

**MÁSTER PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN
PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

UAL CURSO 2012-2013

**EL RETO DE ENSEÑAR Y
APRENDER EVOLUCIÓN:
UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**

Alumna: **M^a Teresa Díaz de la Fuente**

Tutor UAL: **Eduardo Gallego Arjona**

Especialidad: Biología y Geología

ÍNDICE

1. Introducción.....	3
2. Justificación teórica del trabajo y objetivos.....	4
3. Contextualización y características del alumnado.....	6
4. Metodología, técnicas y recursos.....	11
5. Diseño y desarrollo de las propuestas didácticas.....	19
6. Resultados y conclusiones.....	24
7. Referencias bibliográficas y webgrafía.....	27
<i>Anexo I. Tabla 1: concepciones espontáneas.....</i>	<i>29</i>
<i>Anexo II. Resultados de pruebas en IES Celia Viñas.....</i>	<i>30</i>
<i>Anexo III. Actividad 1: Cuestionario previo. Evolución.....</i>	<i>32</i>
<i>Anexo IV. Actividad 3: La edad de la Tierra.....</i>	<i>33</i>
<i>Anexo V. Actividad 4.....</i>	<i>35</i>
<i>Anexo VI. Actividad 5: ¿Por qué las pruebas de la evolución demuestran la teoría evolutiva?.....</i>	<i>36</i>
<i>Anexo VII. Actividad 6.....</i>	<i>37</i>
<i>Anexo VIII. Actividad 7.....</i>	<i>43</i>
<i>Anexo IX. Actividad 8: Evolución humana.....</i>	<i>45</i>
<i>Anexo X. El experimento de Francisco Redi.....</i>	<i>46</i>

1. INTRODUCCIÓN

La evolución biológica es uno de los procesos más fascinantes y complejos de los que podemos encontrar en la naturaleza. Esto es debido a que la idea de evolución nos enseña nuestra historia, de dónde venimos, y nos relaciona con el resto de seres vivos. Sin embargo, debido a su gran complejidad, es uno de los campos de la ciencia peor comprendidos, incluso entre los propios científicos.

Es necesario que los docentes realicemos una planificación educativa con el objetivo de promover aprendizajes significativos, para que los estudiantes comprendan los aspectos básicos de la evolución de los seres vivos. Siempre desde una perspectiva de análisis de las pruebas y situaciones actuales en relación con las distintas teorías evolutivas.

Desde el principio se concibe este trabajo como un proceso de aprendizaje continuo, cuya idea surge en el periodo de prácticas llevado a cabo en el IES Celia Viñas, donde la experiencia vivida origina cuestiones a las que se trata de buscar una respuesta.

En el siguiente apartado se reflexiona sobre la importancia del estudio del proceso evolutivo y se plantean los objetivos que se persiguen en el presente trabajo. En el tercero se analiza el contexto en el que se estudia dicho proceso evolutivo, destacando las dificultades que aparecen en el estudio y la situación concreta de los estudiantes del IES Celia Viñas. El cuarto apartado se realiza una propuesta metodológica, que es la base para la propuesta didáctica desarrollada en el siguiente punto. Para finalizar, se exponen en el sexto apartado los resultados y las conclusiones del proyecto.

2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA DEL TRABAJO

La interpretación de los cambios que experimentan las especies a lo largo del tiempo como un proceso de selección natural ha generado, desde su formulación por Darwin y Wallace, grandes transformaciones en las teorías e investigaciones en biología, pero también en la forma de concebir el mundo y el lugar que los seres humanos ocupan en él. Supuso una verdadera revolución intelectual que ha influido tanto en la comunidad científica como en la opinión pública.

La importancia de los conocimientos relacionados con la evolución va más allá de un cierto bagaje cultural, ya que permiten explicar desde distintas perspectivas la existencia de la gran diversidad de organismos que se encuentran en la actualidad y otros fenómenos cotidianos (como la actual diversidad humana, las variedades entre las especies domésticas o de interés comercial y la resistencia bacteriana a los antibióticos). Pero también favorecen el conocimiento de los problemas, las pruebas y las corrientes ideológicas que propiciaron la formulación de dichas teorías, las cuales se han ido reformulando y enriqueciendo para dar lugar al conocimiento actual sobre evolución.

Uno de los objetivos fundamentales de la enseñanza de las ciencias es precisamente ese: capacitar al alumnado para interpretar el mundo según los conocimientos científicos actuales. Sin embargo, la realidad que nos encontramos es que los estudiantes responden de forma correcta a las preguntas de un examen, pero no son capaces de trasladar ese conocimiento a su vida cotidiana.

Es indiscutible, por lo tanto, la conveniencia de una construcción temprana y sólida de los conocimientos relacionados con la evolución de los seres vivos. Cañal (2009) reflexiona sobre la importancia de incluir el estudio de la evolución biológica en los primeros años de escolaridad obligatoria, en la educación primaria e incluso infantil.

En este trabajo se buscan respuestas a cuestiones que surgieron durante el periodo de prácticas realizado en el IES Celia Viñas al impartir la unidad didáctica correspondiente a la evolución y el origen de la vida. Se podría

resumir el proceso en los siguientes puntos:

1. Introducción y evaluación de una primera propuesta en las prácticas.
2. Análisis reflexivo sobre la propia práctica y detección de aspectos no fundamentados, insatisfactorios o problemáticos.
3. Estudio sobre tipos de actividades y estrategias de enseñanza nuevas para el docente que puedan ofrecer alternativas adecuadas para el desarrollo de los objetivos prioritarios o para solucionar otros aspectos concretos, mediante lecturas y consulta bibliográfica.
4. Diseño de nuevos procesos innovadores.

Los puntos anteriores del proceso dan lugar a los objetivos de este trabajo, que son los siguientes:

- Reflexionar sobre cómo enfrentarse al proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución biológica en esta etapa educativa.
- Analizar el contexto en el que se estudia el proceso evolutivo en la enseñanza secundaria obligatoria.
- Comprender la utilidad del estudio del proceso evolutivo.
- Analizar las dificultades que pueden surgir durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución.
- Realizar una propuesta metodológica de técnicas y recursos para hacer frente a la situación desde el punto de vista del docente.
- Analizar y evaluar la propuesta didáctica llevada a cabo en el periodo de prácticas realizado en el IES Celia Viñas.
- Realizar mejoras en la propuesta didáctica inicial.

3. CONTEXTUALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ALUMNADO

A pesar de su papel central en las ciencias de la vida, la biología evolutiva no ocupa un puesto prioritario en los planes de estudio de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO). Tanto es así que no se incluye en el currículo oficial hasta el cuarto curso, en la asignatura de *Biología y Geología*, cuyo estudio es optativo. Esto implica que un estudiante puede acabar la enseñanza obligatoria sin haber estudiado de forma directa el proceso evolutivo y su importancia.

Esta situación se intentó remediar mediante la implantación de la asignatura de *Ciencias para el Mundo Contemporáneo* en primero de bachillerato, obligatoria desde 2006 (Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo de Educación, LOE), permitiendo así completar el estudio de conceptos de actualidad científica que en cursos anteriores habían quedado pendientes. Cabe destacar también que la ya futura LOMCE (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa) da un paso atrás en este aspecto, al eliminar dicha asignatura del currículo oficial, volviendo a dejar inacabado el estudio de las ciencias en la enseñanza obligatoria.

El presente trabajo se centra en el alumnado de cuarto curso de secundaria. Este alumnado ya ha trabajado la evolución en otros contextos, pero se encuentra por primera vez ante el estudio en profundidad del proceso evolutivo. Así, muchos de los conceptos que forman parte de la unidad didáctica correspondiente no son completamente nuevos para ellos. Algunos de ellos son los conceptos previos erróneos de los que parten, contrarios al conocimiento científico, y supondrán un obstáculo en su aprendizaje. Desde hace más de dos décadas, se ha demostrado que gran parte del alumnado de secundaria tiene dificultades para entender los mecanismos básicos responsables de la evolución biológica (Jiménez, Brañas y Pizarro, 1992; Grau y Manuel, 2002).

Es imprescindible, desde el punto de vista del docente, conocer los errores conceptuales de los que el alumnado parte y que se deben tener en cuenta a la hora de preparar y llevar a cabo el diseño didáctico. En otras palabras, el docente debe saber qué entienden sus alumnos por evolución.

Al parecer (Grau y Manuel, 2002), muchas de estas concepciones alternativas están influidas por cómo procesamos lo que ocurre a nuestro alrededor. Una de estas formas de procesamiento es la **utilización de reglas simplificadoras** para comprender las causas de procesos complejos.

Un ejemplo de este uso del sentido común aplicado a procesos biológicos sería la explicación de la adquisición de nuevas características anatómicas en seres vivos mediante el uso y desuso de determinados órganos o partes del cuerpo. Este es un **pensamiento causal simple** fuertemente vinculado a planteamientos lamarckistas.

Se suma a todo ello la aplicación de cierto **empirismo** (concepción con la que evaluamos la credibilidad de un hecho según nuestra experiencia) asumiendo que las modificaciones adquiridas se pueden transmitir a la descendencia (ideas *neolamarckistas* según Gould). Un ejemplo de este fenómeno es la creencia común de que un recién nacido será *más* moreno cuanto más se hayan bronceado sus padres a lo largo de su vida.

A todo lo anterior habría que añadir una cierta **visión teleológica** o, dicho de otra manera, la tendencia a encontrar tras todo fenómeno natural una causa final, como la intención de mejora o de supervivencia por parte de los organismos en el proceso evolutivo. Esta sería también la razón de que se atribuya un *origen adaptativo a las mutaciones* como respuesta a un cambio externo, normalmente ambiental.

