**Naturaleza de la ciencia:**

Refutación de teorías, donde una teoría es reemplazada por otra: se pensaba que el escorbuto era específico de los seres humanos, ya que fracasaron por completo los intentos de provocar los síntomas en ratas y ratones de laboratorio. (1.9)

**Comprensión:**

- Los nutrientes esenciales no pueden ser sintetizados por el cuerpo, por lo que deben incluirse en la dieta.
- Los minerales de la dieta son elementos químicos esenciales.
- Las vitaminas son compuestos de carbono de distinta naturaleza química que no pueden ser sintetizados por el cuerpo.
- Algunos ácidos grasos y algunos aminoácidos son esenciales.
- La falta de aminoácidos esenciales afecta a la producción de proteínas.
- La malnutrición puede estar causada por una deficiencia, un desequilibrio o un exceso de nutrientes en la dieta.
- El apetito es controlado por un centro localizado en el hipotálamo.
- Los individuos con sobrepeso tienen mayor probabilidad de sufrir hipertensión y diabetes de tipo II.
- La inanición puede provocar el deterioro de tejidos corporales.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Algunos mamíferos producen ácido ascórbico, pero otros no lo hacen, por este motivo estos últimos necesitan incorporarlo a su dieta.
- Aplicación: Causa y tratamiento de la fenilcetonuria (PKU).

**Mentalidad internacional:**

- El Sistema de Información Nutricional sobre Vitaminas y Minerales (VMNIS), antes denominado Sistema de Información sobre Carencias de Micronutrientes (MDIS), se estableció en 1991 como resultado de una propuesta de la Asamblea Mundial de la Salud para reforzar el control de las deficiencias de micronutrientes a nivel global.

**Teoría del Conocimiento:**

Hay efectos positivos de la exposición al sol, como por ejemplo la producción de vitamina D, así como riesgos para la salud asociados con la exposición a la radiación ultravioleta. ¿Cómo pueden equilibrarse estas afirmaciones de conocimiento contradictorias?

**Utilización:**

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 6.1: Digestión y absorción
Geografía
Parte 2F: La geografía de la alimentación y la salud
Química
Tema B.5: Vitaminas

| D.1 Nutrición humana | |
|---|---|
| • Aplicación: La falta de vitamina D o de calcio puede causar desmineralización de los huesos y causar raquitismo u osteomalacia.<br>• Aplicación: Atrofia del músculo cardíaco debido a anorexia.<br>• Aplicación: El colesterol en sangre como un indicador del riesgo de enfermedad cardíaca coronaria.<br>• Habilidad: Determinación del contenido energético de los alimentos por combustión.<br>• Habilidad: Uso de bases de datos del contenido nutricional de alimentos y de software adecuado para calcular la ingesta de nutrientes esenciales de una dieta diaria. | |

**Idea fundamental:** La digestión es controlada por mecanismos nerviosos y hormonales.

| D.2 Digestión | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>La serendipia (descubrimiento o hallazgo afortunado e inesperado) y los descubrimientos científicos: la función del ácido gástrico en la digestión fue establecida por William Beaumont mientras observaba el proceso de digestión en una herida abierta causada por un disparo. (1.4) | |
| **Comprensión:**<br>• Los mecanismos nerviosos y hormonales controlan la secreción de los jugos digestivos.<br>• Las glándulas exocrinas segregan hacia la superficie del cuerpo o hacia el interior o lumen del tracto digestivo.<br>• El volumen y el contenido de las secreciones gástricas son controlados por mecanismos nerviosos y hormonales.<br>• Las condiciones ácidas del estómago favorecen algunas reacciones hidrolíticas y ayudan a controlar los patógenos presentes en los alimentos ingeridos.<br>• La estructura de las células del epitelio de las microvellosidades está adaptada a la absorción de alimento.<br>• La velocidad de tránsito de la materia a través del intestino grueso es directamente proporcional a su contenido en fibra.<br>• La materia y las sustancias no absorbidas son excretadas.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Reducción de la secreción de ácido en el estómago mediante la acción de medicamentos inhibidores de la bomba de protones.<br>• Aplicación: Deshidratación por la toxina del cólera. | **Utilización:**<br>Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:<br>Biología<br>Tema 1.2: Ultraestructura de las células<br>Tema 6.5: Neuronas y sinapsis<br>Química<br>Tema D.4: Regulación del pH del estómago |

| D.2 Digestión | |
|---|---|
| • Aplicación: Infección por *Helicobacter pylori* como causa de las úlceras de estómago.<br>• Habilidad: Identificación de células de glándulas exocrinas que segregan jugos digestivos y de células epiteliales de las vellosidades que absorben los alimentos digeridos en micrografías electrónicas.<br>**Orientación:**<br>• Adaptación de células epiteliales con vellosidades, incluidas microvellosidades y mitocondrias. | |

**Idea fundamental:** La composición química de la sangre es regulada por el hígado.

| D.3 Funciones del hígado | |
|---|---|
| **Naturaleza de la ciencia:**<br>Educación de la sociedad acerca de las afirmaciones científicas: los estudios científicos han demostrado que la lipoproteína de alta densidad podría considerarse colesterol "bueno". (5.2) | |
| **Comprensión:**<br>• El hígado retira las toxinas de la sangre y elimina su toxicidad.<br>• El hígado recicla los componentes de los glóbulos rojos.<br>• La descomposición de los eritrocitos se inicia con la fagocitosis de los glóbulos rojos por parte de las células de Kupffer.<br>• El hierro es conducido a la médula ósea para producir hemoglobina en los nuevos glóbulos rojos.<br>• El exceso de colesterol se convierte en sales biliares.<br>• El retículo endoplasmático y el aparato de Golgi en los hepatocitos produce proteínas plasmáticas.<br>• El hígado intercepta la sangre del tracto digestivo para regular los niveles de nutrientes.<br>• Algunos nutrientes presentes en exceso pueden almacenarse en el hígado.<br>**Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Causas y consecuencias de la ictericia.<br>• Aplicación: Doble suministro de sangre al hígado y diferencias entre capilares y sinusoides hepáticos. | **Teoría del Conocimiento:**<br>• El consumo excesivo de alcohol puede causar cirrosis hepática. ¿Son las actitudes frente a las drogas y al alcohol un ejemplo de un elemento cultural? ¿Todo conocimiento depende de la cultura?<br>**Objetivos generales:**<br>• **Objetivo 6:** Se pueden realizar preparaciones provisionales para ver en el microscopio a partir de hígado fresco.<br>• **Objetivo 8:** Dada la gran demanda de recursos sanitarios, especialmente en lo relativo a la disponibilidad de órganos para trasplantes, ¿debería autorizarse un trasplante de hígado a un alcohólico? |

**Idea fundamental:** Sobre el funcionamiento del corazón influyen factores internos y externos.

## D.4 El corazón

**Naturaleza de la ciencia:**

Las mejoras en equipos y aparatos conllevan avances en la investigación científica: la invención del estetoscopio condujo a conocer más profundamente el funcionamiento del corazón. (1.8)

**Comprensión:**

- La estructura de las células musculares cardíacas permite la propagación de estímulos a través de la pared del corazón.
- Las señales procedentes del nódulo sinoauricular que causan la contracción no pueden ir directamente desde las aurículas hasta los ventrículos.
- Hay un retardo entre la llegada y el paso de un estímulo en el nódulo aurículoventricular.
- Este retardo deja tiempo para la sístole auricular antes de que se cierren las válvulas aurículoventriculares.
- Las fibras conductoras garantizan una contracción coordinada de toda la pared ventricular.
- Los sonidos normales del corazón están causados por el cierre de las válvulas aurículoventriculares y de las válvulas semilunares, lo que causa variaciones en el flujo sanguíneo.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Uso de marcapasos artificiales para regular el ritmo cardíaco.
- Aplicación: Uso de la desfibrilación para tratar estados cardíacos que implican peligro de muerte.
- Aplicación: Causas y consecuencias de la hipertensión y la trombosis.
- Habilidad: Medición e interpretación del ritmo cardíaco en distintas condiciones.

**Teoría del Conocimiento:**

- Los símbolos se usan como una forma de comunicación no verbal. ¿Por qué se usa el corazón como un símbolo del amor? ¿Cuál es la importancia de los símbolos en las distintas áreas de conocimiento?

| D.4 El corazón | |
|---|---|
| • Habilidad: Interpretación de las mediciones de presión sanguínea sistólica y diastólica.<br>• Habilidad: Representación gráfica del ciclo cardíaco con un trazado de electrocardiograma (ECG) normal.<br>• Habilidad: Análisis de datos epidemiológicos relativos a la incidencia de la enfermedad cardíaca coronaria.<br>**Orientación:**<br>• Incluir la ramificación y los discos intercalares en la estructura del músculo cardíaco. | |

# Temas adicionales del Nivel Superior

**Idea fundamental:** Las hormonas no se segregan a un ritmo uniforme y ejercen su efecto a bajas concentraciones.

## D.5 Hormonas y metabolismo

**Naturaleza de la ciencia:**

Cooperación y colaboración entre grupos de científicos: el Consejo Internacional de Lucha contra los Trastornos causados por la Carencia de Yodo reúne a científicos que trabajan para subsanar los daños causados por una deficiencia de yodo.

