



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
*Centro de Estudios de Postgrado*

# **ERRORES Y MALINTERPRETACIONES DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN**

**Alumno/a: Bernad Cobo, Julio**

**Tutor/a: Mario Sánchez Gómez**

**Dpto: Geología**

**ÍNDICE**

I. RESUMEN.....	2
II. ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. <u>Antecedentes y estado de la cuestión</u> .....	5
2.1.1. Historia de la teoría de la evolución.....	5
• Antes de Darwin	
• Darwiniana	
• Mendel y el nacimiento del mutacionismo	
• La teoría sintética de la evolución: recuperando a Darwin	
• Desarrollos recientes y nuevas controversias	
2.1.2. Darwinismo en la sociedad.....	23
• Impacto en la sociedad	
• Darwinismo social y otras malinterpretaciones de la teoría evolutiva	
• Influencia y polémicas en la actualidad	
2.2. <u>Utilidad práctica del tema elegido y del enfoque didáctico</u> .....	34
3. PROYECCIÓN DIDÁCTICA.....	35
3.1. Introducción.....	38
3.2. Justificación.....	40
3.3. Legislación.....	46
3.4. Contextualización.....	46
• Situación geográfica del centro	
• Aspectos demográficos y socioeconómicos de la localidad, barrio, etc.	
• Descripción del centro y materiales	
• Recursos Humanos.	
• Organización de espacios y tiempos	
• Relaciones con agentes externos al centro	
• Organización de espacios en el aula	
3.5. Aspectos psicológicos y pedagógicos del alumnado y de la enseñanza.....	51
3.6. Elementos curriculares.....	52
• Objetivos	
• Competencias clave	
• Contenidos y criterios de evaluación	
3.7. Metodología.....	61
3.8. Materiales.....	62
3.9. Temporalización.....	62
3.10. Evaluación.....	63
3.11. Sesiones.....	64
3.12. Elementos curriculares complementarios.....	73
• Atención a la diversidad	
• Adaptaciones curriculares	
• Temas transversales	
• Trabajo interdisciplinar	
4. BIBLIOGRAFÍA.....	76
5. ANEXOS.....	81

## **i. Resumen**

En este trabajo se pretende abordar los contenidos relacionados con la evolución de los seres vivos, correspondientes a la asignatura de Biología y Geología en el curso de 4º de ESO.

El principal objetivo del presente trabajo es abordar los errores y malinterpretaciones que se han realizado de la teoría de la evolución desde su primera postulación en *El Origen de las Especies*, y cómo estos han ido repitiéndose con el paso de los años hasta nuestros días. Una vez expuestas, se ofrece una propuesta de unidad didáctica que intenta convertir estas malinterpretaciones en oportunidades con las que poder lograr un aprendizaje significativo en el alumnado.

Algunos contenidos estudiados en esta unidad didáctica son el origen de la vida y la biodiversidad, las teorías pre-evolucionistas, la teoría darwinista, las pruebas evolutivas, el neodarwinismo y las teorías alternativas o complementarias a la síntesis evolutiva, y las teorías sociales basadas en malinterpretaciones de principios biológicos y su influencia.

**Palabras clave:** Biología, Proceso de aprendizaje, Ideas Previas, Evolución, Darwinismo, Determinismo biológico, Darwinismo social.

## **ii. Abstract**

The intention of this paper is to address the contents related with the evolution of living beings, which belongs to the Biology and Geology subject in 4th year of ESO.

The main objective of this work is to address the errors and misinterpretations that have been done to the theory of evolution since its first postulation in Darwin's *On the Origin of Species*, and how these issues have been repeated to the present days. Once exposed, we shall offers an Teaching Unit proposal which will try to transform these misinterpretations into opportunities so as to reach a significant knowledge.

Some of the contents studied in this Teaching Unit will cover the origin of life and biodiversity, pre-evolutionist theories, Darwinist theory, evolution proof, neodarwinism and alternative or complementary theories to modern synthesis, together with social theories based on misinterpretations of biological principles and their influence.

**Key words:** Biology, Learning process, Previous ideas, Evolution, Darwinism, Biological determinism, Social darwinism.