Otra fuente de errores es atribuir a los seres vivos propiedades psicológicas propias de los humanos: el **pensamiento antropocéntrico**. Para muchos estudiantes, el origen de la evolución es la respuesta consciente de los organismos a los cambios ambientales, lo que provoca una modificación del comportamiento y, como resultado, cambios anatómicos o morfológicos.

Esta clase de conceptos erróneos, se ven favorecidos por el uso que se le da desde distintas **manifestaciones culturales** (películas, cómics, medios de comunicación e internet) en las que se ofrece una visión distorsionada de términos y conceptos científicos. Un ejemplo es el significado atribuido al término *mutación* y que puede relacionarse con *mutante, extraño, deforme...* O que la selección natural consiste en la *supervivencia del más fuerte* y que *el*

chimpancé es un antepasado de los humanos, ya que procedemos de los monos.

Hay que considerar también las **influencias culturales** y las que son consecuencia del **uso del lenguaje**, como la expresión *adaptarse o morir*, o la creencia común de que hay que *adaptarse a las circunstancias*. El uso coloquial, útil en costumbres sociales, que se le da al término *adaptación* no tiene que ver con su significado biológico, y puede interferir también en la construcción de conceptos científicos.

En algunos casos la existencia de estos conceptos erróneos se debe simplemente a la mala interpretación y las influencias sociales. Pero podemos encontrar también concepciones que van más allá de las creencias y cuya carga ideológica está más marcada:

- Considerar la evolución como una *teoría* y no un *hecho*.
- La concepción de que la especie humana se encuentra en la cúspide de la evolución, siendo la inteligencia humana la cumbre del proceso evolutivo.

Es importante que los estudiantes comprendan en qué consiste el método científico para entender que el término *teoría* utilizado coloquialmente no se corresponde con el utilizado en ciencia (*teoría científica*). Aunque, por supuesto, considerar la evolución una *teoría científica* no implica que no pueda ser cuestionada.

Las especies actuales han sobrevivido a millones de años de cambios, aunque estos cambios se han dirigido en una dirección distinta en cada una. Así, podemos encontrar unas especies que tienen el cuello más largo, otras el olfato más desarrollado o quizás una mayor velocidad de desplazamiento. Sin embargo, no consideramos por alguna de estas características a una especie superior al resto. De igual forma y de manera objetiva, la inteligencia humana no puede ser considerada una característica que esté por encima de las demás, salvo si, efectivamente, utilizamos una perspectiva antropocéntrica.

En muchas ocasiones, es difícil la distinción entre **problemas de expresión** o errores de poca importancia teórica e interpretaciones

completamente equivocadas (Jiménez, 2002), sin descartar que los propios docentes pueden verse en ocasiones influidos por estas mismas concepciones erróneas. En la *tabla 1 (anexo I)* se pueden observar algunos ejemplos que resumen lo tratado en este punto.

Experiencia en el IES Celia Viñas

Como se ha indicado anteriormente, este trabajo consta de dos partes: la visión teórica de los obstáculos a los que se enfrenta un docente a la hora de enfrentarse al proceso de enseñanza-aprendizaje de la evolución biológica y el análisis de los datos obtenidos tras el periodo de prácticas en el que se trabajan estos mismos contenidos, con el fin de mejorar la propuesta didáctica utilizada en dicho periodo.

Los datos fueron obtenidos tras la puesta en marcha de la unidad didáctica correspondiente de la asignatura *Biología y Geología* en un grupo de cuarto curso de secundaria en el IES Celia Viñas. Debido a la optatividad de la asignatura, el alumnado es muy cambiante en función del año escolar, sobre todo si consideramos el número de alumnos.

Este curso 2012/2013, sólo ocho alumnos han elegido cursar la asignatura. El hecho de que sean tan pocos naturalmente condiciona el planteamiento y la programación de las unidades didácticas, permitiendo un seguimiento más personalizado por parte del profesorado en esta asignatura. Aunque por norma general el ambiente de trabajo es muy bueno, el escaso número se traduce con cierta frecuencia en un exceso de confianza por parte de los alumnos.

En esta unidad didáctica se intenta que el alumnado se familiarice progresivamente con la cultura científica y su importancia, y en concreto con los conceptos de evolución biológica y origen de la vida, de manera que se enfrente a problemas abiertos participando en la construcción y puesta a prueba de soluciones fundamentadas. Se exige un mayor grado de profundidad en las ideas que se estudian, resaltando lo común y lo global en el aprendizaje científico, integrando aspectos de varios campos científicos.

Es coherente, por lo tanto, dentro de este mismo apartado, analizar el contexto concreto del alumnado referido anteriormente. Se llevó a cabo una prueba que permitiera al docente comprender, de forma general, qué

dificultades iban a tener los estudiantes a la hora de enfrentarse a los contenidos y cuáles eran las concepciones erróneas que tenían. Tras la identificación de concepciones erróneas del alumnado, estas pueden resumirse en la siguiente lista:

- **Selección natural** como el *intento* de los seres vivos por adaptarse al medio para sobrevivir.
- La **selección natural** proporciona a los seres vivos lo que *necesitan* para sobrevivir.
- Aparición de nuevas características por *necesidad*.
- Evolución como camino progresivo y lineal.
- Falta de **pruebas** que demuestren la evolución.
- **Teoría de la evolución** cada vez más *rechazada* en el ámbito científico.
- **Adquisición de nuevas características anatómicas** en seres vivos mediante el *uso y desuso* de determinados órganos o partes del cuerpo.
- **Mutaciones** como perjudiciales.
- *El chimpancé es un antepasado de los humanos* porque procedemos de los monos.
- La evolución es falsa porque afirma que los *humanos proceden de los monos*.
- Los seres vivos evolucionan siendo *cada vez un poco más* resistentes, oscuros, etc. (cambio gradual)

Al observar los resultados de la prueba es posible confirmar la existencia de ideas previas efectivamente relacionadas con las que se muestran en la *tabla 1 (anexo I)* y que afloraron al comenzar a trabajar la unidad didáctica. Sin embargo, las ideas que se reflejaban en la prueba eran de gran sencillez y con el único objetivo de identificar las concepciones alternativas del alumnado. También debido a esto se comprobó que las respuestas del alumnado eran en su mayoría correctas (*tabla 2, anexo II*).

4. METODOLOGÍA, TÉCNICAS Y RECURSOS

Independientemente del análisis crítico que puede hacerse de una ley educativa, inevitablemente el docente está obligado a ceñirse a lo que se indica en la norma. Es coherente, de este modo, realizar una propuesta metodológica partiendo de esas premisas, y que permita desarrollar los contenidos conceptuales, a la vez que los procedimentales y actitudinales.

En cuanto al enfoque metodológico, muchos autores (Jiménez, Brañas y Pizarro, 1992; Caballer, Giménez y Madrid, 2002; Ayuso y Banet, 2002) resaltan la importancia de que el docente busque la **implicación activa** del estudiante en las clases, de forma que se enfrente a la interpretación de distintos ejemplos de un fenómeno, el diseño de experimentos o la crítica argumentada a interpretaciones de otras personas, superando así el papel de receptor pasivo. Sin embargo, en mi opinión, hay un detalle que es imprescindible resaltar: que los estudiantes sepan en todo momento *por qué* se estudian estos contenidos, ya que es esa importancia la que justifica la búsqueda de participación activa del alumnado.

Los mismos autores mencionan que resulta efectivo trabajar con el alumnado dividido en **pequeños grupos** (que a partir de ahora denominaremos equipos), ya que así se facilita el intercambio de ideas y la participación. Resaltaría dos tipos: el trabajo en pequeños equipos con roles establecidos y el equipo de expertos, en el que todos los miembros del equipo cumplen el mismo papel.

Con las actividades planteadas en la propuesta didáctica se pretende promover la **argumentación** del alumnado sobre cuestiones científicas. Pero no se busca que el docente *enseñe* de forma explícita en qué consiste, sino que el estudiante aprenda mediante la práctica con sus compañeros favoreciendo así los enfoques de indagación. La argumentación se entiende como la *evaluación de los enunciados de conocimiento* a la luz de las pruebas disponibles (Jiménez, 2008). Esto implica también convencer a una audiencia, ya sean oyentes o lectores. Aprender ciencias conlleva trabajar con ideas,

proponiéndolas, discutiéndolas y evaluándolas en base a pruebas. Tanto científicos como estudiantes necesitan también comunicar ideas científicas, leer, construir significados y escribir textos relacionados con la ciencia.

Las ideas desarrolladas anteriormente perfilan la clase de ciencias como un lugar donde se producen y se aplican conocimientos. Así, los estudiantes no son receptores o “consumidores” de información sino protagonistas de su propio aprendizaje. El aula se convierte, en definitiva, en un espacio en el que se piensa científicamente (Jiménez y otros, 2003).

Una vez desarrollado el enfoque metodológico general, y partiendo de la bibliografía consultada y de mi experiencia personal, propongo las siguientes fases para trabajar los contenidos de evolución biológica recogidos en el currículo oficial.

Primera fase: exploración, iniciación o diagnóstico

La cantidad de textos científicos sobre didáctica de la evolución biológica en secundaria es extensa y los puntos de vista son variados. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, se hace hincapié en la importancia de conocer las concepciones espontáneas del alumnado (Jiménez, Brañas y Pizarro, 1992; Maymó, 2003; Jiménez y otros, 2003; Puig y Jiménez, 2009). Estas se pueden consultar en el apartado tercero de este mismo trabajo. De este modo, la **primera fase** que debemos considerar en la secuencia de aprendizaje es la de *exploración, iniciación o diagnóstico*, con el objetivo de que el docente, y los propios estudiantes, sean conscientes de los conocimientos, ideas y dificultades de dicho alumnado antes de comenzar la unidad didáctica. Es imprescindible incluir actividades de exploración de ideas previas que provoquen *conflicto conceptual*, es decir, confrontación con las concepciones alternativas del alumnado. Además es recomendable que dichas cuestiones y sus respuestas se retomen más tarde a lo largo de la unidad. Esta fase de iniciación servirá también para que el alumnado plantee preguntas y sean tenidas en cuenta a la hora de programar las actividades.