**Comprensión:**

- Las glándulas endocrinas segregan hormonas directamente al torrente sanguíneo.
- Las hormonas esteroideas se unen a proteínas receptoras del citoplasma de la célula objetivo para formar un complejo receptor-hormona.
- El complejo receptor-hormona promueve la transcripción de genes específicos.
- Las hormonas peptídicas se unen a receptores de la membrana plasmática de la célula objetivo.
- La unión de las hormonas a los receptores de membrana activa toda una secuencia en la que actúa de mediador un segundo mensajero en el interior de la célula.
- El hipotálamo controla la secreción de hormonas en los lóbulos anterior y posterior de la hipófisis (glándula pituitaria).
- Las hormonas segregadas por la hipófisis controlan el crecimiento, los cambios en el desarrollo, la reproducción y la homeostasis.

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Hay numerosos fármacos que permiten aumentar el rendimiento. ¿Es aceptable el uso de dichos fármacos en lo que se refiere a la realización de una competición justa, siempre y cuando todos los atletas puedan acceder a ellos de manera equitativa?

| D.5 Hormonas y metabolismo | |
|---|---|
| **Aplicaciones y habilidades:**<br>• Aplicación: Algunos atletas toman hormonas de crecimiento para desarrollar su musculatura.<br>• Aplicación: Control de la secreción de leche mediante la oxitocina y la prolactina. | |

**Idea fundamental:** Los glóbulos rojos son vitales para el transporte de los gases respiratorios.

## D.6 Transporte de los gases respiratorios

**Naturaleza de la ciencia:**

Los científicos tienen una función que desempeñar con respecto a brindar información a la sociedad: las investigaciones científicas han llevado a cambiar la percepción del hábito de fumar por parte de la sociedad. (5.1)

**Comprensión:**

- Las curvas de disociación de oxígeno muestran la afinidad de la hemoglobina con respecto al oxígeno.
- El dióxido de carbono se transporta disuelto y unido a la hemoglobina por la sangre.
- El dióxido de carbono se transforma en los glóbulos rojos en iones de bicarbonato.
- El efecto Bohr explica el incremento en la liberación de oxígeno por parte de la hemoglobina en los tejidos que respiran.
- Los quimiorreceptores son sensibles a las variaciones del pH sanguíneo.
- El centro de control de la respiración del bulbo raquídeo controla la tasa de ventilación.
- Durante el ejercicio la tasa de ventilación varía en respuesta a la cantidad de $CO_2$ en la sangre.
- La hemoglobina fetal es diferente de la hemoglobina adulta; permite la transferencia de oxígeno de la placenta a la hemoglobina fetal.

**Aplicaciones y habilidades:**

- Aplicación: Consecuencias de una altitud elevada para el intercambio de gases.
- Aplicación: el pH de la sangre se regula para mantenerse dentro de un estrecho rango comprendido entre 7,35 y 7,45.

**Utilización:**

- Los campos de entrenamiento para atletas frecuentemente se encuentran ubicados a gran altitud para aumentar el contenido en hemoglobina de la sangre. Ello supone una ventaja para el atleta cuando compite a menor altitud.

Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
Biología
Tema 6.4: Intercambio de gases.
Física
Tema 3.2: Modelización de un gas

**Objetivos generales:**

- **Objetivo 8:** Algunos deportes, tales como la escalada a gran altitud o el submarinismo con escafandra puede llevar al límite al cuerpo humano más allá de su capacidad de resistencia y provocar daños. ¿Deberían controlarse o prohibirse dichas prácticas?

| D.6 Transporte de los gases respiratorios | |
|---|---|
| • Aplicación: Causa y tratamientos del enfisema.<br>• Habilidad: Análisis de curvas de disociación para la hemoglobina y la mioglobina.<br>• Habilidad: Identificación de neumocitos, células del endotelio capilar y células sanguíneas en micrografías de microscopía óptica y micrografías electrónicas de tejido pulmonar. | |

# La evaluación en el Programa del Diploma

## Información general

La evaluación es una parte fundamental de la enseñanza y el aprendizaje. Los objetivos más importantes de la evaluación en el Programa del Diploma son los de apoyar los objetivos del currículo y fomentar un aprendizaje adecuado por parte de los alumnos. En el Programa del Diploma, la evaluación es tanto interna como externa. Los trabajos preparados para la evaluación externa son corregidos por examinadores del IB, mientras que los trabajos presentados para la evaluación interna son corregidos por los profesores y moderados externamente por el IB.

El IB reconoce dos tipos de evaluación:

- La evaluación formativa orienta la enseñanza y el aprendizaje. Proporciona a los alumnos y profesores información útil y precisa sobre el tipo de aprendizaje que se está produciendo y sobre los puntos fuertes y débiles de los alumnos, lo que permite ayudarles a desarrollar su comprensión y aptitudes. La evaluación formativa también ayuda a mejorar la calidad de la enseñanza, pues proporciona información que permite hacer un seguimiento de la medida en que se alcanzan los objetivos generales y los objetivos de evaluación del curso.
- La evaluación sumativa ofrece una impresión general del aprendizaje que se ha producido hasta un momento dado y se emplea para determinar los logros de los alumnos.

En el Programa del Diploma se utiliza principalmente una evaluación sumativa concebida para identificar los logros de los alumnos al final del curso o hacia el final del mismo. Sin embargo, muchos de los instrumentos de evaluación se pueden utilizar también con propósitos formativos durante la enseñanza y el aprendizaje, y se anima a los profesores a que los utilicen de este modo. Un plan de evaluación exhaustivo debe ser una parte fundamental de la enseñanza, el aprendizaje y la organización del curso. Para obtener más información, consulte el documento del IB *Normas para la implementación de los programas y aplicaciones concretas* (2010).

La evaluación en el IB se basa en criterios establecidos; es decir, se evalúa el trabajo de los alumnos en relación con niveles de logro determinados y no en relación con el trabajo de otros alumnos. Para obtener más información sobre la evaluación en el Programa del Diploma, consulte la publicación titulada *Principios y práctica del sistema de evaluación del Programa del Diploma* (2009).

Para ayudar a los profesores en la planificación, implementación y evaluación de los cursos del Programa del Diploma, hay una variedad de recursos que se pueden consultar en el CPEL o adquirir en la tienda virtual del IB (http://store.ibo.org). En el Centro pedagógico en línea (CPEL) pueden encontrarse publicaciones tales como materiales de ayuda al profesor, informes de la asignatura, información adicional sobre la evaluación interna, descriptores de las calificaciones finales, así como también materiales provistos por otros docentes. En la tienda virtual del IB se pueden adquirir exámenes de convocatorias pasadas y esquemas de calificación.

## Métodos de evaluación

El IB emplea diversos métodos para evaluar el trabajo de los alumnos.

### Criterios de evaluación

Cuando la tarea de evaluación es abierta (es decir, se plantea de tal manera que fomenta una variedad de respuestas), se utilizan criterios de evaluación. Cada criterio se concentra en una habilidad específica que se espera que demuestren los alumnos. Los objetivos de evaluación describen lo que los alumnos deben ser capaces de hacer y los criterios de evaluación describen qué nivel deben demostrar al hacerlo. Los criterios de evaluación permiten evaluar del mismo modo respuestas muy diferentes. Cada criterio está compuesto por una serie de descriptores de nivel ordenados jerárquicamente. Cada descriptor de nivel equivale a uno o varios puntos. Se aplica cada criterio de evaluación por separado, y se localiza el descriptor que refleja más adecuadamente el nivel conseguido por el alumno. Distintos criterios de evaluación pueden tener puntuaciones máximas diferentes en función de su importancia. Los puntos obtenidos en cada criterio se suman, para obtener la puntuación total del trabajo en cuestión.

### Bandas de calificación

Las bandas de calificación describen de forma integradora el desempeño esperado y se utilizan para evaluar las respuestas de los alumnos. Constituyen un único criterio holístico, dividido en descriptores de nivel. A cada descriptor de nivel le corresponde un rango de puntos, lo que permite diferenciar el desempeño de los alumnos. Del rango de puntos de cada descriptor de nivel, se elige la puntuación que mejor corresponda al nivel logrado por el alumno.

### Esquemas de calificación analíticos

Estos esquemas se preparan para aquellas preguntas de examen que se espera que los alumnos contesten con un tipo concreto de respuesta o una respuesta final determinada. Indican a los examinadores cómo desglosar la puntuación total disponible para cada pregunta con respecto a las diferentes partes de esta.

### Notas para la corrección

Para algunos componentes de evaluación que se corrigen usando criterios de evaluación se proporcionan notas para la corrección. En ellas se asesora a los correctores sobre cómo aplicar los criterios de evaluación a los requisitos específicos de la pregunta en cuestión.

## Adecuaciones inclusivas de evaluación

Existen adecuaciones inclusivas de evaluación disponibles para los alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación. Estas adecuaciones permiten que los alumnos con todo tipo de necesidades accedan a los exámenes y demuestren su conocimiento y comprensión de los elementos que se están evaluando.

El documento del IB titulado *Alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación* contiene especificaciones sobre las adecuaciones inclusivas de evaluación que están disponibles para los alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje. El documento *La diversidad en el aprendizaje y las necesidades educativas especiales en los programas del Bachillerato Internacional* describe la postura del IB con respecto a los alumnos con diversas necesidades de aprendizaje que cursan los programas del IB. Para los alumnos afectados por circunstancias adversas, los documentos *Reglamento general del Programa del Diploma* (2011) y el *Manual de procedimientos del Programa del Diploma* incluyen información detallada sobre los casos de consideración de acceso a la evaluación.

# Responsabilidades del colegio

Cada colegio debe garantizar que los alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje cuenten con un acceso equitativo y los ajustes razonables correspondientes según los documentos del IB titulados *Alumnos con necesidades específicas de acceso a la evaluación* y *La diversidad en el aprendizaje y las necesidades educativas especiales en los programas del Bachillerato Internacional*.