## 1. INTRODUCCIÓN

La evolución es, de entre todas las revoluciones científicas, una de las que más fuerte ha sacudido los cimientos del pensamiento humano, a la altura de revoluciones como el modelo heliocéntrico o el descubrimiento del ADN. Estas revoluciones tienen algo en común: ninguna de las tres afectan a la vida diaria del ciudadano medio, pero las tres han sido una importantísima lección de humildad para el ser humano. Cada una de éstas, en su momento, fue bajando gradualmente a nuestra especie de ese pedestal imaginario de especie elegida en que nos habíamos colocado: la Tierra dejó de ser el centro del universo, todas las especies que nos rodean estaban programadas por los mismos códigos y, por supuesto, el ser humano no era el resultado de una conspiración cósmica, sino una rama más del enorme árbol filogenético al que todos los seres vivos pertenecemos. La teoría de la evolución no fue solo una idea magnífica que cambió para siempre la biología, fue una idea magnífica que cambió para siempre al ser humano y su rol en la naturaleza. En cierto modo, la evolución es, de entre todas estas ideas revolucionarias, una que nos atañe a un nivel más personal, pues intenta dar explicación a preguntas que siempre han estado en la nebulosa de nuestro pensamiento: ¿Quiénes somos? ¿De dónde venimos? ¿Cómo hemos llegado hasta aquí? Preguntas, todas ellas, que trascienden la biología y son más del dominio de la ontología y la metafísica. Es comprensible, pues, que desde que en 1859 Charles Darwin publicara *El Origen de las Especies*, innumerables científicos y pensadores trataran de evitar que todos esos cimientos espirituales y científicos se desmoronasen sobre ellos, logrando silenciarla en más de una ocasión en determinados periodos, o pervirtiendo sus argumentaciones para justificar doctrinas cuestionables. Y esto no es algo que ocurriera solo en ese convulso mundo académico decimonónico; a día de hoy aún hay muchas personas, incluso científicos, que cuestionan la teoría de la evolución.

La audacia de Charles Darwin al enunciar y publicar esta teoría se vio respaldada por la contundente defensa que compañeros académicos como Thomas Henry Huxley o Alfred Wallace realizaron, llegando a ser, incluso, más agresivos y beligerantes en su defensa que sus detractores creacionistas. Antes de la publicación de su libro, Huxley escribió a Darwin: «Estoy dispuesto a ir a la pira, si es necesario... Estoy afilándome las garras y el pico como preparativo» (Gould, 1994). Y cumplió su palabra. Durante esos años algunos científicos defendieron las ideas darwinistas, aplicaron el método científico concienzudamente hasta donde podían llegar, mostraron las evidencias, y poco a poco, su testigo sería recogido por una nueva generación de científicos, muchos de ellos en absoluto darwinistas estrictos, que con creatividad, tesón y compromiso lograron que la teoría terminara asentándose en los círculos científicos tal y como hoy día la conocemos, hasta llegar a permear definitivamente en la sociedad.

Como docentes, el testigo de estos brillantes científicos ha pasado a nuestras manos, y ahora es nuestra labor el transmitir a las futuras generaciones estos conocimientos, y asegurarnos de transmitirlos correctamente. Actualmente, los desafíos a los que nos enfrentamos no son los mismos; los antaño opositores a la teoría están prácticamente silenciados, salvo por manifestaciones esporádicas. Sin embargo, hoy día estamos viviendo un resurgimiento de ciertas doctrinas pseudocientíficas que han sabido aprovechar las ventajas de internet para diseminarse y germinar. Si a esto le sumamos que la teoría de la evolución, al tratarse de un concepto complejo, debe simplificarse - a veces excesivamente- para que sus contenidos sigan resultando atractivos y aprehensibles, tenemos que el alumnado es más propenso a conformar en su mente una teoría de la evolución a medida, confeccionada a partir de las explicaciones en el aula, el uso que se hace de la evolución en los medios audiovisuales y populares, y las ideas pseudocientíficas, que han sabido aprovechar a la perfección el formato de las redes sociales para vender sus ideas de forma mucho más atractivas gracias a un mensaje desafiante y un lenguaje cercano y juvenil. Este resurgimiento comporta una serie de peligros tales como la desvirtualización de la ciencia al intentar usurpar su estatus y erigirse como algo que no es, un retroceso cultural, un aumento de casos de fraude con un propósito deliberado de lucro y la manipulación de las emociones de una parte de la población (Marcos y Rovira, 2014). La problemática es, por tanto, la necesidad de una metodología que permita sintetizar la teoría de la evolución sin que sus inferencias y argumentaciones se desvirtúen, y la utilización de nuevos modelos educativos y analogías que permitan arrojar luz sobre determinados aspectos de la evolución que tienden a malinterpretarse y perpetuarse a lo largo de la etapa educativa.