La idea no es pedir al alumnado una interpretación para después hacerles ver que están *equivocados*, sino poner de manifiesto que una situación se

puede interpretar de distintas formas y las conclusiones se deben sacar siempre en función de las pruebas que se disponen.

Para el docente, quizás el aspecto más complicado es el de basar el ritmo de la clase en el proceso de cambio de las ideas del alumnado y que este mismo ritmo sea una evolución apoyada en las concepciones previas del alumnado, diferenciando las erróneas y ampliando las acertadas. Será complicado, principalmente, por el número de estudiantes o la implicación de estos; pero si esto se consigue, el clima de la clase hará sentir al alumnado que sus interpretaciones son valoradas y comenzarán a tener interés por controlar su propio aprendizaje.

Es necesario destacar que algunos obstáculos para aprender evolución tienen su base en un conocimiento poco adecuado de la genética, de modo que lo más conveniente sería desarrollar los contenidos de genética incluidos en el currículo del cuarto curso de secundaria antes de la unidad didáctica de evolución biológica y realizar conexiones educativas evidentes entre ambos bloques (Ayuso y Banet, 2002; Maymó, 2003).

Segunda fase: pruebas de evolución

Por las razones que se describen a continuación considero imprescindible que se comience con el estudio de las pruebas evolutivas. Las pruebas cumplen un papel fundamental en la construcción del conocimiento científico, ya que sirven para mostrar si un enunciado es cierto o no. Esto no implica que su evaluación sea un proceso completamente objetivo, puesto que diferentes modelos teóricos producirán distintas interpretaciones.

Es importante en cualquier campo científico aprender a usar y evaluar pruebas y coordinar dichas pruebas con teorías o hipótesis, siendo esta una de las tres capacidades que forman parte de la competencia científica. El segundo objetivo de conocer y discutir en base a las pruebas de evolución es el de proporcionar herramientas para poder valorar de forma crítica afirmaciones como las fundamentalistas, ya que el alumnado puede encontrarlas fácilmente en los medios o en algunos textos. El estudio de las pruebas también permite al estudiante relacionar el proceso evolutivo con su vida diaria y no como una mera teoría que explica fenómenos del pasado.

Jiménez y Puig (2009) mencionan cómo se trata esta cuestión en los libros de texto. La tendencia es indicar diferentes tipos de pruebas y mencionar ejemplos de cada tipo, como la existencia de órganos análogos o la existencia de fósiles intermedios. Estos autores recomiendan el análisis de algunos casos en detalle, de forma que el estudiante comprenda *por qué* constituyen pruebas de evolución y obtenga conclusiones a partir de esos datos.

Realizan además un estudio en el que el alumnado responde de forma similar a la que se observa en el libro de texto, mediante enumeración de pruebas. Y se comprueba que, efectivamente, los estudiantes tienen dificultades para refutar o apoyar conclusiones basándose en pruebas y no son capaces de explicar por qué los datos aportados eran una prueba de la teoría de la evolución.

Se puede concluir que, a falta de que los libros de texto incluyan datos y explicaciones de por qué dichos datos constituyen pruebas, es necesario que el profesorado supla esa carencia con actividades en las que el alumnado practique su uso.

Tercera fase: estudio de teorías

En esta fase se pretende hacer comprender a los estudiantes que los modelos teóricos son como gafas de diferentes colores y aumentos que condicionan nuestra manera de “ver” e interpretar datos. Los datos, las observaciones y las pruebas no se expresan por sí mismos, sino que se pueden interpretar de distinta forma dependiendo del modelo teórico que se utilice.

Según Barros, Losada y Tiburzi (2011), un planteamiento lógico en esta fase sería proponer varias preguntas que permitirán desarrollar el tema mediante la búsqueda de soluciones:

– *¿Cómo podemos explicar que exista tanta diversidad de seres vivos?*

En general el evolucionismo es admitido por los estudiantes, dejando de lado el fijismo, pero es necesario que comprendan por qué se siguen estudiando las teorías fijistas (o el propio lamarckismo) a pesar de la existencia de numerosas pruebas que las descartan.

– *Si los seres vivos cambian, ¿cómo se puede explicar ese cambio?*

Observando en el apartado anterior las concepciones erróneas que tienen los estudiantes y el currículo que debe cumplirse legalmente, encontramos el siguiente obstáculo: el pensamiento lamarckista está enraizado en los conceptos previos del alumnado. Esto supondrá un problema a la hora de comprender, razonar, aceptar y aplicar otras teorías evolutivas. Aquí será necesario retomar las cuestiones que se plantearon en el análisis de ideas previas para hacer ver al alumnado que las interpretaciones lamarckistas no son algo del pasado (Jiménez, Brañas y Pizarro, 1992).

– *¿Cómo surge la variabilidad en las poblaciones? ¿Cuál es el agente de cambio?* Estas cuestiones permitirán introducir la hipótesis neodarwinista y otras actuales, y a la vez surgirán nuevas preguntas que excederán a los límites de las propuestas.

Del mismo modo que en el caso de las pruebas evolutivas, los libros de texto suelen limitarse a la enumeración de las ideas principales de cada teoría y a la ejemplificación escasa. Aprender un modelo o teoría de forma declarativa y ser capaz de transferirlo o aplicarlo a nuevas situaciones son conceptos procedimentales distintos y son relaciones que el alumnado no puede hacer de forma automática. Por esta razón, es imprescindible que el alumnado aplique cada nuevo modelo de teorías a **diferentes situaciones**, de forma que comprenda que una teoría no es algo estático y sea capaz de sacar conclusiones sin reproducir incoherentemente la información del libro de texto.

Por ejemplo, los casos en el que la población presenta una **desventaja adaptativa** resultan más difíciles de interpretar para los estudiantes que si se habla de una ventaja, que son los que suelen aparecer en los libros de texto. Es más interesante que interpreten distintos ejemplos, tras el estudio de las teorías, para que sean conscientes de qué perspectiva usan y contribuir a que controlen su aprendizaje.

Una actividad que puede resultar muy interesante es el **estudio de noticias de prensa, documentales, películas o incluso anuncios de televisión** para discutir la frecuencia de interpretaciones antropomórficas y lamarckistas o para poner de manifiesto que la selección natural tiene, en la

actualidad, grandes implicaciones sociales.

Es en este punto en el que se debe hacer hincapié en los aspectos relacionados con la genética que se traducen en problemas de comprensión por parte del alumnado, con el fin de evitarlos. Ayuso y Banet (2002), destacan los **principios elementales de genética** que se deben tener en cuenta para el aprendizaje de la teoría evolutiva actual:

- Tomar como ejemplo preferente al ser humano, utilizando características fáciles de identificar: color de piel o de ojos.
- Hacer referencia a la mitosis, prestando atención tanto a la fase en la que se duplica el material genético como a la igualdad genética de las células hijas.
- Recordar que la reproducción sexual es el mecanismo utilizado por la mayor parte de los seres vivos para la perpetuación.
- En la meiosis, destacar tanto el desigual contenido genético de los gametos resultantes como su dotación haploide.
- Clarificar el concepto de mutación y su aleatoriedad.
- Relacionar la meiosis y las mutaciones como factores que contribuyen a la diversidad intraespecífica.
- Cuestionar la idea utilizada por los estudiantes para explicar la aparición de nuevas especies de que dos organismos de especies próximas pueden cruzarse entre sí ignorando la existencia de distinta dotación cromosómica de los gametos.

Algunas ideas de recursos que pueden utilizarse en clase son: uso de **textos científicos** y de **divulgación** como fuente de contextos y ejemplos variados y la búsqueda de aspectos interesantes en la vida de los científicos que se estudian, ya que permitirán acercar los descubrimientos a la vida diaria del estudiante.

El análisis, por parte de los propios alumnos, de los posibles cambios que se hayan producido en sus explicaciones iniciales es imprescindible, siempre desde la perspectiva del nuevo aprendizaje.

Cuarta fase: evolución humana

El estudio de la evolución, además de ayudarnos a comprender nuestra relación con el resto de los seres vivos, constituye un ejemplo de evolución histórica de la propia ciencia en paralelo con la evolución social.

Del mismo modo que en las fases anteriores, el alumnado parte con unos conceptos que en muchos casos son erróneos y será indispensable proponer situaciones en las que se completen o sustituyan por otros aceptados científicamente.

Se pueden afrontar en este punto las dificultades con:

- la dimensión temporal.
- la eliminación de una jerarquía en la que los humanos están por encima del resto de seres vivos.
- la comprensión de la diversidad humana.
- la coexistencia de especies en la evolución homínida.

El estudio de la evolución humana se lleva a cabo en una fase distinta ya que puede usarse para reforzar los contenidos de las fases anteriores, tanto desde el punto de vista de pruebas de evolución como el de distintos modelos teóricos. Además, se puede hacer hincapié en la importancia de la opinión social en el momento en el que se desarrolla una teoría, por ejemplo, ¿qué razones tuvo Darwin para esperar tantos años antes de publicar *El Origen de las Especies*?

Quinta fase: origen de la vida

Esta fase se basa en el trabajo: primero, mediante la realización de experimentos, dirigidos por el profesorado, por parte del alumnado, siempre con la participación del docente que dirige las experiencias y, segundo, mediante el trabajo en equipos de las diferentes hipótesis sobre el origen de la vida.

Sexta fase: evaluación y revisión de la propuesta didáctica

El proceso de enseñanza-aprendizaje queda incompleto si no se realiza una evaluación. Ya que dicha evaluación no sólo mide resultados, sino que

condiciona qué y cómo se enseña y, muy especialmente, qué aprenden los estudiantes y cómo lo hacen.