# Resumen de la evaluación: NM

**Primera evaluación: 2016**

| Componente | Porcentaje con respecto al total de la evaluación (%) | Porcentaje aproximado con respecto a los objetivos de evaluación | | Duración (horas) |
|---|---|---|---|---|
| | | 1+2 | 3 | |
| **Prueba 1** | 20 | 10 | 10 | ¾ |
| **Prueba 2** | 40 | 20 | 20 | 1¼ |
| **Prueba 3** | 20 | 10 | 10 | 1 |
| **Evaluación interna** | 20 | Cubre los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4 | | 10 |

# Resumen de la evaluación: NS

**Primera evaluación: 2016**

| Componente | Porcentaje con respecto al total de la evaluación (%) | Porcentaje aproximado con respecto a los objetivos de evaluación | | Duración (horas) |
|---|---|---|---|---|
| | | 1+2 | 3 | |
| **Prueba 1** | 20 | 10 | 10 | 1 |
| **Prueba 2** | 36 | 18 | 18 | 2¼ |
| **Prueba 3** | 24 | 12 | 12 | 1¼ |
| **Evaluación interna** | 20 | Cubre los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4 | | 10 |

# Evaluación externa

Para evaluar a los alumnos se emplean esquemas de calificación detallados, específicos para cada prueba de examen.

## Descripción detallada de la evaluación externa: NM

### Prueba 1

**Duración: ¾ hora**
**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%**
**Puntos: 30**

- 30 preguntas de opción múltiple sobre los temas troncales, aproximadamente 15 de ellas son comunes con el NS.
- Las preguntas de la prueba 1 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- No se permite el uso de calculadoras.
- No se descuentan puntos por respuestas incorrectas.

### Prueba 2

**Duración: 1 ¼ horas**
**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 40%**
**Puntos: 50**

- Pregunta basada en datos.
- Combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre los temas troncales.
- Los alumnos deben tratar de responder una de dos preguntas de respuesta larga.
- Las preguntas de la prueba 2 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).

### Prueba 3

**Duración: 1 hora**
**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%**
**Puntos: 35**

- Esta prueba tendrá preguntas sobre los temas troncales y sobre el material opcional de NM.
- Sección A: los alumnos responden todas las preguntas, entre dos y tres preguntas de respuesta corta basadas en técnicas y habilidades experimentales, análisis y evaluación, usando datos no estudiados previamente y relacionados con los temas troncales y los TANS.
- Sección B: combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre una opción.
- Las preguntas de la prueba 3 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).

# Descripción detallada de la evaluación externa: NS

## Prueba 1

**Duración: 1 hora**
**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%**
**Puntos: 40**

- 40 preguntas de opción múltiple sobre los temas troncales y los TANS, aproximadamente 15 de ellas son comunes con el NM.
- Las preguntas de la prueba 1 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- No se permite el uso de calculadoras.
- No se descuentan puntos por respuestas incorrectas.

## Prueba 2

**Duración: 2 ¼ horas**
**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 36%**
**Puntos: 72**

- Pregunta basada en datos.
- Combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre los temas troncales y los TANS.
- Los alumnos deben tratar de responder dos de tres preguntas de respuesta larga.
- Las preguntas de la prueba 2 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).

## Prueba 3

**Duración: 1 ¼ horas**
**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 24%**
**Puntos: 45**

- Sección A: los alumnos responden todas las preguntas, entre dos y tres preguntas de respuesta corta basadas en técnicas y habilidades experimentales, análisis y evaluación, usando datos no estudiados previamente y relacionados con los temas troncales y los TANS.
- Sección B: combinación de preguntas de respuesta corta y de respuesta larga sobre una opción.
- Las preguntas de la prueba 3 abordan los objetivos de evaluación 1, 2 y 3.
- Se permite el uso de calculadoras. (Véase la sección **Calculadoras** del CPEL).

# Evaluación interna

## Propósito de la evaluación interna

La evaluación interna es una parte fundamental del curso y es obligatoria tanto en el NM como en el NS. Permite a los alumnos demostrar la aplicación de sus habilidades y conocimientos y dedicarse a aquellas áreas que despierten su interés sin las restricciones de tiempo y de otro tipo asociadas a los exámenes escritos. La evaluación interna debe, en la medida de lo posible, integrarse en la enseñanza normal de clase, y no ser una actividad aparte que tiene lugar una vez que se han impartido todos los contenidos del curso.

Los requisitos de evaluación interna son los mismos para el NM y el NS. Esta sección acerca de la evaluación interna se debe leer junto con la sección sobre la evaluación interna de los materiales de ayuda al profesor.

## Orientación y autoría original

Los trabajos presentados para la evaluación interna deben ser trabajo original del alumno. Sin embargo, no se pretende que los alumnos decidan el título o el tema y que se les deje trabajar en el componente de evaluación interna sin ningún tipo de ayuda por parte del profesor. El profesor debe desempeñar un papel importante en las etapas de planificación y elaboración del trabajo de evaluación interna. Es responsabilidad del profesor asegurarse de que los alumnos estén familiarizados con:

- Los requisitos del tipo de trabajo que se va a evaluar internamente.
- La *Política del IB sobre la experimentación con animales* y las directrices de seguridad del curso de Biología.
- Los criterios de evaluación: los alumnos deben entender que el trabajo que presenten para evaluación ha de abordar estos criterios eficazmente.

Los profesores y los alumnos deben discutir el trabajo evaluado internamente. Se debe animar a los alumnos a dirigirse al profesor en busca de consejos e información, y no se les debe penalizar por solicitar orientación. Como parte del proceso de aprendizaje, los profesores deben leer un borrador del trabajo y asesorar a los alumnos al respecto. El profesor debe aconsejar al alumno de manera oral o escrita sobre cómo mejorar su trabajo, pero no debe modificar el borrador. La siguiente versión que llegue a manos del profesor debe ser la versión definitiva lista para entregar.

Los profesores tienen la responsabilidad de asegurarse de que todos los alumnos entiendan el significado y la importancia de los conceptos relacionados con la probidad académica, especialmente los de autoría original y propiedad intelectual. Los profesores deben verificar que todos los trabajos que los alumnos entreguen para evaluación hayan sido preparados conforme a los requisitos, y deben explicar claramente a los alumnos que el trabajo que se evalúe internamente debe ser original en su totalidad. Cuando se permita la colaboración entre alumnos, a estos debe quedarles clara la diferencia entre colaboración y colusión.

Los profesores deben verificar la autoría original de todo trabajo que se envíe al IB para su moderación o evaluación, y no deben enviar ningún trabajo que sepan que constituye (o sospechen que constituye) un caso de infracción académica. Cada alumno debe confirmar que el trabajo que presenta para la evaluación es original y que es la versión final. Una vez que el alumno ha entregado oficialmente la versión final de su trabajo, no puede pedir que se lo devuelvan para modificarlo. El requisito de confirmar la originalidad del

trabajo se aplica al trabajo de todos los alumnos, no solo de aquellos que formen parte de la muestra que se enviará al IB para moderación. Para obtener más información, sírvase consultar los siguientes documentos del IB: *Probidad académica* (2011), *El Programa del Diploma: de los principios a la práctica* (2009) y el *Reglamento general del Programa del Diploma* (2011).

La autoría de los trabajos se puede comprobar debatiendo su contenido con el alumno y analizando con detalle uno o más de los siguientes aspectos:

- La propuesta inicial del alumno
- El borrador del trabajo escrito
- Las referencias bibliográficas citadas
- El estilo de redacción, comparado con trabajos que se sabe que ha realizado el alumno
- El análisis del trabajo con un servicio en línea de detección de plagio como, por ejemplo, www.turnitin.com

No se permite presentar un mismo trabajo para la evaluación interna y la Monografía.

## Trabajo en grupo

Cada investigación es un trabajo individual basado en diferentes datos recabados o mediciones generadas. Lo ideal es que los alumnos trabajen en la obtención de datos de manera individual. En algunos casos, los datos recabados o las mediciones realizadas pueden proceder de un experimento en grupo, siempre que cada alumno haya recabado sus propios datos o realizado sus propias mediciones. En Biología, en algunos casos, los datos o las mediciones en grupo se pueden combinar para que haya suficiente cantidad como para realizar un análisis individual. Incluso en este caso, cada alumno debe haber recabado y registrado sus propios datos y deben indicar claramente qué datos son los suyos.

Debe dejarse claro a los alumnos que todo trabajo relacionado con la investigación debe ser de su autoría original. Por tanto, es conveniente que los profesores les ayuden a desarrollar el sentido de responsabilidad sobre el propio aprendizaje para que se sientan orgullosos de su trabajo.

## Distribución del tiempo

La evaluación interna es una parte fundamental del curso de Biología y representa un 20% de la evaluación final en el NM y el NS. Este porcentaje debe verse reflejado en el tiempo que se dedica a enseñar los conocimientos y las habilidades necesarios para llevar a cabo el trabajo de evaluación interna, así como en el tiempo total dedicado a realizar el trabajo.

Se recomienda asignar un total de aproximadamente 10 horas lectivas tanto en NM como en NS para el trabajo de evaluación interna. En estas horas se deberá incluir:

- El tiempo que necesita el profesor para explicar a los alumnos los requisitos de la evaluación interna
- Tiempo de clase para que los alumnos trabajen en el componente de evaluación interna y planteen preguntas
- El tiempo para consultas entre el profesor y cada alumno
- Tiempo para revisar el trabajo y evaluar cómo progresa, y para comprobar que es original

# Requisitos y recomendaciones de seguridad

Aunque los profesores deberán ajustarse a las directrices nacionales o locales (las cuales pueden diferir entre los distintos países), se deberá prestar atención a las siguientes directrices, que han sido desarrolladas por The Laboratory Safety Institute (LSI) para la comisión de seguridad de ICASE (International Council of Associations for Science Education, Consejo Internacional de Asociaciones de Educación Científica).