Para ello, en este trabajo hemos propuesto como objetivo realizar un recorrido a lo largo de toda la historia de la teoría de la evolución y en la influencia que ésta ha tenido desde su nacimiento hasta nuestros días, haciendo especial hincapié en como las ideas evolucionistas fueron adoptadas y moldeadas por determinadas corrientes sociales para justificar doctrinas que poco o nada tenían que ver con la biología más que para utilizarla para obtener un respetable, aunque superficial, respaldo científico. A partir de estas malinterpretaciones expondremos las dificultades que presentan los alumnos de secundaria al abordar estos contenidos y sus causas, y cómo estas dificultades y malinterpretaciones no son muy diferentes a las que muchos científicos y pensadores tuvieron en su día. Así, estas malinterpretaciones pueden convertirse en buenas oportunidades para lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje significativo, crítico y duradero.

Para lograr este objetivo, este documento se compone de dos partes: la primera será una fundamentación teórica en la que se expondrá la historia de la teoría de la evolución partiendo desde Lamarck y los predarwinistas hasta día de hoy, intentando mostrar siempre el contexto en que cada descubrimiento fue anunciado, realizando

una desmitificación apropiada de aquellos sucesos que han sido romantizados con el paso del tiempo, y arrojando luz sobre polémicas y controversias fundamentadas en mentiras o medias verdades. En este apartado se realizará, así mismo, la exposición del impacto que causó el darwinismo en la sociedad y cómo ciertas interpretaciones de las teorías evolutivas llevó a la creación de teorías sociales que marcaron trágicamente el siglo XIX y XX; asimismo, se realizara un comentario crítico de estas teorías similar al realizado en el anterior apartado. La segunda parte versará sobre “los errores y malinterpretaciones de la teoría de la evolución” en el aula, y ofreceremos un proyecto de unidad didáctica en la que todas estas dificultades y malinterpretaciones se tengan en cuenta y se utilicen a modo de oportunidades para enseñar la teoría de la evolución de una manera más significativa. Además, también se expondrán los motivos por los cuales el entendimiento de la teoría de la evolución resulta fundamental para lograr la alfabetización científica y el desarrollo del pensamiento escéptico del alumnado.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Antecedentes y estado de la cuestión

#### 2.1.1. Historia de la teoría de la evolución

##### Antes de Darwin

Con la llegada de las ideas ilustradas en el siglo XVIII, la idea fijista de que las especies permanecen inalterables comienza a ser cuestionada por algunos sabios ilustrados. A través de la observación, estos primeros científicos y filósofos se dieron cuenta de que los individuos de una misma especie no son idénticos unos a otros, y cómo muchas especies diferentes parecían estar emparentadas por sus características morfológicas, pero presentaban variaciones o adaptaciones únicas, como revelaban los sistemas de clasificación de Linneo o Buffon. Exámenes más detallados de los individuos de una especie revelaron a algunos que la descendencia tampoco era exactamente idéntica a sus progenitores. Todas estas observaciones no podían ser explicadas por la teología natural y sus postulados creacionistas y de generación espontánea; sin embargo, ningún científico de ese entonces se atrevía a desviarse mucho del paradigma establecido por la ortodoxia cristiana, por lo que, si bien en este siglo se encuentra el germen de algunas ideas pre-evolucionistas, como las de Erasmus Darwin o Pierre Louis Maupertuis, nunca iban más allá de hipotetizar acerca de una posible serie de cambios graduales que las especies sufrían para mejorar y transmitir sus mejoras a la siguiente generación, lo que en el futuro sería llamado lamarckismo, pese a, como se observara, no tratarse de una idea original del científico francés (Gould, 1991).

Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, ha pasado a la historia como el primer evolucionista *sensu stricto* gracias a su hipótesis sobre la herencia de

los caracteres adquiridos, enunciada por primera vez en 1809, en su libro *Philosophie zoologique* (Filosofía zoológica). Sin embargo, Lamarck no fue tan revolucionario ni tan original en sus ideas, pues gran parte de éstas ya habían sido enunciadas por otros científicos contemporáneos. El gran mérito de Lamarck reside en su capacidad de sintetizar y dar forma a estas hipótesis dispersas. En su obra, Lamarck expuso un sistema de clasificación en el que los organismos vivos estaban relacionados según aspectos evolutivos. De este modo, Lamarck lograba arrojar luz sobre problemas a los que se enfrentaba la popular idea de armonía o equilibrio natural defendidas por la teología natural. La teología natural, filosofía muy popular durante el siglo XVII hasta el siglo XIX en Europa, buscaba hallar la mano de la divinidad en la naturaleza y sus fenómenos. Los naturalistas se esforzaban por encontrar una explicación satisfactoria que permitiera encajar cada observación con lo reflejado en las escrituras. Así, los naturalistas, en su necesidad de forzar esta simbiosis entre biología y religión, tuvieron que enfrentarse a evidencias incómodas como los órganos vestigiales, que hacían dudar de la perfección del diseño divino; a los sufrimientos causados por los parásitos, totalmente en contra de esa infinita benevolencia y amor que se asocia a la divinidad – en su ensayo “La Naturaleza Amoral” (1995), Gould describe brillantemente como se intentó sortear esta problemática, sin éxito-; o las ya mencionadas numerosas extinciones que salpican el registro fósil, cuando en la Biblia solo se hace referencia a una, pese a los ingeniosos intentos del geólogo inglés Buckland por relacionar los efectos de estas catástrofes con el Diluvio Universal (Buckland, 1824; Cadbury, 2000). En este último caso, creacionistas como Louis Agassiz propusieron la existencia de numerosos diluvios seguidos de nuevas creaciones cada vez mejores hasta llegar a nuestros días (Klemming, 2010). En su libro, Lamarck lograba solventar algunas de estas problemáticas gracias al cambio gradual, arguyendo que las especies no se extinguían realmente, sino que se transformaban en nuevas especies hasta convertirse en los organismos que conocemos hoy día (Lamarck, 1808). De este modo, al sustituir la extinción real por una serie de cambios cada vez más refinados, la armonía de la naturaleza y la sabiduría divina quedaba patente. También introdujo el factor tiempo y la evidencia de los cambios geológicos; si las condiciones ambientales cambiaban a lo largo de la historia de la Tierra y los organismos debían estar perfectamente adaptados a su entorno, entonces los organismos debían cambiar y adaptarse para mantener esta armonía natural. Lamarck propuso el mecanismo por el que tendrían que darse estas adaptaciones: el uso y desuso. Los seres vivos cambiaban su morfología según esta fuera útil o perjudicial para la supervivencia; de este modo, las estructuras y órganos más utilizados serían las que permanecerían en el tiempo, y las que no tuvieran utilidad irían desapareciendo progresivamente. Todos estos cambios se transmitirían a la siguiente generación por la llamada herencia de caracteres adquiridos. Lamarck argumentaba que la vida es generada continua y espontáneamente de forma muy sencilla, y va ascendiendo una escala de complejidad, motivada por “una fuerza que tiende incesantemente a complicar la organización” (Lamarck, 1808). La evolución de

los organismos sería, pues, una respuesta creativa y activa a sus “necesidades sentidas” (Lamarck, 1809). Lamarck fue el primer evolucionista genuino, pero para entender como Darwin llegó a enunciar su teoría de la evolución debemos conocer más los trabajos de los detractores de Lamarck y la labor de otros naturalistas de la época más que los trabajos del propio Lamarck (Lemmick, 2010).