Se propone una **evaluación formadora** durante todo el proceso, con la que se busca aumentar la eficacia del procedimiento llevado a cabo por el alumnado. El reto consiste en que el estudiante, mediante la realización de actividades, reconozca las causas de las diferencias entre lo que se propone aprender y sus propias ideas.

Esta evaluación comienza con la primera actividad, en la que salen a la luz concepciones erróneas y continúa hasta el repaso que se hace al final de la unidad didáctica. Desde el principio se busca que sea el propio estudiante el que proponga sus dudas y las vaya resolviendo en un ejercicio de *autorregulación*, ya sea individualmente o con el equipo de trabajo (*coevaluación*), guiado siempre por el docente. Durante este proceso de autorregulación, los estudiantes deben conocer cuál es la finalidad de lo que se hace en el aula. Para ello se resalta el papel de las preguntas realizadas por el docente como herramienta de focalización del aprendizaje.

Con el objetivo de favorecer la autorregulación, se plantea una **evaluación metodológica**, que debe realizar el alumnado. Este tipo de evaluación pretende comprobar el funcionamiento de la clase y, en definitiva, evaluar los contenidos actitudinales. Es especialmente útil tras el trabajo de equipo, ya que permite que el propio equipo reflexione sobre su forma de trabajar y proponga opciones de mejora.

Por otro lado, es imprescindible que el alumno sea consciente de si ha cumplido los objetivos marcados y para ello se plantea la **evaluación calificadora**. Se utilizan para ello criterios e indicadores de evaluación para calificar y acreditar los resultados.

5. DISEÑO Y DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS DIDÁCTICAS

La secuencia de actividades que se propone es el resultado de la reelaboración de la propuesta inicial, después de su puesta en marcha en el aula durante el periodo de prácticas en el IES Celia Viñas. Sin embargo, esta es sólo una propuesta, ya que el contexto de cada grupo de estudiantes es distinto y se deberá ajustar el desarrollo de cada unidad didáctica a dicha situación.

Debido a mi experiencia personal, considero de gran importancia el trabajo en pequeños grupos y que dicha forma de trabajo esté, desde el principio de curso muy clara para el docente. El establecimiento de roles con responsabilidades variadas y concretas, objetivos y criterios de evaluación comunes y claros para el alumnado, pueden unir al equipo con más sentido en el trabajo, logrando así mejores resultados. Aún así, es imprescindible de igual modo la puesta en marcha de actividades individuales que fomenten la capacidad de trabajo autónomo en la resolución de actividades.

Considero necesario destacar que las actividades que se adjuntan en los anexos no son las mismas que las que usé en el periodo de prácticas. Todas han sido reelaboradas con el fin de mejorarlas.

Primera fase: exploración, iniciación o diagnóstico

Actividad 1: Cuestionario inicial

Se lleva a cabo un cuestionario individual en el que el alumnado se enfrenta a varias preguntas variadas relacionadas con el tema (*anexo III*). El hecho de evitar los cuestionarios de elección múltiple permitirá obtener más información sobre si el alumnado tiene concepciones erróneas o problemas a la hora de expresarse. En esta actividad se pide también que el estudiante elabore una lista de preguntas que le hayan surgido durante la realización del cuestionario o cualquier duda inicial relacionada con el tema.

Actividad 2: Puesta en común del cuestionario y las dudas

Se forman los primeros equipos para comparar las respuestas de cada

estudiante. Dispondrán del mismo cuestionario, sólo una copia por equipo, al que deberán contestar. Será el primer contacto con la argumentación, ya que si un estudiante está seguro de su respuesta, tenderá a convencer al resto de miembros del equipo.

Estas dos primeras actividades permitirán al docente conocer qué concepciones erróneas tienen sus alumnos y las cuestiones que propongan se tendrán en cuenta para dirigir las siguientes actividades. Además, se pedirá a los estudiantes que tengan una hoja en la libreta dedicada sólo a escribir las dudas que vayan surgiendo a lo largo del trabajo de la unidad didáctica. Las preguntas que no sean contestadas en el desarrollo mismo de la unidad, servirán como actividades de repaso al final del tema.

Segunda fase: pruebas de evolución

El objetivo en esta fase es que, mediante el estudio de casos concretos, el alumnado comprenda *por qué* se eligen como pruebas evolutivas los ejemplos que muestran su libro de texto.

Actividad 3: La edad de la Tierra

Esta actividad va a permitir una mejor comprensión del tiempo geológico y los periodos en los que se divide la edad de la Tierra en función de sus características. Se trabaja la capacidad de argumentación y síntesis de información de forma personalizada, ya que la actividad será realizada individualmente. Además puede ser propuesta como actividad de contenido transversal, puesto que se utilizan recursos en inglés (*anexo IV*).

Actividad 4: Antecesor común y parentesco

Utilizando la información del libro y utilizando un par de recursos, se pide al estudiante que responda a algunas preguntas relacionadas con el tema (*anexo V*).

Actividad 5: ¿Por qué las pruebas de la evolución demuestran la teoría evolutiva?

Se pide, por equipos, que los estudiantes completen una tabla de evidencias evolutivas. Para ello podrán consultar gran variedad de recursos

interactivos relacionados (*anexo VI*).

Tercera fase: estudio de teorías

¿Qué confiere a cada organismo su identidad específica y su identidad individual?, o dicho de otra forma: ¿por qué de los huevos de perdiz salen perdices y por qué cada gato no es exacto a ningún otro? ¿Cómo explica y ha explicado la ciencia todo esto en el pasado? Estas son algunas de las preguntas a las que se intentará responder en esta fase.

Actividad 6: ¿Cómo podemos explicar que exista tanta diversidad de seres vivos? ¿Cómo se explicaba antes?

Los conocimientos estudiados previamente se completarán con nuevos contenidos y los estudiantes deberán contestar a las preguntas que se plantean, argumentando en todo momento las conclusiones a las que llegan. Además, deberán poner ejemplos de cómo ha cambiado su percepción de algunas situaciones (*anexo VII*).

Actividad 7: ¿Qué importancia tiene la evolución en la actualidad?

El pensamiento lamarckista está enraizado en las concepciones previas del alumnado. Esta relación de ejercicios permitirá a los estudiantes enfrentarse a situaciones más cercanas en las que tendrán que aplicar lo aprendido anteriormente (*anexo VIII*).

Cuarta fase: evolución humana

Actividad 8: Esta actividad permitirá a los estudiantes comparar diferentes árboles genealógicos y sacar conclusiones sobre las diferencias. Además, investigarán sobre las influencias sociales en la ciencia (*anexo IX*).

Quinta fase: origen de la vida

En esta fase se trabajará mediante actividades y realización de experiencias (experimentos de Redi y Pasteur). Se puede consultar en el *anexo X* un ejemplo de los experimentos a realizar.

Actividad 9: ¿Cuál es el origen de la vida? ¿Cómo apareció el primer ser

vivo? Por equipos, los alumnos deberán informarse sobre las diferentes hipótesis existentes que buscan explicar el origen de la vida y realizar un trabajo para exponer al grupo-clase.

Sexta fase: evaluación y revisión de la propuesta didáctica

Evaluación formadora

Como se ha indicado anteriormente, el objetivo de este tipo de evaluación es que el estudiante resuelva las dudas que, desde el principio, se ha ido planteando. Ya sea con sus compañeros o individualmente y siempre guiado por el docente. La resolución de dudas se favorece al enfrentarse el alumnado a las situaciones que las actividades le plantean.

Evaluación metodológica

Está especialmente dirigida a evaluar la forma de trabajar de los equipos por los mismos miembros que lo componen. Esta técnica permite que el alumnado sea consciente de qué aspectos han fallado y cómo pueden mejorarse. Una propuesta es plantear preguntas del siguiente tipo:

- ¿Hemos cumplido los objetivos?
- ¿Hemos distribuido bien el trabajo?
- ¿Hemos cumplido nuestros papeles en el equipo (si los hubiera)?
- ¿Hemos respetado los tiempos de entrega?
- ¿En qué hemos fallado? ¿Por qué?
- ¿Cómo podemos mejorarlo? Escribid varias propuestas de mejora

La resolución de preguntas tan simples como las anteriores puede evitar que los errores se repitan.

Evaluación calificador

La calificación individual de los objetos de evaluación debe llevarse a cabo respetando los criterios de evaluación. Para ello son imprescindibles los indicadores de evaluación.

Por otro lado, para la calificación de las actividades de equipo se tendrá en cuenta tanto la entrega (o exposición) de las mismas como la evaluación metodológica realizada por los miembros de este.

Es recomendable la planificación de la evaluación mediante rúbricas. Una rúbrica es una matriz que explicita los criterios de evaluación relacionados, por un lado, con la evaluación de una competencia y, por el otro, con indicadores de los diferentes niveles de logro.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Periodo de prácticas y propuesta didáctica inicial

El periodo de prácticas estuvo caracterizado principalmente por la falta de tiempo que impidió que desarrollase la unidad didáctica completa. Además, la tardía comunicación de quiénes eran nuestros tutores de prácticas impidió una preparación previa de la planificación. Por estas razones mi planificación presentó algunos fallos que vi imprescindible corregir. mi tutor acaba de escribirme

Después de una amplia consulta bibliografía y de recursos, me gustaría resaltar las siguientes conclusiones tras comparar las actividades que llevé a cabo y las propuestas en este trabajo:

– Utilizar una prueba de ideas previas tipo test sólo si los estudiantes vuelven a realizarla al finalizar la acción educativa. Un test puede ser muy útil para comprobar la eficacia de la acción educativa. Sin embargo, se sacan más y mejores conclusiones cuando el alumnado se expresa redactando de forma abierta por escrito, ya que suelen tener más dificultades.