Es responsabilidad de todas y cada una de las personas involucradas en estas actividades el hacer de este compromiso con la seguridad y la salud algo permanente. Las recomendaciones que se hagan a este respecto deberán reconocer la necesidad de respetar el contexto local, las diferentes tradiciones educativas y culturales, las limitaciones económicas y los sistemas legales de los distintos países.

## The Laboratory Safety Institute

## Guía de seguridad para laboratorios

### 40 sugerencias para un laboratorio más seguro

### Pasos que requieren gastos mínimos

1. Tenga una declaración por escrito de su política de aspectos de medio ambiente, salud y seguridad (MASS).
2. Organice un comité departamental de MASS de empleados, gerentes, maestros, administrativos y estudiantes, que se reunirán regularmente para discutir los asuntos de MASS.
3. Desarrolle un programa de inducción en MASS para los todos los empleados y/o estudiantes de nuevo ingreso.
4. Motive a los empleados y/o estudiantes a preocuparse por su salud y seguridad, así como la de otros.
5. Involucre a cada empleado y/o estudiante en algún aspecto del programa de seguridad y dele a cada uno responsabilidades específicas.
6. Proporcione incentivos para los empleados y/o estudiantes para el desempeño con seguridad.
7. Exija a todos los empleados que lean el manual de seguridad apropiado. Exija a los estudiantes que lean las reglas de la institución para seguridad en el laboratorio. Haga que ambos grupos firmen una declaración de que así lo han hecho, de que entienden su contenido y que están de acuerdo en seguir esos procedimientos y prácticas. Mantenga estas declaraciones en los archivos del departamento.
8. Realice inspecciones periódicas del laboratorio, sin previo aviso, para identificar y corregir las condiciones peligrosas y las prácticas inseguras. Involucre a los empleados y/o los estudiantes en inspecciones simuladas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
9. Haga que el aprendizaje de cómo actuar con seguridad sea parte integral e importante de la educación en las ciencias, de su trabajo y de su vida.
10. Programe juntas regulares de seguridad en el departamento con todos los estudiantes y empleados, para discutir los resultados de las inspecciones y los aspectos de seguridad del laboratorio.
11. Cuando realice experimentos de alto riesgo o potencialmente riesgosos, hágase estas preguntas:
    - ¿Cuáles son los riesgos?
    - ¿Cuáles son las posibles cosas que pueden salir mal?
    - ¿Cómo las voy a manejar?
    - ¿Cuáles son las prácticas prudentes, los dispositivos de protección y los equipos necesarios para minimizar el riesgo de exposición a estos riesgos?

12. Exija que se reporten todos los accidentes. Estos (incidentes), deben ser evaluados por el comité de seguridad del departamento, y que se discutan en las juntas de seguridad.
13. Exija que en toda discusión antes de iniciar un experimento se consideren los aspectos de salud y seguridad.
14. No permita que se dejen corriendo experimentos sin atención, a menos que sean a prueba de fallas.
15. Prohíba el trabajo solitario en cualquier laboratorio y el trabajo sin el conocimiento previo de un miembro del equipo de trabajo.
16. Amplíe el programa de seguridad más allá del laboratorio, al automóvil y al hogar.
17. Permita solo cantidades mínimas de líquidos inflamables en cada laboratorio.
18. Prohíba fumar, comer y beber en el laboratorio.
19. No permita que se almacene comida en los refrigeradores de sustancias químicas.
20. Desarrolle planes y conduzca simulacros de respuesta a emergencias, tales como incendio, explosión, intoxicación, derrame de sustancias químicas o desprendimiento de vapores, descargas eléctricas, hemorragias y contaminación del personal.
21. Exija prácticas de orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
22. Publique los números telefónicos del departamento de bomberos, de la policía y de las ambulancias locales, ya sea cerca o encima de cada teléfono.
23. Almacene los ácidos y las bases por separado. Almacene los combustibles y los oxidantes por separado.
24. Mantenga un sistema de control de sustancias químicas para evitar su compra en cantidades innecesarias.
25. Utilice letreros de advertencia para señalizar riesgos particulares.
26. Desarrolle prácticas de trabajo específicas para ciertos experimentos, tales como los que deben realizarse solo en campanas ventiladas o que involucren sustancias particularmente peligrosas. Siempre que sea posible, los experimentos más riesgosos deben realizarse en una campana.

### Pasos que requieren gastos moderados

27. Asigne una parte del presupuesto del departamento a la seguridad.
28. Requiera el uso de protección apropiada de los ojos, en todo momento, en los laboratorios y en las áreas donde se transporten sustancias químicas.
29. Proporcione la cantidad adecuada de equipo de protección personal, tal como lentes de seguridad, goggles, máscaras, guantes, batas y mamparas para las mesas de trabajo.
30. Proporcione extintores de fuego, regaderas de emergencia, estaciones lava-ojos, botiquines de primeros auxilios, cobertores para casos de incendio y campanas para humos en cada laboratorio y revíselas o pruébelas mensualmente.
31. Proporcione guardas en todas las bombas de vacío y asegure todos los cilindros de gases comprimidos.
32. Proporcione una cantidad apropiada de equipo de primeros auxilios y las instrucciones para su uso adecuado.
33. Proporcione gabinetes a prueba de fuego para el almacenamiento de sustancias inflamables.
34. Mantenga una biblioteca de seguridad del departamento:
    - "Safety in School Science Labs", Clair Wood, 1994, Kaufman & Associates, 101 Oak Street, Wellesley, MA 02482
    - "The Laboratory Safety Pocket Guide", 1996, Genium Publisher, One Genium Plaza, Schnectady, NY

- "Safety in Academic Chemistry Laboratories", ACS, 1155 Sixteenth Street NW, Washington, DC 20036
- "Manual of Safety and Health Hazards in The School Science Laboratory", "Safety in the School Science Laboratory", "School Science Laboratories: A guide to Some Hazardous Substances" Council of State Science Supervisors (disponible solo a través de LSI)
- "Handbook of Laboratory Safety", 4th Edition, CRC Press, 2000 Corporate Boulevard NW, Boca Raton, FL 33431
- "Fire Protection Guide on Hazardous Materials", National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA 02269
- "Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Hazardous Chemicals", 2nd Edition, 1995
- "Biosafety in the Laboratory", National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC 20418
- "Learning By Accident", Volumes 1-3, 1997-2000, The Laboratory Safety Institute, Natick, MA 01760

(Todos estos libros están disponibles a través de The Laboratory Safety Institute.)

35. Retire todas las conexiones eléctricas del interior de los refrigeradores de sustancias químicas y exija cerraduras magnéticas.
36. Exija conectores con clavijas de tierra en todos los equipos eléctricos, e instale interruptores de circuitos por falla de tierra donde sea necesario.
37. Etiquete todas las sustancias químicas para indicar el nombre del material, la naturaleza y el grado de peligro, las precauciones apropiadas y el nombre de la persona responsable del recipiente.
38. Desarrolle un programa para fechar las sustancias químicas almacenadas, y para re-certificarlas o desecharlas después de los períodos de almacenamiento máximo predeterminados.
39. Desarrolle un sistema para la disposición legal, segura y ecológicamente aceptable de los residuos químicos.
40. Proporcione almacenamiento seguro de sustancias químicas, en espacios adecuados y bien ventilados.

# Uso de los criterios de evaluación en la evaluación interna

Para la evaluación interna, se ha establecido una serie de criterios de evaluación. Cada criterio cuenta con cierto número de descriptores; cada uno describe un nivel de logro específico y equivale a un determinado rango de puntos. Los descriptores se centran en aspectos positivos aunque, en los niveles más bajos, la descripción puede mencionar la falta de logros.

Los profesores deben valorar el trabajo de evaluación interna del NM y del NS con relación a los criterios, utilizando los descriptores de nivel.

- Se utilizan los mismos criterios para el NM y el NS.
- El propósito es encontrar, para cada criterio, el descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno. Esto implica que, cuando un trabajo demuestre niveles de logro distintos para los diferentes aspectos de un criterio, será necesario compensar dichos niveles. La puntuación asignada debe ser aquella que refleje más justamente el logro general de los aspectos del criterio. No es necesario cumplir todos los aspectos de un descriptor de nivel para obtener dicha puntuación.
- Al evaluar el trabajo de un alumno, los profesores deben leer los descriptores de cada criterio hasta llegar al descriptor que describa de manera más apropiada el nivel del trabajo que se está evaluando. Si un trabajo parece estar entre dos descriptores, se deben leer de nuevo ambos descriptores y elegir el que mejor describa el trabajo del alumno.
- En los casos en que un mismo descriptor de nivel comprenda dos o más puntuaciones, los profesores deben conceder las puntuaciones más altas si el trabajo del alumno demuestra en gran medida las cualidades descritas; el trabajo puede estar cerca de alcanzar las puntuaciones del descriptor de nivel superior. Los profesores deben conceder las puntuaciones más bajas si el trabajo del alumno demuestra en menor medida las cualidades descritas; el trabajo puede estar cerca de alcanzar las puntuaciones del descriptor de nivel inferior.
- Solamente deben utilizarse números enteros y no notas parciales, como fracciones o decimales.
- Los profesores no deben pensar en términos de aprobado o no aprobado, sino que deben concentrarse en identificar el descriptor apropiado para cada criterio de evaluación.
- Los descriptores de nivel más altos no implican un trabajo perfecto: están al alcance de los alumnos. Los profesores no deben dudar en conceder los niveles extremos si corresponden a descriptores apropiados del trabajo que se está evaluando.
- Un alumno que alcance un nivel de logro alto en un criterio no necesariamente alcanzará niveles altos en los demás criterios. Igualmente, un alumno que alcance un nivel de logro bajo en un criterio no necesariamente alcanzará niveles bajos en los demás criterios. Los profesores no deben suponer que la evaluación general de los alumnos debe dar como resultado una distribución determinada de puntuaciones.
- Se recomienda que los alumnos tengan acceso a los criterios de evaluación.