Las ideas lamarckistas tuvieron que hacer frente a multitud de ataques y críticas. Uno de sus mayores detractores fue el anatomista francés Georges Cuvier, figura muy importante para el desarrollo de la teoría de la evolución. Gracias a la popularización que hizo del uso de la anatomía comparada –método muy útil para clasificar a las especies según su morfología-, Cuvier ayudó enormemente a allanar el camino de los evolucionistas; irónicamente, pues era uno de los más recalcitrantes creacionistas de su época. Pese a asociar distintas faunas fósiles de mamíferos a distintos estratos y señalar también la realidad de las extinciones y su importancia como mecanismo para entender la historia de la vida, -Cuvier las describía como “revoluciones que fueron tan prodigiosas que [...] llegaron a romper el hilo de las operaciones de la naturaleza y a alterar su proceso” (Cuvier, 1827)-, Cuvier nunca se atrevió a alejarse de sus ideas religiosas, llegando incluso a incluir el Diluvio Universal entre estas múltiples catástrofes. Sin embargo, Cuvier ya se anticipó al consejo que daba Darwin de nunca referirse a los organismos en términos como superior o inferior. La figura de este científico es realmente contradictoria; tenía ideas netamente evolucionistas que con un rápido movimiento de prestidigitador era capaz de casarlas a la perfección con la doctrina cristiana. Es, por tanto, un buen ejemplo de que no todos los científicos están capacitados para, aun teniendo todas las evidencias a su alcance y haberlas interpretado correctamente en mayor medida, cambiar el paradigma científico (Kuhn, 1962).

Debemos citar la obra del geólogo Charles Lyell como una de las mayores influencias de Darwin, aun tratándose de otro científico antievolucionista. El uniformatismo defendido por Lyell sostenía que sobre la superficie terrestre siempre han operado las mismas fuerzas que ocurren en la actualidad, sin necesidad de que su configuración deba explicarse a partir de cambios dirigidos. Por tanto, había que desarrollar procedimientos para inferir el inobservable pasado del planeta a partir del presente (Klemming, 2010). Aunque estas ideas ya habían sido plasmadas por Lamarck y Buffon en sus escritos, Darwin se inspiró más por las causas de la extinción de las especies y en el origen de nuevas creadas para sustituirlas más que en los cambios direccionales lamarckista. De forma anecdótica, podríamos citar también la obra del divulgador inglés Robert Chambers, que en 1844 aseveró que la fauna había evolucionado lenta y gradualmente con el paso del tiempo sin necesidad de sucesos catastróficos. Sin embargo, su obra fue duramente atacada por carecer de base científica. Otro ejemplo más de lo dicho por Kuhn.

Desde que Lamarck escribiera su “Filosofía Zoológica”, se tenía ya una enorme cantidad de evidencias que hacían que el nacimiento de una teoría evolutiva fuera inminente: la sucesión de distintas faunas extintas enunciadas por Cuvier, la variación geográfica de una misma especie –como las hienas cavernarias descubiertas por Buckland (Cadbury, 2000)-, la persistencia de ciertas especies a lo largo del registro fósil, la existencia de órganos vestigiales y las homologías descubiertas por anatomía comparada, etc, ponían en duda la creación divina, única y perfecta. Ya solo restaba encontrar una forma de reunir y dar respuesta a todas estas pruebas para confeccionar la teoría de la evolución.

#### Darwiniana

A la hora de hablar de la vida y obra de Darwin nos encontramos ante dos problemas, creados tanto por sus detractores, actuales y coetáneos, como por la difusión que se ha hecho de su labor en la cultura popular. Nos encontramos con numerosas malinterpretaciones de sus palabras -muchas veces a sabiendas- y con una biografía convertida, en ocasiones, en hagiografía. Las capacidades científicas de Darwin están fuera de toda duda, no es necesario romantizar sus logros, porque éstos hablan por sí mismo; si aún causa esta visceralidad en algunos grupos a día de hoy es precisamente por esto. Es preciso recalcar que Darwin fue un naturalista metódico y brillante, con una portentosa capacidad de observación que puede vislumbrarse en cada página de sus cuadernos de viaje, porque es cierto. Es importante elogiar la creatividad con que lograba sintetizar razonamientos de gran enjundia en forma de inofensivos artículos científicos aparentemente triviales, como usar los hábitos de las lombrices como una exploración de cómo podemos enfocar la historia de un modo científico (Gould, 1995). Muchos son los méritos de Darwin, pero entre ellos no está el de convertirse en un evolucionista por pura capacidad de observación durante su viaje en el Beagle (Gould, 1985). Es innegable la importancia que tuvo su viaje alrededor del mundo, pero sería un error atribuirle al Beagle las mismas cualidades reveladoras que a la manzana de Newton. Como ha quedado dicho en párrafos anteriores, Darwin creció como científico en una época en la que la teología natural, tan en boga en su país, estaba siendo derribada por el peso de multitud de evidencias científicas, y estaba siendo influido por ideas por aquel entonces vanguardistas que determinarían fundamentos claves para lo que sería su teoría. Sin embargo, puede inferirse por la lectura de sus diarios de a bordo que Darwin no apreció el significado evolutivo de las Galápagos, pues en muchos casos ni siquiera se preocupó en identificar la isla en la que había recogido los especímenes (Sulloway, 1982). Es revelador el caso de los famosos “pinzones de Darwin”, ejemplo tipo de especiación por radiación adaptativa, en el que un pequeño número de pinzones continentales colonizaron el archipiélago y fueron desarrollando diversas adaptaciones, siendo las más llamativas las del pico, para