No se pueden incluir datos cuantitativos que permitan la comparación de resultados ya que la prueba inicial incluye ideas sencillas que se van completando durante el desarrollo de la unidad didáctica. La mayoría de los estudiantes responden correctamente a las preguntas, debido principalmente a la simplicidad de las mismas. Consideré innecesario volver a usar el cuestionario de ideas previas al final de la unidad, ya que correspondía a un nivel muy por debajo al que en ese momento el alumnado tenía. Por otro lado, no consideré coherente utilizar un cuestionario inicial complejo que incluyese contenidos que los alumnos aún no habían estudiado. Los resultados del cuestionario inicial utilizado se resumen en la *tabla 2 (anexo II)*.

A pesar de las conclusiones anteriores, creo que el cuestionario inicial que utilicé en el periodo de prácticas podía mejorarse, por lo que realicé una reelaboración del mismo (*anexo III*).

– Tras realizar una actividad por parejas, la falta de tiempo impidió la puesta en común en el grupo-clase de las conclusiones. Considero esto un fallo ya que no recopilamos las conclusiones a las que habían llegado los

estudiantes.

– Como se ha comentado anteriormente, la unidad didáctica se dividió en dos partes. Así, la evaluación calificadora se llevó a cabo a mitad del tema. Muchos conceptos no estaban aún claros y habría sido conveniente terminar el tema para seguir aclarando las dudas antes de realizar la evaluación.

Resultados de la prueba en prácticas

Tras realizar la *evaluación calificadora* de la unidad didáctica desarrollada, comprobé que los estudiantes seguían cometiendo algunos errores:

- Comprensión lectora y problemas de expresión escrita.
- Confusión en ejemplos de pruebas evolutivas.
- Teoría evolutiva como explicación de *origen de la vida*.
Este error es consecuencia la división de la unidad en dos partes ya que, por falta de tiempo en las prácticas, tuvimos que programar el examen antes de tiempo.
- Mutaciones no aleatorias y errores de comprensión de teoría sintética.
- *Evolución* es sinónimo de *mejora*.
- Los individuos *perfectos* son favorecidos por selección natural.
- La selección natural *proporciona* nuevos caracteres para que puedan adaptarse mejor al medio y tener descendencia.
- Según Darwin, los animales que no son favorecidos por selección natural *desaparecen rápidamente*.
- Las ideas principales de las teorías fijistas se *mantienen* en las teorías evolutivas actuales.
- Problemas a la hora de identificar la importancia de la herencia y la recombinación genética

Se confirma la persistencia de algunos de los errores de los que aparecen en la *tabla 1 (anexo I)* y al realizar el cuestionario inicial. Sin embargo, en algunos casos los estudiantes sí fueron capaces de explicar situaciones concretas desde puntos de vista de diferentes teorías (*anexo II, tabla 3*).

Conclusiones de la nueva propuesta didáctica y el trabajo

La realidad es que, para el desarrollo de la propuesta realizada, se requiere un tiempo de realización que supera al que tradicionalmente se dedicaría a *explicar el tema*. Sin embargo, lo considero necesario ya que el objetivo debe ser que el estudiante aprenda y comprenda lo que estudia y por qué lo hace.

Estoy segura de que mi propuesta didáctica puede mejorarse. Y la idea es precisamente esa: proponer las bases que puedan ser modificadas en función del contexto de cada grupo.

Desde el punto de vista de mi formación como docente, la elaboración de este trabajo me ha servido para:

- Ampliar mis conocimientos sobre los contenidos y comprobar la necesidad de elegir bien la forma de impartir la materia.
- Reafirmar la importancia para el docente de aprender en la enseñanza mediante la práctica, es decir, planificando, enseñando y evaluando para mejorar.
- Consolidar el valor de la autoevaluación de la metodología utilizada por el docente y la búsqueda incansable de mejoras a través de la investigación didáctica en el aula.
- Confirmar la importancia de hacer partícipe al estudiante de su propia formación, con una interacción constante docente-estudiante y teniendo en cuenta las ideas previas, dudas y preferencias del alumnado.
- Aumentar las ganas de llevar a cabo la propuesta realizada. Con otras palabras, no terminé cansada, sino con más ganas de seguir aprendiendo mediante la enseñanza.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBGRAFÍA

- Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo de Educación (LOE).
- Ley 17/2007 de 10 de diciembre de Educación de Andalucía (LEA).
- Real Decreto 1631/2006 de 29 de diciembre.
- Ayuso y Banet (2002). *“Pienso más como Lamarck que como Darwin”*: comprender la herencia biológica para entender la evolución. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 32 [versión electrónica]
- Barros, Losada y Tiburzi (2011). *Interpretando la evolución*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 67, pp. 88-95.
- Caballer, Giménez y Madrid (2002). *La evolución. Programación de aula: ¿qué queremos conseguir?*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 34 [versión electrónica].
- Cañal (2009). *Acerca de la enseñanza sobre la evolución biológica en la escuela infantil y primaria*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 62, pp. 75-91.
- Cañal y otros (2011). *Didáctica de la Biología y la Geología*. Editorial GRAÓ.
- Ferrer (2011). *La evolución biológica*. Journal of Feelsynapsis (JoF) 2
- Grau y Manuel (2002). *Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 32, pp. 56-64.
- Gould (2006). *El Pulgar del Panda*. Editorial Crítica.
- Jiménez (2002). *Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido el olfato?*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 32 [versión electrónica].
- Jiménez (2008). *Designing argumentation learning environments*. In: S. Erduran & M.P. Jiménez-Aleixandre (eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 91–115), Springer.
- Jiménez, Brañas y Pizarro (1992). *¿Cómo cambian los seres vivos?*. Revista Aula de Innovación Educativa 5 [versión electrónica].

- Jiménez y otros (2003). *Enseñar ciencias*. Editorial GRAÓ
- Jiménez y Puig (2009). *¿Qué considera el alumnado que son pruebas de la evolución?*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales 62, pp.43-50.
- Jiménez, Puig y Tortosa (2012). *Argumentación en el aula: dos unidades didácticas*. Proyecto Science Teacher Education Advanced Methods (S-TEAM) .
- Maymó (2003). *Iniciación de una unidad didáctica en la etapa de bachillerato: evolución humana*. Revista Aula de Innovación Educativa 127 [versión electrónica].
- IES Celia Viñas (2013): <<http://iescelia.org/wp/>>
- *Evolution: Online Lessons for Students*. PBS ONLINE® (2001): <<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/index.html>>
- *Stories from the fossil Record*. UC Museum of Paleontology (2013): <<http://www.ucmp.berkeley.edu/>>
- *Comprendiendo la evolución para profesores*. UC Museum of Paleontology (2013): <<http://www.sesbe.org/evosite/evohome.html>>

Libros de texto:

- Cabrera y Sanz. *Biología y Geología 4º ESO*. Ed. Oxford.
- Madrid, Meléndez, Blanco y Vidal-Abarca. *Biología y Geología 4º ESO*. Proyecto La Casa del Saber. Ed. Santillana.
- Martín, Nieto y Moreno. *Biología y Geología 4º ESO: Proyecto Natura 2.0*. Ed. Everest.
- Pedrinaci y Gil. *Biología y Geología 4º ESO: Proyecto Ecosfera*. Ed. SM.

Anexo I. Tabla 1: concepciones espontáneas

ORIGEN DE CONCEPCIONES ESPONTÁNEAS	CONCEPCIONES ESPONTÁNEAS	CONCEPTOS DIFÍCILES DE COMPRENDER
Utilización de reglas simplificadoras	Adquisición de nuevas características anatómicas en seres vivos mediante el <i>uso y desuso</i> de determinados órganos o partes del cuerpo.	Naturaleza de mutaciones y herencia de caracteres adquiridos. Concepto de carácter y de manifestación. Reproducción sexual como agente de variedad entre la descendencia.
	Aparición de mutaciones en organismos vivos <i>por necesidad</i> sólo cuando suponen una ventaja ante un cambio en el ambiente (lucha por la supervivencia).	Aparición espontánea de mutaciones.
	El lenguaje apareció porque se <i>necesitaba</i> coordinación para cazar grandes animales.	Origen de nuevas destrezas.
	Evolución como camino gradual y lineal.	Evolución como proceso ramificado.
Visión antropocéntrica	Los seres vivos realizan <i>esfuerzos conscientes</i> para sobrevivir en respuesta a los cambios ambientales (voluntad evolutiva).	Naturaleza de la evolución como un cambio lento a lo largo del tiempo.
	Definición de la evolución humana como una serie progresiva que tiende gradualmente a la cúspide del proceso evolutivo. <i>Homo sapiens</i> como la culminación de la evolución.	Evolución humana. Coexistencia de especies. Concepto de especie.
Manifestaciones culturales	Selección natural como <i>supervivencia del más fuerte</i> .	Selección natural.
	<i>El chimpancé es un antepasado de los humanos</i> porque procedemos de los monos.	Evolución humana.
	Dos organismos de especies próximas pueden cruzarse entre sí.	Mecanismos de aparición de nuevas especies.
Influencias culturales y del uso del lenguaje	Adaptarse o morir. Hay que adaptarse a las circunstancias.	Término adaptación.
	Término coloquial de teoría como especulación, hipótesis.	Concepto teoría científica. Teoría evolutiva como hecho científico.