# Actividades prácticas y evaluación interna

## Generalidades

Los requisitos de evaluación interna son los mismos para Biología, Química y Física. La evaluación interna, que representa el 20% de la evaluación final, consiste en una investigación científica. La investigación individual debe cubrir un tema que sea acorde con el nivel del programa de estudios.

Los trabajos de los alumnos los evalúa el profesor internamente y los modera el IB externamente. La evaluación interna se realiza aplicando criterios de evaluación que son comunes a NM y NS, y su puntuación máxima total son 24 puntos.

Nota: Toda investigación que se utilice para evaluar a los alumnos deberá diseñarse específicamente para que se corresponda con los criterios de evaluación.

La tarea de evaluación interna será una investigación científica de unas 10 horas de duración, y el informe debe ocupar aproximadamente entre 6 y 12 páginas. Las investigaciones que superen esta extensión se penalizarán en el criterio "Comunicación" por no ser concisas.

La investigación práctica, con criterios genéricos, permitirá una amplia variedad de actividades prácticas que satisfagan las diversas necesidades de Biología, Química y Física. La investigación aborda adecuadamente muchos de los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje. Para obtener más información, consulte la sección "Enfoques de la enseñanza y el aprendizaje de Biología".

El trabajo que se cree deberá ser complejo y acorde con el nivel del programa de estudios. Además, deberá tener una pregunta de investigación dirigida hacia un fin determinado y su correspondiente fundamentación científica. Los trabajos evaluados que se presenten como ejemplo en el material de ayuda al profesor demostrarán que la evaluación será rigurosa y del mismo nivel que la realizada en los cursos anteriores.

Algunas posibles tareas son:

- Una investigación práctica de laboratorio
- Utilizar una hoja de cálculo para análisis y creación de modelos
- Extraer información de una base de datos y analizarla de manera gráfica
- Realizar trabajos híbridos de hoja de cálculo o base de datos con una investigación práctica tradicional
- Utilizar una simulación, siempre que sea interactiva y abierta

Algunas tareas pueden consistir en trabajo cualitativo pertinente y adecuado, combinado con trabajo cuantitativo.

Entre las posibles tareas se incluyen investigaciones prácticas tradicionales, como en el curso anterior. El grado de profundidad que se requiere en el tratamiento de las investigaciones prácticas sigue siendo el mismo que en la anterior evaluación interna y se mostrará en detalle en el material de ayuda al profesor. Además, en las pruebas escritas se evaluarán detalladamente aspectos específicos de las actividades prácticas, tal como se indica en los correspondientes temas en la sección "Contenido del programa de estudios" de la guía.

La tarea tendrá los mismos criterios de evaluación para el NM y el NS. Los cinco criterios de evaluación son "Compromiso personal", "Exploración", "Análisis", "Evaluación" y "Comunicación".

# Descripción detallada de la evaluación interna

## Componente de evaluación interna

**Duración: 10 horas**

**Porcentaje con respecto al total de la evaluación: 20%**

- Investigación individual
- Esta investigación cubre los objetivos de evaluación 1, 2, 3 y 4.

## Criterios de evaluación interna

El nuevo modelo de evaluación utiliza cinco criterios para evaluar el informe final de la investigación individual con las siguientes puntuaciones y porcentajes:

| Compromiso personal | Exploración | Análisis | Evaluación | Comunicación | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 (8%) | 6 (25%) | 6 (25%) | 6 (25%) | 4 (17%) | 24 (100%) |

Los niveles de desempeño se describen mediante el uso de varios indicadores por nivel. En muchos casos, los indicadores se presentan simultáneamente en un nivel específico, pero no siempre. Además, no siempre aparecen todos los indicadores. Esto significa que un alumno puede demostrar desempeños que se corresponden con distintos niveles. Para adaptarse a esta realidad, los modelos de evaluación del IB utilizan bandas de calificación. A la hora de decidir qué nota otorgar en un criterio determinado, tanto examinadores como profesores deben encontrar el descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno.

Los profesores deben leer la orientación acerca del uso de bandas de calificación que se da en la sección "Uso de los criterios de evaluación en la evaluación interna" antes de empezar a corregir. También es esencial conocer a fondo la corrección de los ejemplos que figuran en el material de ayuda al profesor. El significado concreto de los términos de instrucción que se utilizan en los criterios se puede encontrar en el glosario de las guías de cada asignatura.

### Compromiso personal

Este criterio evalúa la medida en que el alumno se compromete con la exploración y la hace propia. El compromiso personal se puede reconocer en distintos atributos y habilidades, como abordar intereses personales o mostrar pruebas de pensamiento independiente, creatividad o iniciativa en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.

| Puntos | Descriptor |
|---|---|
| 0 | El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación. |
| 1 | **Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son limitadas, con poco pensamiento independiente, poca iniciativa o poca creatividad.**<br>La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga no demuestra **interés, curiosidad o importancia de índole personal.**<br>Hay pocas pruebas que demuestren **una iniciativa y un aporte de índole personal** en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación. |
| 2 | **Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son claras, con un grado significativo de pensamiento independiente, iniciativa o creatividad.**<br>La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga demuestra **interés, curiosidad o importancia de índole personal.**<br>Hay pruebas que demuestran **una iniciativa y un aporte de índole personal** en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación. |

## Exploración

Este criterio evalúa en qué medida el alumno establece el contexto científico del trabajo, plantea una pregunta de investigación clara y bien centrada, y utiliza conceptos y técnicas adecuados al nivel del Programa del Diploma. Cuando corresponde, este criterio también evalúa la conciencia sobre consideraciones de seguridad, ambientales y éticas.

| Puntos | Descriptor |
|---|---|
| 0 | El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación. |
| 1-2 | Se identifica el tema de la investigación y **se plantea** una pregunta de investigación de cierta pertinencia, **pero la pregunta no está bien centrada**.<br><br>La información de referencia que se proporciona para la investigación es **superficial** o de pertinencia limitada, y no ayuda a comprender el contexto de la investigación.<br><br>La metodología de la investigación solo es adecuada para abordar la pregunta de investigación de manera muy limitada, ya que considera unos pocos factores importantes que pueden influir en la pertinencia, fiabilidad y suficiencia de los datos obtenidos.<br><br>El informe muestra pruebas de una conciencia limitada acerca de las importantes cuestiones de **seguridad**, éticas o ambientales que son **pertinentes para la metodología de la investigación***. |
| 3-4 | Se identifica el tema de la investigación y se describe una pregunta de investigación pertinente, pero la pregunta no está totalmente bien centrada.<br><br>La información de referencia que se proporciona para la investigación es, en su mayor parte, adecuada y pertinente, y ayuda a comprender el contexto de la investigación.<br><br>La metodología de la investigación es, en su mayor parte, adecuada para abordar la pregunta de investigación, pero tiene limitaciones, ya que considera solo algunos de los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.<br><br>El informe muestra pruebas de cierta conciencia acerca de las importantes cuestiones de **seguridad**, éticas o ambientales que son **pertinentes para la metodología de la investigación***. |
| 5-6 | Se identifica el tema de la investigación y se describe con claridad una pregunta de investigación pertinente y totalmente bien centrada.<br><br>La información de referencia que se proporciona para la investigación es totalmente adecuada y pertinente, y mejora la comprensión del contexto de la investigación.<br><br>La metodología de la investigación es muy adecuada para abordar la pregunta de investigación porque considera todos, o casi todos, los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.<br><br>El informe muestra pruebas de una completa conciencia acerca de las importantes cuestiones de **seguridad**, éticas o ambientales que son **pertinentes para la metodología de la investigación***. |

* Este indicador debe aplicarse solo cuando sea pertinente para la investigación. Véanse ejemplos en el material de ayuda al profesor.