Anexo II. Resultados pruebas de prácticas en IES Celia Viñas

Tabla 2: Prueba inicial: resultados

La siguiente tabla muestra los resultados de la parte de test de elección múltiple llevada a cabo en la primera sesión:

	Est1	Est2	Est3	Est4	Est5	Est6	Est7	Est8
Charles Darwin defendió que todas las especies de seres vivos han evolucionado con el tiempo a partir de un antepasado común.	1	1	0	1	1	1	1	1
Las mutaciones no siempre son perjudiciales.	1	1	1	1	1	1	1	-1
Los individuos mejor adaptados tienen ventaja dentro de una población.	-1	1	0	-1	-1	1	1	-1
“Los topos se han adaptado perdiendo los ojos al vivir bajo tierra en la oscuridad”- afirmación lamarckista.	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
La teoría de la evolución trata de explicar cómo ha cambiado la vida después de su origen.	1	1	1	1	1	1	1	-1
La evolución afirma que los humanos y los chimpancés tienen un antepasado común.	1	1	1	1	1	1	1	-1
Los fósiles de organismos ausentes en la actualidad demuestran que existieron organismos diferentes a los actuales y ha habido cambios en las especies a lo largo del tiempo.	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: el color verde marca el acierto, el rojo el fallo y el amarillo la respuesta en blanco.

Tabla 3: Comparación de actividades de explicación de un ejemplo desde las teorías: lamarckista, darwinista y sintética, en prueba final y actividad de clase.

PRUEBA INTERMEDIA	Est1	Est2	Est3	Est4	Est5	Est6	Est7	Est8
Teoría lamarckista								
Adaptación al medio	1	1	-	1	1	-	-	-
Aparición de nuevos caracteres por necesidad	1	0	-	1	0	-	-	-
Caracteres adquiridos heredables	0	1	-	0	0	-	-	-
No se acepta actualmente	1	0	-	0	0	-	-	-
Teoría darwinista								
Existen diferencias entre individuos de una misma especie	0	1	1	1	0	-	-	-
Competencia entre individuos de la misma especie	0	1	0	0	0	-	-	-
Los mejor adaptados al medio son favorecidos por selección natural	-1	0,5	1	0	0	-	-	-
Herencia de caracteres – importancia de la reproducción	0	0	1	0	1	-	-	-
Teoría sintética								
Reproducción sexual como fuente de variabilidad	0	1	1	0	0	-	-	-
Recombinación genética como fuente de variabilidad	1	1	1	1	0	-	-	-
Mutaciones aleatorias como fuente de variabilidad	1	1	1	1	0	-	-	-
Selección natural	1	1	0,5	0	0	-	-	-
TOTAL aciertos	6	8,5	6,5	5	2	-	-	-
PRUEBA FINAL								
Teoría lamarckista								
Adaptación al medio	1	1	1	1	1	1	1	-
Aparición de nuevos caracteres por necesidad	1	1	0	1	0	1	0	-
Caracteres adquiridos heredables	1	1	1	0	0	1	0	-
No se acepta actualmente	0	0	0	0	0	0	0	-
Teoría darwinista								
Existen diferencias entre individuos de una misma especie	1	1	0	1	0	1	1	-
Competencia entre individuos de la misma especie	0	1	0	0	0	0	0	-
Los mejor adaptados al medio son favorecidos por selección natural	0,5	1	1	-1	-1	1	1	-
Herencia de caracteres – importancia de la reproducción	1	0	0	0	0	1	0	-
Teoría sintética								
Reproducción sexual como fuente de variabilidad	0	1	0	0	0	0	0	-
Recombinación genética como fuente de variabilidad	1	1	0	0	0	0	0	-
Mutaciones aleatorias como fuente de variabilidad	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	-
Selección natural	1	0,5	1	0	0	0,5	0,5	-
TOTAL aciertos	8	9	4	4	1	7	4	-

Nota: el color verde marca el acierto, el rojo el fallo y el amarillo la respuesta en blanco.

Anexo III. Actividad 1: Cuestionario previo. Evolución

Fecha:

Nombre:

1. “Al cambiar, los seres vivos se adaptan a las nuevas condiciones del medio”. ¿Crees que la afirmación es correcta? Explica por qué.
2. ¿Sabrías decir quién era Charles Darwin?
3. ¿Qué tienen que ver las mutaciones con la evolución?
4. ¿Qué consecuencias tiene (o puede tener) el que se produzca una mutación?
5. ¿Qué es la selección natural?
6. En la Tierra existen muchos tipos distintos de animales y vegetales, muchas especies diferentes. ¿Cómo explicas esta diversidad?
7. La teoría de la evolución, ¿es aceptada en la comunidad científica?
8. ¿Crees que los humanos somos monos?
9. Completa la frase: Los fósiles de organismos ausentes en la actualidad que se han encontrado demuestran...
10. Si tuvieras que explicar la evolución a un amigo, ¿cómo lo harías? Utiliza pruebas para argumentar tus conclusiones.

Ahora es tu turno de preguntar: tras contestar a las cuestiones anteriores, ¿qué preguntas tienes? Escribe una lista de preguntas que te han surgido al contestarlas o de conceptos que no tienes claros. Añade también todas las que creas tienen relación con este tema y quieras plantear.

Anexo IV. Actividad 3: La edad de la Tierra

Parte A) ¡Feliz cumpleaños, Tierra!

¿Cuántos años tienes? La Tierra tiene unos 4,6 millones de años. Si comprimiésemos ese tiempo en sólo un año, ¿en qué periodo (desde el punto de vista geocronológico) caería tu cumpleaños? Para comprobarlo tenemos que descifrar cuándo naciste según términos geológicos. Sigue los siguientes pasos:

1. Divide la edad de la Tierra entre el número de días que tiene un año.
2. Suma el número de días desde el principio del año hasta tu cumpleaños (incluyendo el 1 de enero y el día de tu cumpleaños).

Número de días por mes			
Enero	31	Julio	31
Febrero	28	Agosto	31
Marzo	31	Septiembre	30
Abril	30	Octubre	31
Mayo	31	Noviembre	30
Junio	30	Diciembre	31

3. Resta al número que obtengas al número de días totales de un año. Al final de este año, tu cumpleaños habrá sido hace “el resultado de la resta” días.
4. Obtén el equivalente en número de años (millones de años).
5. Redondea y compara con la información para obtener el nombre del periodo que corresponde: <http://www.ucmp.berkeley.edu/help/timeform.php>

Consulta el siguiente ejemplo para el 24 de noviembre:

1. $(4,6 \text{ mil millones de años}/365 \text{ días})= 12.602.740 \text{ años/día}$
2. $(31+28+31+30+31+30+31+31+30+31+24)= 328 \text{ días}$
3. $(365-328)\text{días}= 37 \text{ días}$. Al final del año, el cumpleaños del 24 de noviembre habrá sido 37 días atrás.
4. $(12.602.740 \text{ años/día})\cdot(37\text{días})= 466.301.380 \text{ años}$
5. 466.301.380 años son aproximadamente 466.000.000 años, 466 millones de años y corresponde al Ordovícido.

Si quieres saber más sobre la edad de la tierra y el tiempo geológico, pincha aquí:

<http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/geotime/index.html>

Parte B) El experto paleontólogo

Imagina que eres un paleontólogo que estudia un periodo concreto de la historia de la Tierra. Primero infórmate sobre la escala de tiempo geológico (<http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/geotime/index.html> o <http://www.ucmp.berkeley.edu/help/timeform.php>) y utiliza el periodo que corresponde a tu cumpleaños para explorarlo. Vas a utilizar como fuente de información la aplicación “Deep Time”, que describe cómo ha cambiado nuestro planeta en 4,6 mil millones de años:

http://www.pbs.org/wgbh/evolution/change/deeptime/ed_pop.html

Aunque no puedes volver atrás en el tiempo, puedes estudiar el registro de fósiles y rocas para entender mejor el entorno en la antigüedad. Puedes encontrar información geológica (estratificación) y tectónica (movimiento de placas), transformaciones y extinciones de especies (fósiles de especies antiguas) y sus localizaciones. Los estratos pueden darnos información sobre eventos geológicos, la edad de los fósiles que encontramos, la topografía del área y el clima antiguo.

Te han pedido que elabores un informe detallado, como paleontólogo experto, para una revista de divulgación sobre el periodo de tiempo que hayas elegido (al nacer, según el día de tu cumpleaños). Deberás añadir tantos detalles como sea necesario, pero siempre teniendo en cuenta que los lectores de la revista tendrán conocimientos escasos sobre el tema que tratas (imagina que es tu familia o tus amigos, por ejemplo). Evita copiar literalmente y explica las palabras técnicas que consideres imprescindibles para la comprensión de tu texto. Añade fotos, esquemas y dibujos si es necesario.

El prestigio de tu carrera también está en juego, así que no puedes olvidar ninguno de los puntos siguientes:

- Nombre del periodo e intervalo de tiempo
- Características climáticas y geológicas. ¿Hacía frío o calor? ¿Cómo estaban dispuestas las placas tectónicas?
- Transformación y extinción de especies. ¿Por qué se producen? ¿Tienen que ver con el clima y las características geológicas en el periodo de estudio?

Anexo V. Actividad 4

1. El término *parentesco* se utiliza en evolución por similitud con el significado que este tiene con el lenguaje cotidiano; dos hermanos son parientes muy próximos porque su antecesor común pertenece a la generación anterior.

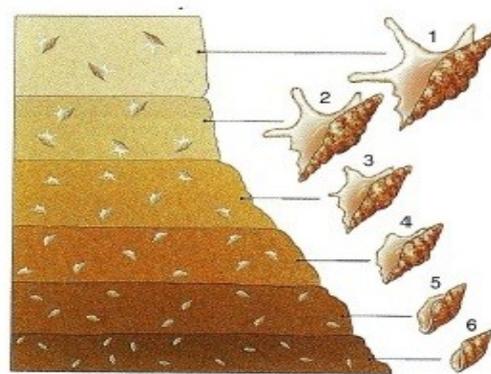


- a) ¿Quién es el *antecesor común* de dos primos? ¿Y de dos primos segundos? ¿Cuántas generaciones hay que retroceder en cada caso para encontrarlo?
- b) Igual que se utilizan árboles para representar las relaciones familiares, también se emplean para las relaciones de parentesco evolutivo. Son los árboles filogenéticos. ¿Qué especies están más emparentadas evolutivamente, la C y la D o la B y la D? ¿Por qué?