## Análisis

Este criterio evalúa en qué medida el informe del alumno aporta pruebas de que este ha seleccionado, registrado, procesado e **interpretado** los datos de maneras que sean pertinentes para la pregunta de investigación y que puedan respaldar una conclusión.

| Puntos | Descriptor |
|---|---|
| 0 | El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación. |
| 1-2 | El informe **no incluye suficientes datos brutos pertinentes** como para respaldar una conclusión válida para la pregunta de investigación.<br><br>Se realiza cierto procesamiento **básico** de datos, pero es demasiado **impreciso o demasiado insuficiente como para llevar a una conclusión válida**.<br><br>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis apenas se toma en consideración.<br><br>Los datos procesados se interpretan de manera incorrecta o insuficiente, de tal forma que la conclusión no es válida o es muy incompleta. |
| 3-4 | El informe incluye datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes pero incompletos que podrían respaldar una conclusión simple o parcialmente válida con respecto a la pregunta de investigación.<br><br>Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos que podría llevar a una conclusión válida a grandes rasgos, pero hay importantes imprecisiones e incoherencias en el procesamiento.<br><br>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera limitada.<br><br>Los datos procesados se interpretan de tal forma que se puede deducir una conclusión válida a grandes rasgos, pero incompleta o limitada, con respecto a la pregunta de investigación. |
| 5-6 | El informe incluye suficientes datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes que podrían respaldar una conclusión detallada y válida en relación con la pregunta de investigación.<br><br>Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos con **la precisión** necesaria como para permitir extraer una conclusión con respecto a la pregunta de investigación que sea completamente **coherente** con los datos experimentales.<br><br>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera completa y adecuada.<br><br>Los datos procesados se interpretan correctamente, de tal forma que se puede deducir una conclusión completamente válida y detallada de la pregunta de investigación. |

## Evaluación

Este criterio evalúa en qué medida el informe del alumno aporta pruebas de que este ha evaluado la investigación y los resultados con respecto a la pregunta de investigación y al contexto científico aceptado.

| Puntos | Descriptor |
|---|---|
| 0 | El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación. |
| 1-2 | Se **resume** una conclusión que no es pertinente para la pregunta de investigación o que no cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.<br><br>La conclusión hace una comparación superficial con el contexto científico aceptado.<br><br>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se **resumen** pero se limitan a **exponer las cuestiones prácticas o de procedimiento** a las que el alumno se ha enfrentado.<br><br>El alumno ha **resumido** muy pocas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación. |
| 3-4 | Se **describe** una conclusión que es pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.<br><br>Se describe una conclusión que realiza cierta comparación pertinente con el contexto científico aceptado.<br><br>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se **describen** y demuestran cierta conciencia de las **cuestiones metodológicas*** implicadas en el establecimiento de la conclusión.<br><br>El alumno ha **descrito** algunas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación. |
| 5-6 | Se **describe y se justifica** una conclusión detallada que es totalmente pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo absoluto de los datos que se presentan.<br><br>Se **describe y se justifica** correctamente una conclusión mediante una comparación pertinente con el contexto científico aceptado.<br><br>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se **discuten** y demuestran una clara comprensión de las **cuestiones metodológicas*** implicadas en el establecimiento de la conclusión.<br><br>El alumno ha **discutido** sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación. |

*Para obtener aclaraciones, véanse los ejemplos disponibles en el material de ayuda al profesor.

### Comunicación

Este criterio evalúa si la presentación de la investigación y su informe contribuyen a comunicar de manera eficaz el objetivo, el proceso y los resultados.

| Puntos | Descriptor |
|---|---|
| 0 | El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación. |
| 1-2 | **La presentación de la investigación es poco clara, lo cual dificulta comprender el objetivo, el proceso y los resultados.**<br>El informe es poco claro y no está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados es inexistente o se presenta de manera incoherente o desorganizada.<br>La presencia de información inadecuada o no pertinente dificulta la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.<br>Hay muchos errores en el uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura*. |
| 3-4 | **La presentación de la investigación es clara. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados.**<br>El informe es claro y está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados se presenta de manera coherente.<br>El informe es pertinente y conciso, lo cual facilita una rápida comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.<br>El uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura es adecuado y correcto. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión. |

*Por ejemplo, no rotular (o rotular de manera incorrecta) gráficos, tablas o imágenes; uso incorrecto de unidades; uso incorrecto de decimales. Para cuestiones relacionadas con la citación de referencias, consulte la sección “Probidad académica”.

## Propósitos de las actividades prácticas

Aunque los requisitos de evaluación interna se centran en la investigación, los distintos tipos de actividades prácticas que un alumno puede realizar sirven también para otros propósitos, tales como:

- Ejemplificar, enseñar y reforzar los conceptos teóricos
- Apreciar el carácter esencialmente práctico del trabajo científico
- Apreciar el uso que los científicos hacen de datos secundarios obtenidos de bases de datos
- Apreciar el uso que los científicos hacen de la creación de modelos
- Apreciar las ventajas y limitaciones de la metodología científica

# Plan de trabajos prácticos

El plan de trabajos prácticos es el programa práctico planificado por el profesor. Su propósito es resumir todas las actividades de investigación que lleva a cabo el alumno. Algunos de los trabajos realizados por los alumnos en el NM y el NS de una misma asignatura pueden ser iguales.

## Cobertura del programa de estudios

La gama de actividades prácticas llevadas a cabo deberá reflejar la amplitud y profundidad del programa de la asignatura en cada nivel, pero no es necesario realizar una actividad para cada uno de los temas del programa. Sin embargo, todos los alumnos deben participar en el proyecto del Grupo 4 y en la investigación para la evaluación interna.

## Organización del plan de trabajos prácticos

Los profesores tienen libertad para diseñar sus propios planes de trabajos prácticos, de acuerdo con determinados requisitos. La elección se debe basar en:

- Las asignaturas, niveles y opciones que se enseñan
- Las necesidades de los alumnos
- Los recursos disponibles
- Los estilos de enseñanza

Cada plan debe incluir algunos experimentos complejos que requieran un mayor esfuerzo conceptual por parte de los alumnos. Un plan de trabajo compuesto totalmente por experimentos sencillos, como marcar casillas o ejercicios de completar tablas, no constituye una experiencia suficientemente amplia para los alumnos.

Se alienta a los profesores a que usen el Centro pedagógico en línea (CPEL) para que, a través de los foros de debate, intercambien ideas acerca de posibles trabajos y añadan materiales en las páginas de las asignaturas.

## Flexibilidad

El programa de trabajos prácticos es lo suficientemente flexible como para permitir que se lleve a cabo una amplia gama de actividades prácticas. Algunos ejemplos podrían ser:

- Prácticas breves de laboratorio, o proyectos que se extiendan a lo largo de varias semanas
- Simulaciones por computador
- Uso de bases de datos para datos secundarios
- Desarrollo y uso de modelos
- Ejercicios de recopilación de datos, como cuestionarios, pruebas con usuarios y encuestas
- Ejercicios de análisis de datos
- Trabajo de campo

# Documentación de las actividades prácticas

La información sobre el plan de trabajos prácticos se registra en el formulario 4/PSOW, disponible en el *Manual de procedimientos del Programa del Diploma*. Junto con las muestras que se envíen para moderación, deberá incluirse el formulario 4/PSOW de la clase. Para cada curso que sea exclusivamente de NM o NS se requiere un formulario 4/PSOW solamente; sin embargo, para un curso combinado de NM y NS se requieren formularios 4/PSOW por separado para cada nivel.

# Tiempo asignado a las actividades prácticas

Las horas lectivas recomendadas para el conjunto de los cursos del Programa del Diploma son 150 en el NM y 240 en el NS. Los alumnos deben dedicar a las actividades prácticas 40 horas en el NM y 60 horas en el NS (sin incluir el tiempo de redacción del trabajo). Este tiempo incluye 10 horas para el proyecto del Grupo 4 y 10 horas para la investigación de la evaluación interna. Si se ha continuado investigando después del vencimiento del plazo para el envío de trabajos al moderador, solamente podrán considerarse 2 o 3 horas de investigación extra en el total de horas del plan de trabajos prácticos.

# Proyecto del Grupo 4

El proyecto del Grupo 4 es una actividad interdisciplinaria en la que deben participar todos los alumnos de Ciencias del Programa del Diploma. Se pretende que los alumnos de las diferentes asignaturas del Grupo 4 analicen un tema o problema común. El ejercicio debe ser una experiencia de colaboración en la que se destaquen preferentemente los **procesos** que comprende la **actividad** más que los **productos** de esta.

En la mayoría de los casos, los alumnos de un colegio participarán en la investigación del mismo tema. En aquellos casos en los que existe un gran número de alumnos, es posible dividirlos en grupos más pequeños en los que estén representadas cada una de las asignaturas de Ciencias. Los grupos pueden investigar el mismo tema, o temas distintos; es decir, pueden existir varios proyectos del Grupo 4 en el mismo colegio.

Los alumnos que estudien Sistemas Ambientales y Sociedades no tienen el requisito de realizar el proyecto del Grupo 4.

## Proyecto del Grupo 4: resumen

El proyecto del Grupo 4 es una actividad cooperativa en la que alumnos de diferentes asignaturas del Grupo 4 trabajan juntos en un tema científico o tecnológico, y que permite el intercambio de conceptos y percepciones de las diferentes disciplinas, de conformidad con el objetivo general 10: "Desarrollar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y su influencia sobre otras áreas de conocimiento". El proyecto puede ser de naturaleza práctica o teórica. Se alienta la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

El proyecto del Grupo 4 permite a los alumnos valorar las implicaciones ambientales, sociales y éticas de la ciencia y la tecnología. Permite además comprender las limitaciones del estudio científico, por ejemplo, la escasez de datos adecuados y/o la falta de recursos. El énfasis debe recaer sobre la cooperación interdisciplinaria y los procesos implicados en la investigación más que en los productos de la investigación misma.

Puede elegirse libremente un tema científico o tecnológico, pero el proyecto debe abordar claramente los objetivos generales 7, 8 y 10 de las guías de las asignaturas del Grupo 4.

Lo ideal es que en todas las etapas del proyecto los alumnos colaboren con compañeros de otras asignaturas del Grupo 4. No es necesario para ello que el tema elegido esté integrado por componentes claramente identificables correspondientes a asignaturas diferentes. No obstante, por motivos logísticos, algunos colegios pueden optar por dedicar fases de "acción" diferentes para cada asignatura (véase la sección "Etapas del proyecto", a continuación).

## Etapas del proyecto

Las 10 horas asignadas al proyecto del Grupo 4, que forman parte de las horas lectivas dedicadas al desarrollo del plan de trabajos prácticos, se pueden dividir en tres etapas: planificación, acción y evaluación de resultados.

## Planificación

Esta etapa es crucial para todo el proyecto y deberá tener una duración de unas dos horas.