Explora la siguiente web para comprender mejor estos conceptos:

<http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/Trex/index.html>

2. Los estratos de las rocas sedimentarias pueden tener restos fosilizados de organismos que vivían en la Tierra en el momento en que se produjo la sedimentación. En el dibujo aparece una serie de estratos con moluscos fósiles.



- a) ¿Cuál es el fósil más antiguo? ¿Y el más moderno?
- b) Indica qué cambios observas en los fósiles y si son cambios bruscos o graduales. ¿Por qué crees que se produjeron esos cambios?

Nota: Los fósiles de los que se posee mayor número de especies corresponden a esqueletos, conchas y caparazones de animales y, también, a impresiones de plantas. Sin embargo, los restos fósiles no son sólo aquellos que provienen de las partes duras petrificadas de organismo; se consideran también fósiles a los restos de su actividad biológica, como huellas, construcciones, excrementos, etc., que han dejado en diferentes sustratos sedimentados.

Anexo VI. Actividad 5: ¿Por qué las pruebas de la evolución demuestran la teoría evolutiva?

En cada equipo hay especialistas en anatomía y fisiología, paleontología y biología molecular. Los biólogos anatómicos estudian la estructura de los organismos, los fisiólogos estudian la función de los organismos, los biólogos moleculares estudian la genética y los paleontólogos estudian fósiles.

Revisa los recursos que son de tu especialidad y encuentra cuatro o cinco ejemplos de evidencien la evolución. Trata de encontrar ejemplos específicos para intentar que sean distintos a los del resto de la clase. Anota también la fecha en la que se descubrió esa evidencia. Puedes consultar otras fuentes de información, pero escoge sólo aquella que sea fiable y verificable.

Evidencia de evolución		
Área de interés	Evidencia (descripción o dibujo)	Significado
Anatomía y fisionomía		
Biología molecular		
Paleontología		

- http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_02_sp
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/fossil/9to12/intro.html>
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/reslab/flight/main.htm>
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/Trex/index.html>
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/stories/middle/C7.html>
- http://anthro.palomar.edu/evolve/evolve_3.htm
- <http://www.zoology.ubc.ca/~bio336/Bio336/Lectures/Lecture5/Overheads.html>
- <http://www.zoology.ubc.ca/~bio336/Bio336/Lectures/Lecture5/Overheads.html>
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/stories/middle/P1.html>
- <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/explorations/tours/stories/middle/C1.html>

Esta actividad ha sido diseñada para ayudarte a localizar ejemplos de las pruebas que apoyan la evolución desde distintos campos de la ciencia. Cada día se encuentran nuevas pruebas que secundan la evolución y no hay ninguna que no pueda explicarse desde este punto de vista. Si todo continua como hasta ahora, podremos buscar más información en los genomas de los seres vivos de la Tierra, se aumentará el registro fósil y se encontrarán nuevas especies en lugares como las profundidades del océano o las selvas tropicales. Pero una cosa sí está clara, estos descubrimientos servirán para reforzar la teoría de la evolución.

Anexo VII. Actividad 6

Parte 1, por equipos) Introducción origen de la diversidad.

1. ¿Cómo explicáis la existencia de tantos seres vivos diferentes? Se calcula que existen aproximadamente 1,5 millones de especies diferentes conocidas y catalogadas, más muchas otras que no lo están. Discute con tu grupo este problema y proponed una explicación razonada.
2. Toda la humanidad constituye una misma especie, sin embargo, podemos poner de manifiesto de forma cualitativa y cuantitativa la existencia de diferencias.
 - a) Elaborad un diagrama de barras donde se represente gráficamente la altura de las personas que están en tu clase.
 - b) Elaborad una lista de aspectos cualitativos que diferencien a las personas de tu clase (color de pelo, de la piel, de los ojos...)
3. Los escarabajos *Cicindella campestris*, que viven en climas suaves como el mediterráneo, presentan poblaciones en las que podemos encontrar individuos de color verde oscuro metálico, verde claro, marrón claro y marrón oscuro metálico. Las flores del dondiego de noche pueden ser de color rojo, blancas y rojas. Los conejos presentan diferentes colores en su pelaje.

La variabilidad ha sido utilizada por las personas para seleccionar aquellas variedades animales y vegetales más adecuadas para la producción de carne, leche, lana, grano, tamaño de frutos, etc.

En los párrafos anteriores han sido citados ejemplos de variabilidad, ahora:

 - Citad algunos ejemplos de variabilidad en especies que conozcas.
 - Citad aspectos que se tengan en cuenta para seleccionar alguna variedad de animal o vegetal que conozcas.
4. Sabemos que en los vegetales es frecuente la reproducción por esquejes (reproducción asexual) y la reproducción por semillas (reproducción sexual). También sabemos que si plantamos esquejes de una planta, las plantas que se desarrollan son iguales a la planta de la

que hemos obtenido estos esquejes. En cambio, si se siembran semillas de una planta en lugar de esquejes, las plantas que se desarrollan presentan variaciones.

- Razonad y discutid por qué son iguales las plantas que se obtienen por esquejes.
- Razonad y discutid por qué son distintas las plantas que se obtienen por semillas.

Parte 2, por equipos) Teorías de evolución.

5. El evolucionismo tiene, como hemos visto anteriormente, que aportar pruebas, pero también ha de resolver nuevas cuestiones. En este caso resulta fundamental la siguiente: ¿cuál es el mecanismo de la evolución?, es decir, ¿cómo cambian los seres vivos? Analiza las siguientes situaciones, dando tu opinión sobre cómo crees que surgieron los cambios que en ellas se presentan:

- Los insecticidas son eficaces en un momento determinado y los insectos mueren, pero con el tiempo dejan de serlo y no resultan letales para estos organismos.
- El cuello de las jirafas es más largo que el de sus antecesores.
- Con el paso del tiempo, los topos se fueron quedando prácticamente ciegos y fueron desarrollando unas patas que están muy bien adaptadas para construir galerías.

6. Lamarck, recogiendo ideas de sus contemporáneos, esbozó su teoría sobre la evolución biológica. A continuación se presenta una síntesis de ella. Debes leer estas ideas y utilizarlas para volver a interpretar las situaciones anteriores.

- Los individuos cambian físicamente durante su vida para adaptarse al medio que habitan.
- Los organismos adquieren caracteres que no tenían sus progenitores. Estos cambios o caracteres adquiridos se deben al uso o desuso de sus órganos, en otras palabras, la necesidad hace que se use más un órgano y eso contribuye a su desarrollo.

- Los caracteres adquiridos, es decir, los órganos que ha desarrollado un individuo a lo largo de su vida, se transmiten por herencia biológica a sus descendientes.
 - La sucesión de cambios adaptativos muestra una tendencia hacia la complejidad y la perfección.
 - Los factores ambientales del medio favorecen ese proceso.
7. En el siglo XIX aparece una nueva teoría de la evolución, propuesta por Darwin. Debéis interpretar nuevamente las situaciones anteriores, utilizando sus ideas básicas de la teoría evolucionista.
- En la naturaleza existen condiciones adversas y cambiantes y los individuos compiten y luchan por la supervivencia.
 - Los individuos producen más descendencia de la que finalmente sobrevive.
 - Los organismos más adaptados a su medio son aquellos que se alimentan mejor, llegan a adultos y son capaces de reproducirse y transmitir sus caracteres a sus descendientes.
 - La evolución de las especies es un proceso lento y gradual que se debe a la selección natural a lo largo de millones de años.
8. Analiza a continuación el ensayo sobre el biólogo alemán Weismann (1834-1914). Debes leer con atención el resumen que de él se ofrece y contestar a las siguientes cuestiones: “Weismann cruza ratones blancos a los que previamente había cortado la cola. Todos los individuos de la primera camada tienen cola normal (de unos 12 mm de longitud). Siguió haciendo el experimento en varias generaciones, y llegó a la siguiente conclusión: ninguno de los descendientes de los individuos a los que se había mutilado la cola presentó una cola más corta, ni siquiera una pequeña anomalía”.
- ¿Qué intentaba demostrar Weismann?
 - ¿Los resultados y las conclusiones obtenidas permiten poner en entredicho algunas de las teorías evolucionistas? ¿La de Lamarck? ¿La de Darwin? Justifica la respuesta.

9. En el diario *El País* apareció la siguiente noticia: “Un 15% de escolares sufre ataques de piojos entre otoño y Semana Santa. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y otros insecticidas ya no les hacen efecto a los piojos.”
- ¿Cómo explicas según la teoría sintética que los insecticidas hace años le hicieran efecto a los piojos y ahora no?
 - ¿Y según la darwinista de selección natural?
 - ¿Cómo lo habría explicado Lamarck?

Parte 3, individual) Comprendiendo mejor la selección natural.

10. Lee los siguientes párrafos y contesta.

“Cualquier especie de planta produce millones de semillas en su ciclo vital. Todas estas semillas podrían dar lugar a millones de individuos de la misma especie.” “Una pareja de ratas puede llegar a tener, en sólo tres años, veinte millones de descendientes (aproximadamente).”

- ¿Por qué no sobreviven todos los posibles descendientes? Cita, al menos, cinco posibles razones por las cuales, a tu entender, es imposible que exista un número ilimitado de descendientes.
 - ¿Cuáles sobreviven? ¿Por qué?
 - Discute con el resto del equipo las características que permiten a unos individuos sobrevivir y a otros no. Elaborad una propuesta de equipo.
11. El escarabajo *Cicindella campestris*, que hemos citado anteriormente, presenta individuos de color verde metálico, verde claro, marrón claro y marrón oscuro. Este escarabajo sirve de alimento a numerosas aves.
- ¿Qué color de este escarabajo predominará, pasados unos años, en cada uno de estos casos?
- Una pradera húmeda con los colores verdes predominantes a lo largo del año. ¿Por qué?
 - Una zona semiárida donde predomina el matorral bajo, con colores a lo largo del año predominantemente tostados. ¿Por qué?

12. Cuando se estudian las poblaciones en los ecosistemas terrestres se puede comprobar que muchas especies vegetales instaladas en lugares donde habitan muchos herbívoros presentan espinas en sus ramas. Propón una explicación a este hecho desde una perspectiva lamarckista y otra según la teoría de selección natural.
13. El cuerpo de la mariposa *Kallima* es tan similar a una hoja de árbol que se hace muy difícil de identificar por sus enemigos. ¿Cómo explicarías la semejanza entre las alas de la mariposa *Kallima* y las hojas de los árboles según la teoría sintética de evolución? Busca información sobre diferentes estrategias que favorezcan la supervivencia en especies animales y vegetales.
14. Después de analizar los casos anteriores, responde:
 - ¿Cómo se produce la variabilidad en las especies?
 - ¿Cómo se puede transmitir esa variabilidad a los descendientes?

Parte 4, individual) Adaptación, migraciones y nuevas especies.

15. ¿Qué podría ocurrir, con el paso de miles o millones de años, si dos poblaciones de una misma especie se separan y se instalan en ambientes muy diferentes?
16. En las islas Galápagos, Darwin encontró muchas especies de tortugas distintas. Estas se diferenciaban en varios aspectos:
 - El grabado de la concha.
 - La forma de la parte anterior del caparazón que está en contacto con el cuello.
 - En la longitud del cuello.
 - En los alimentos que consumían.
 - En que no se podían cruzar entre sí.¿Podrían tener estas especies de tortugas un antepasado común? Razona la respuesta.

17. Observa el siguiente vídeo: <http://www.youtube.com/watch?v=FdR4cGpsfj4>. ¿Cómo se utilizan los términos migración y adaptación en el anuncio? ¿Consideras correcta la relación entre el aprendizaje de nuevas conductas y la adaptación? Reflexiona sobre el uso de términos científicos de forma incorrecta en los medios de comunicación y busca más ejemplos como este con tu equipo.

Anexo VIII. Actividad 7

Parte 1, por equipos) Mariposas negras y mariposas blancas

Las mariposas del abedul (*Biston betularia*) en Gran Bretaña eran, hasta mediados del siglo XIX, de color claro, salvo un pequeño porcentaje que eran oscuras. Sin embargo, coincidiendo con la revolución industrial, empezaron a aparecer en las zonas con fábricas cada vez más mariposas oscuras, y a finales del siglo XIX lo eran casi todas.

El color claro (moteado) resulta apropiado para camuflarse entre los líquenes de la corteza de abedules y robles, mientras que en ese fondo las oscuras destacaban y eran comidas por los pájaros. Con la contaminación, los líquenes -muy sensibles a ella- desaparecen y son entonces las oscuras las que resultan mejor camufladas sobre la corteza sin líquenes o en las superficies ennegrecidas por los humos.

En 1956, el gobierno inglés promulgó una ley para reducir la contaminación atmosférica, lo que, unido al descenso en el empleo de carbón, ha favorecido que vuelvan a aparecer las polillas claras.

En un experimento se capturaron y marcaron 496 polillas claras y 488 oscuras. Luego se soltaron en un bosque no contaminado. Al cabo de cierto tiempo se recapturaron 62 marcadas claras y 34 marcadas oscuras.

Cuestiones:

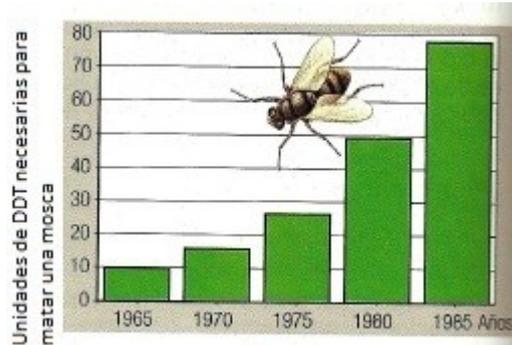
- a) Qué carácter es menos ventajoso, ¿el color claro o el oscuro? Razonadlo.
- b) ¿Qué problema intenta resolver el experimento? ¿Qué hipótesis debía tener la persona que lo realiza?
- c) ¿Hubiera bastado con utilizar sólo polillas claras? Razonadlo.
- d) ¿Qué conclusiones se deducen del experimento? ¿Serían las mismas si no se hubieran marcado -con pintura- las polillas?
- c) Pensad un diseño experimental que complete los resultados.

Parte 2, individual) Pimientos dulces

Imagina que eres un agricultor cuyas plantas de pimientos producen a la vez pimientos dulces y picantes. ¿Qué podrías hacer si te interesa obtener mayoría de pimientos dulces?

Parte 3, individual) Insecticidas y moscas

Hasta hace pocos años el DDT era un insecticida habitual para combatir plagas. Actualmente ya no se utiliza. El gráfico muestra la cantidad media de insecticida necesario para matar una mosca en distintas épocas.



- ¿Qué conclusión se saca de los datos que se presentan en el gráfico?
- Explica por escrito los cambios que debe haberse producido para que sea posible.
- Ahora, por equipos, poned en común las respuestas y sacad conclusiones.

Parte 4, individual) Aves y topos

Las aves nadadoras muestran una membrana interdigital con un grado elevado de desarrollo.

- ¿Cómo explicaría la teoría de la selección natural la existencia de una membrana interdigital entre las aves nadadoras? Repasa uno a uno los pasos de la explicación del mecanismo propuesto por Darwin y aplícalo a las patas de las aves.
- ¿Cómo hubiera explicado Lamarck la aparición de la membrana interdigital?
- ¿Cómo lo explicaría la teoría catastrofista?

Los topos acostumbran a excavar galerías subterráneas. Su vida se desarrolla en la oscuridad. Cuando se estudia el sentido de la vista en estos animales, se observa una fuerte atrofia en los ojos.

- ¿Cómo explicaría la teoría de la selección natural la atrofia en los ojos de los topos? Repasa uno a uno los pasos de la explicación del mecanismo propuesto por Darwin y aplícalo a los ojos de los topos.
- ¿Cómo hubiera explicado Lamarck dicha atrofia?
- ¿Cómo lo explicaría la teoría catastrofista?

Anexo IX. Actividad 8: Evolución humana

Parte 1, por equipos) ¿De dónde venimos?

- Consulta el siguiente enlace que aparece a continuación:
<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/humans/humankind/index.html>
- Familiarízate con la línea del tiempo, el árbol genealógico y las especies que aparecen. Podrás comprobar que se incluye información sobre cada especie de homínidos incluidas evidencias encontradas en la forma de los fósiles y los artilugios, que nos dirán lo que sabemos sobre esas especies.
- Elabora un árbol genealógico de los homínidos utilizando la información de la página web.
- Observa bien esta información y compárala con la que viene en tu libro. Con otro color, añade los datos que sean distintos en la versión inicial.
- ¿Qué ramas del árbol familiar que has reconstruido coinciden? Señálalas con un rotulador de color para identificarlas.
- Haz una lista de los puntos de conexión entre especies que son distintas en los dos árboles familiares y explica por qué crees que no hay consenso.
- ¿Cómo pueden los científicos llegar a conclusiones distintas ante las mismas pruebas?
- ¿Qué suposiciones se han hecho en cada árbol genealógico?
- Cuando se encuentra una nueva evidencia, las ramas del árbol genealógico deben acomodarse incluyendo la nueva información. ¿Crees que podremos encontrar suficientes evidencias para estar seguros de que hemos completado el árbol familiar de los homínidos?
- Imagina que eres un paleontólogo, ¿qué tipo de evidencia te gustaría descubrir que ayudase a resolver las diferencias entre las dos genealogías?

Parte 2) ¿Qué razones tuvo Darwin para esperar tantos años antes de publicar *El Origen de las Especies*?

Busca información al respecto y elabora un breve resumen. Compara tus conclusiones con las del resto del equipo.

Anexo X. El experimento de Francisco Redi

Objetivo: Demostrar que la generación espontánea no existe.

Material:

- Balanza
- Probeta
- Cuentagotas
- Vaso de precipitados
- Algodón
- Microscopio óptico
- Papel de aluminio
- Estufa
- Olla a presión
- Matraz Erlenmeyer
- Solución salina (8,5 g de sal en 1 litro de agua mineral)
- Extracto de carne

Procedimiento:

1. Preparación del caldo de cultivo. Disolver una cucharada pequeña de extracto de carne en 100 cm³ de la solución salina y disolvemos en medio litro de agua. Este caldo de cultivo contiene los nutrientes necesarios para que las bacterias se desarrollen.
2. Echar la mitad del líquido en un vaso de precipitados y tapar con papel de aluminio. Verter la otra mitad en un matraz Erlenmeyer, que tapamos con algodón y papel de aluminio.
3. Esterilizar los dos recipientes en una olla a presión durante 30 minutos.
4. Llevar a una estufa de cultivos durante 24 horas, o dejar en el laboratorio en un lugar caliente.
5. Anotar los cambios que se van produciendo en cada uno de ellos.

Resultados:

A medida que vayan pasando los días, se observará que la zona media del vaso de precipitados se va volviendo turbia y con desprendimiento de gases. Si se observa al microscopio, se verá que contiene microorganismos.

Actividades:

- a) ¿Para qué hemos esterilizado los medios de cultivo en el matraz y en el vaso de precipitados?
- b) Si los dos recipientes se han esterilizado, ¿de dónde provienen los microorganismos que aparecen en el vaso de precipitados?
- c) ¿Por qué no sucede lo mismo en el matraz?
- d) ¿Qué hubiera sucedido si no colocamos el matraz con algodón y papel de aluminio?