- Puede desarrollarse en una sesión única o en dos o tres más cortas.
- Debe incluir una sesión de lluvia de ideas (*brainstorming*), en la que participen todos los alumnos del Grupo 4, se discuta el tema central y se compartan ideas e información.
- El tema puede ser elegido por los alumnos o por los profesores.
- Si participa un gran número de alumnos, puede ser recomendable que se constituya más de un grupo interdisciplinario.

**Una vez que el tema o asunto haya sido seleccionado, se deben definir con claridad las actividades que se llevarán a cabo antes de pasar a las etapas de acción y evaluación de resultados.**

Una estrategia puede ser que los alumnos definan por sí mismos las tareas que emprenderán, individualmente o como miembros de los grupos, e investiguen los diversos aspectos que plantea el tema seleccionado. En esta etapa, si el proyecto va a ser de tipo experimental, debe especificarse el equipo que se utilizará, de modo que la etapa de acción no se retrase. En el caso de haber concertado un proyecto conjunto con otros colegios, el contacto con estos es importante en esta etapa.

## Acción

Esta etapa debe durar unas seis horas y puede llevarse a cabo a lo largo de una o dos semanas dentro del tiempo de clase programado. También se puede realizar en un solo día de clase completo si, por ejemplo, el proyecto requiere trabajo de campo.

- Los alumnos deben investigar el tema en grupos interdisciplinarios o en grupos de una sola asignatura.
- Debe haber colaboración durante la etapa de acción: los resultados de la investigación se deben compartir con los otros alumnos que forman parte del grupo, ya sea interdisciplinario o de una sola asignatura. Durante esta etapa, es importante prestar atención a las cuestiones de seguridad, éticas y ambientales en cualquier actividad de tipo práctico.

> Nota: Los alumnos que cursen dos asignaturas del Grupo 4 no están obligados a realizar dos fases de acción diferentes.

## Evaluación de resultados

Durante esta etapa, para la que se necesitarán probablemente dos horas, el énfasis debe recaer en que los alumnos compartan con sus compañeros los resultados de la investigación, tanto los éxitos como los fracasos. La forma de alcanzar este objetivo puede ser decidida por el profesor o los alumnos, o bien en forma conjunta.

- Una de las soluciones posibles puede ser dedicar una mañana o una tarde a un simposio en el que todos los alumnos, de forma individual o en grupo, realicen breves exposiciones.
- Otra opción puede ser la presentación de los resultados de manera más informal, en una feria de ciencias en la que los alumnos observen diversos paneles en los que se expongan resúmenes de las actividades de cada grupo.

Al simposio o la feria de ciencias podrían asistir los padres, miembros del consejo escolar y representantes de los medios de comunicación. Este hecho puede ser especialmente pertinente cuando la investigación se refiere a un asunto de importancia local. Algunos de los hallazgos podrían repercutir en la interacción entre el colegio y su entorno o la comunidad local.

# Cumplimiento de los objetivos generales 7 y 8

**Objetivo general 7:** "Desarrollar las habilidades de comunicación del siglo XXI para aplicarlas al estudio de la ciencia".

El objetivo general 7 se puede abordar en parte en la etapa de planificación, mediante el uso de medios electrónicos para la comunicación en los colegios y entre colegios. Las tecnologías (por ejemplo, registro de datos, hojas de cálculo, bases de datos, etc.) podrían utilizarse en la fase de acción y, sin duda, en la etapa de presentación y evaluación de resultados (por ejemplo, uso de imágenes digitales, programas para presentaciones, sitios web, video digital, etc.).

**Objetivo general 8:** "Tomar conciencia crítica, como ciudadanos del mundo, de las implicaciones éticas del uso de la ciencia y la tecnología".

# Cumplimiento del objetivo de dimensión internacional

La elección del tema también ofrece posibilidades de ilustrar el carácter internacional de las actividades científicas y la necesidad de una cooperación cada vez mayor para abordar cuestiones de repercusión mundial en las que intervienen la ciencia y la tecnología. Otra forma de aportar una dimensión internacional al proyecto es colaborar con un colegio de otra región.

# Tipos de proyectos

El proyecto, además de abordar los objetivos generales 7, 8 y 10, debe basarse en la ciencia o en sus aplicaciones. La fase de acción del proyecto puede ser de tipo práctica o abordar aspectos puramente teóricos. Puede realizarse de muy diversas formas:

- Diseñando y realizando un trabajo práctico de laboratorio o de campo
- Realizando un estudio comparativo (experimental o de otro tipo) en colaboración con otro colegio
- Compilando, procesando y analizando datos de otras fuentes, como publicaciones científicas, organizaciones ambientales, industrias del ámbito científico y tecnológico e informes gubernamentales
- Diseñando y utilizando un modelo o simulación
- Contribuyendo a un proyecto a largo plazo organizado por el colegio

# Estrategias logísticas

La organización logística del proyecto del Grupo 4 supone con frecuencia un reto para los colegios. Los modelos siguientes ilustran posibles formas de ejecución del proyecto.

Los modelos A, B y C se refieren a proyectos realizados en un único colegio, mientras que el modelo D se refiere a un proyecto de colaboración entre colegios.

**Modelo A: grupos interdisciplinarios y un único tema**

Los colegios pueden formar grupos de varias asignaturas y elegir un único tema. El número de grupos dependerá del número de alumnos.

**Modelo B: grupos interdisciplinarios con más de un tema**

Los colegios con un gran número de alumnos pueden decidir trabajar en más de un tema.

**Modelo C: grupos de una sola asignatura**

Por motivos de logística, es posible que algunos colegios elijan el modelo de grupos de una sola asignatura, con uno o más temas en la fase de acción. Este modelo es el menos recomendable, ya que no muestra la colaboración entre distintas materias en la que participan muchos científicos.

**Modelo D: colaboración con otro colegio**

Cualquier colegio puede optar por el modelo de colaboración. Para ello, el IB incluirá en el CPEL un foro de colaboración en el que los colegios puedan publicar sus ideas de proyectos e invitar a otro colegio a que colabore con ellos. La colaboración puede realizarse de diversos modos, desde únicamente compartir la evaluación de los resultados de un tema común a la colaboración plena en todas las etapas.

Los colegios con algunos pocos alumnos que solo estudian determinados cursos del Programa del Diploma pueden incorporar al proyecto alumnos no inscritos en el Programa del Diploma o no pertenecientes al Grupo 4, o bien realizar el proyecto una vez cada dos años. No obstante, se alienta a estos colegios a que colaboren con otro colegio. Esta estrategia se recomienda también para casos individuales de alumnos que no hayan participado en el proyecto ya sea, por ejemplo, por enfermedad o porque han sido transferidos a otro colegio en el que el proyecto ya se había realizado.

# Distribución del tiempo

Las 10 horas de dedicación al proyecto que recomienda el IB pueden estar distribuidas a lo largo de varias semanas. Es necesario tener en cuenta la distribución de dichas horas al decidir el momento óptimo para llevarlo a cabo. Sin embargo, es posible que un grupo se dedique exclusivamente al proyecto durante un período de tiempo, si se suspenden todas o la mayoría de las demás actividades escolares.

## Año 1

En el primer año, es posible que la experiencia y las habilidades de los alumnos sean limitadas y no sea aconsejable comenzar el proyecto en este curso. Sin embargo, realizarlo en la parte final del primer año puede tener la ventaja de reducir la carga de trabajo que tienen más tarde los alumnos. Esta estrategia proporciona tiempo para resolver problemas imprevistos.

## Años 1 y 2

Al final del primer año podría comenzar la etapa de planificación, decidirse el tema y realizarse una discusión provisional en cada una de las asignaturas. Los alumnos podrían aprovechar el período de vacaciones subsiguiente para pensar cómo van a abordar el trabajo y estarían listos para comenzar el trabajo experimental al principio del segundo año.

## Año 2

Retrasar el comienzo del proyecto hasta algún momento del segundo año, especialmente si se deja hasta demasiado tarde, aumenta la presión sobre los alumnos de diversas formas: el plazo para la realización del

proyecto es mucho más ajustado que en los demás casos; la enfermedad de algún alumno o problemas inesperados pueden crear dificultades adicionales. No obstante, empezar en el segundo año tiene la ventaja de que alumnos y profesores se conocen, y probablemente se han acostumbrado a trabajar en equipo y tienen más experiencia en los aspectos pertinentes que durante el primer año.

### Combinación del NM y el NS

En los casos en los que el proyecto solo se realice cada dos años, puede combinarse a alumnos principiantes del NS con alumnos más experimentados del NM.

## Elección del tema

Los alumnos pueden elegir el tema o proponer varios posibles; el profesor decidirá cuál es el más viable en función de la disponibilidad de recursos, de personal, etc. Otra posibilidad es que el profesor elija el tema o proponga varios para que los alumnos escojan uno.

### Temas elegidos por los alumnos

Si los alumnos eligen el tema por sí mismos es más probable que demuestren un mayor entusiasmo y lo sientan como algo propio. Se resume aquí una estrategia posible para que los alumnos seleccionen un tema, la cual incluye también parte de la fase de planificación. En este momento, los profesores de la asignatura pueden aconsejar a los alumnos sobre la viabilidad de los temas propuestos.

- Identificar los posibles temas consultando a los alumnos por medio de un cuestionario o una encuesta.
- Realizar una sesión inicial de lluvia de ideas (*brainstorming*) sobre posibles temas o cuestiones para investigar.
- Discutir brevemente dos o tres temas que parezcan interesantes.
- Elegir un tema por consenso.
- Los alumnos hacen una lista de los trabajos prácticos que se podrían llevar a cabo. A continuación, todos los alumnos comentan los aspectos comunes entre los temas y las posibilidades de colaborar en sus trabajos.

Cada alumno deberá escribir una reflexión acerca de su participación en el proyecto del Grupo 4. Dicha reflexión debe incluirse en la portada de cada investigación de evaluación interna. Para obtener más información, consulte el *Manual de procedimientos del Programa del Diploma*.

# Glosario de términos de instrucción

## Términos de instrucción con definiciones

Los alumnos deberán familiarizarse con los siguientes términos y expresiones utilizados en las preguntas de examen. Los términos se deberán interpretar tal y como se describe a continuación. Aunque estos términos se usarán frecuentemente en las preguntas de examen, también podrán usarse otros términos con el fin de guiar a los alumnos para que presenten un argumento de una manera específica.

Estos términos de instrucción indican el grado de profundidad en el tratamiento de un aspecto.

### Objetivo de evaluación 1

| Término de instrucción | Definición |
|---|---|
| **Definir** | Dar el significado exacto de una palabra, frase, concepto o magnitud física. |
| **Dibujar con precisión** | Representar a lápiz por medio de un diagrama o un gráfico precisos y rotulados. Se debe utilizar la regla para las líneas rectas. Los diagramas se deben dibujar a escala. En los gráficos, cuando el caso lo requiera, los puntos deben aparecer correctamente marcados y unidos, bien por una línea recta o por una curva suave. |
| **Enumerar** | Proporcionar una lista de respuestas cortas sin ningún tipo de explicación. |
| **Indicar** | Especificar un nombre, un valor o cualquier otro tipo de respuesta corta sin aportar explicaciones ni cálculos. |
| **Medir** | Obtener el valor de una cantidad. |
| **Rotular** | Añadir rótulos o encabezamientos a un diagrama. |

### Objetivo de evaluación 2

| Término de instrucción | Definición |
|---|---|
| **Anotar** | Añadir notas breves a un diagrama o gráfico. |
| **Calcular** | Obtener una respuesta numérica y mostrar las operaciones pertinentes (salvo que se indique lo contrario). |
| **Describir** | Exponer detalladamente. |
| **Distinguir** | Indicar de forma clara las diferencias entre dos o más conceptos o elementos. |
| **Estimar** | Obtener un valor aproximado. |
| **Identificar** | Dar una respuesta entre un número de posibilidades. |

| Término de instrucción | Definición |
|---|---|
| **Resumir** | Exponer brevemente o a grandes rasgos. |

## Objetivo de evaluación 3

| Término de instrucción | Definición |
|---|---|
| **Analizar** | Separar [las partes de un todo] hasta llegar a identificar los elementos esenciales o la estructura. |
| **Comentar** | Emitir un juicio basado en un enunciado determinado o en el resultado de un cálculo. |
| **Comparar** | Exponer las semejanzas entre dos (o más) elementos o situaciones refiriéndose constantemente a ambos (o a todos). |
| **Comparar y contrastar** | Exponer las semejanzas y diferencias entre dos (o más) elementos o situaciones refiriéndose constantemente a ambos (o a todos). |
| **Deducir** | Establecer una conclusión a partir de la información suministrada. |
| **Determinar** | Obtener la única respuesta posible. |
| **Dibujar aproximadamente** | Representar por medio de un diagrama o gráfico (rotulados si fuese necesario). El esquema deberá dar una idea general de la figura o relación que se pide y deberá incluir las características pertinentes. |
| **Discutir** | Presentar una crítica equilibrada y bien fundamentada que incluye una serie de argumentos, factores o hipótesis. Las opiniones o conclusiones deberán presentarse de forma clara y justificarse mediante pruebas adecuadas. |
| **Diseñar** | Idear un plan, una simulación o un modelo. |
| **Elaborar** | Mostrar información de forma lógica o con un gráfico. |
| **Evaluar** | Realizar una valoración de los puntos fuertes y débiles. |
| **Explicar** | Exponer detalladamente las razones o causas de algo. |
| **Predecir** | Dar un resultado esperado. |
| **Sugerir** | Proponer una solución, una hipótesis u otra posible respuesta. |

# Bibliografía

Esta bibliografía contiene las principales obras consultadas durante el proceso de revisión del currículo. No es una lista exhaustiva ni incluye toda la literatura disponible: se trata de una selección juiciosa con el fin de ofrecer una mejor orientación a los docentes. Esta bibliografía no debe verse como una lista de libros de texto recomendados.


Rhoton, J. *Science Education Leadership: Best Practices for the New Century*. Arlington (Virginia, EE. UU.): National Science Teachers Association Press, 2010.

Masood, E. *Science & Islam: A History*. Londres (Reino Unido): Icon Books, 2009.

Roberts, B. *Educating for Global Citizenship: A Practical Guide for Schools*. Cardiff (Reino Unido): Organización del Bachillerato Internacional, 2009.

Martin, J. *The Meaning of the 21st Century: A vital blueprint for ensuring our future*. Londres (Reino Unido): Eden Project Books, 2006.

Gerzon, M. *Global Citizens: How our vision of the world is outdated, and what we can do about it*. Londres (Reino Unido): Rider Books, 2010.

Haydon, G. *Education, Philosophy & the Ethical Environment*. Oxon/Nueva York (EE. UU.): Routledge, 2006.

Anderson, L. W. et al. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Nueva York (EE. UU.). Addison Wesley Longman, Inc., 2001.

Hattie, J. *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Oxon/Nueva York (EE. UU.): Routledge, 2009.

Petty, G. *Evidence-based Teaching: A practical approach*. 2ª ed. Cheltenham (Reino Unido): Nelson Thornes Ltd., 2009.

Andain, I y Murphy, G. *Creating Lifelong Learners: Challenges for Education in the 21st Century*. Cardiff (Reino Unido): Organización del Bachillerato Internacional, 2008.

Jewkes, J., Sawers, D. y Stillerman, R. *The Sources of Invention*. 2ª ed. Nueva York (EE. UU.): W.W. Norton & Co., 1969.

Lawson, B. *How Designers Think: The design process demystified*. 4ª ed. Oxford (Reino Unido): Architectural Press, 2005.

Douglas, H. *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*. Pittsburgh (Pennsylvania, EE. UU.): University of Pittsburgh Press, 2009.

Aikenhead, G. y Michell, H. *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Toronto (Canadá): Pearson Canada, 2011.

Winston, M. y Edelbach, R. *Society, Ethics, and Technology*. 4ª. ed. Boston (Massachusetts, EE. UU.): Wadsworth CENGAGE Learning, 2012.

Brian Arthur, W. *The Nature of Technology*. Londres (Reino Unido): Penguin Books, 2009.

Headrick, D. *Technology: A World History*. Oxford (Reino Unido): Oxford University Press, 2009.

Popper, K. R. *The Logic of Scientific Discovery*. 4ª ed. revisada. Londres (Reino Unido): Hutchinson, 1980.

Trefil, J. *Why Science?* Nueva York/Arlington (EE. UU.): NSTA Press & Teachers College Press, 2008.

Kuhn, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. 3ª ed. Chicago, Illinois (EE. UU.): The University of Chicago Press, 1996.

Khine, M. S. (ed.). *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies*. Bahrein: Springer, 2012.

Spier, F. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester (Reino Unido): Wiley-Blackwell, 2010.

Stokes Brown, C. *Big History: From the Big Bang to the Present*. Nueva York (EE. UU.): The New Press, 2007.

Swain, H. (ed.). *Big Questions in Sciences*. Londres (Reino Unido): Vintage, 2002.

Roberts, R. M. *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*. Chichester (Reino Unido): Wiley Science Editions, 1989.

Ehrlich, R. *Nine crazy ideas in science*. Princeton, Nueva Jersey (EE. UU.): Princeton University Press, 2001.

Lloyd, C. *What on Earth Happened?: The Complete Story of the Planet, Life and People from the Big Bang to the Present Day*. Londres (Reino Unido): Bloomsbury Publishing, 2012.

Trefil, J. y Hazen, R. M. *Sciences: An integrated Approach*. 6ª ed. Chichester (Reino Unido): Wiley, 2010.

ICASE. *Innovation in Science & Technology Education: Research, Policy, Practice*. Tartu (Estonia): ICASE/UNESCO/ University of Tartu, 2010.

American Association for the Advancement of Science. *Science for all Americans online*. Washington, Distrito de Columbia (EE. UU.), 1990. Disponible en línea en <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>.

The Geological Society of America. *Nature of Science and the Scientific Method*. Boulder, (Colorado, EE. UU.), 2012. Disponible en línea en <http://www.geosociety.org/educate/naturescience.pdf>.

Big History Project. *Big History: An Introduction to Everything* [en línea]. 2011. <http://www.bighistoryproject.com>.

Nuffield Foundation. *How science works* [en línea]. Londres (Reino Unido), 2012. <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/how-science-works>.

University of California Museum of Paleontology. *Understanding Science*. [en línea] <http://www.understandingscience.org> [Consulta: 1 de febrero de 2013] Berkeley, California (EE.UU).

Collins, S., Osborne, J., Ratcliffe, M., Millar, R., y Duschl, R. *What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the 'expert' community*. St. Louis, Missouri (EE. UU.): National Association for Research in Science Teaching (NARST), 2012.

*TIMSS (The Trends in International Mathematics and Science Study)* [en línea]. <http://timssandpirls.bc.edu> [Consulta: 1 de febrero de 2013].

*PISA (Programme for International Student Assessment)* [en línea]. <http://www.oecd.org/pisa> [Consulta: 1 de febrero de 2013].

*ROSE (The Relevance of Science Education)* [en línea]. <http://roseproject.no/> [Consulta: 1 de febrero de 2013].