ocupar distintos nichos ecológicos. Un ejemplo revelador que, sin embargo, resulta anacrónico, pues Darwin no llegó nunca a reparar en éste. Todo este trabajo es, en realidad, obra del ornitólogo David Lack, verdadero descubridor, que rindió su homenaje al naturalista bautizando a las aves de este modo, aumentando la leyenda de Darwin (Lack, 1947). En su viaje, Darwin recogió numerosos especímenes de aves - no eran los famosos pinzones, sino tres especies de sinsontes- que luego de ser correctamente identificadas y clasificadas una vez en Inglaterra por John Gould, permitieron a Darwin entrever el proceso de especiación geográfica. Por lo tanto, se puede aseverar que la génesis de *El Origen de las Especies* tuvo que comenzar meses después de la llegada de Darwin a su hogar, alrededor de 1837, pero no durante su circunnavegación.

Otro punto controvertido durante la escritura de este libro es la figura de Alfred Wallace, científico que llegó a conclusiones similares a las de Darwin en circunstancias también similares; el primero realizó sus indagaciones en las Islas Galápagos, mientras que el segundo hizo lo propio en el archipiélago malayo. Ríos de tinta han sido escritos acerca de esta coincidencia -curioso caso de "evolución convergente" entre científicos-, incluidas publicaciones difamatorias y graves acusaciones con tintes de conspiración. Entre estas falacias figura la de que Wallace había dado con la clave de la selección natural antes que Darwin, pero que su trabajo fue silenciado por los amigos de Darwin -se acusa a Lyell y Hooker como artífices- para permitirle a éste ser el primero en publicar su teoría. Esta acusación suele basarse en que Wallace escribió a Darwin, compartiendo sus ideas y pidiéndole comentarios; éste, anonadado, viendo el trabajo de 20 años amenazado, hizo que sus compañeros Lyell y Hooker presentaran a toda prisa dicho artículo en julio de 1858 junto a un ensayo suyo anterior, de 1844, ante la Sociedad Linneana de Londres, para que así no se diera prioridad a ninguno de los autores. Darwin, entonces, tuvo que abreviar su recogida de datos y ponerse a escribir en menos de 9 meses un resumen de la obra que posteriormente se convertiría en *El Origen de las Especies* (Klemming, 2010). Este relato, confeccionado a partir de medias verdades e interpretaciones maliciosas, no se sostiene: Darwin no copió nada a Wallace, sus cuadernos de notas donde escribió todas sus observaciones y evidencias desde 1837 así lo atestiguan (Desmond y Moore 1991). La historia, como siempre, es mucho más compleja. Para empezar, Darwin ya había desarrollado su teoría de la selección natural por 1838, y la expuso en dos bocetos inéditos en 1842 y 1844. Durante los siguientes años, Darwin se limitó a prolongar una recogida de datos sin atreverse a publicar ninguna de sus ideas, tal vez temeroso de la repercusión que éstas podían tener para la sociedad y para su familia. Fue gracias a la insistencia de sus amigos que se animara finalmente a trabajar sobre sus notas y resumirlas en la genial obra que sería *El Origen de las Especies*, originalmente cuatro veces más larga. Sin embargo, en 1858, Darwin recibió una carta de Wallace, en la que le comunicaba que había desarrollado independientemente una teoría de la evolución por selección natural. Lo más sorprendente no era la exacta similitud de ambas teorías, sino que en

su carta citara la obra que le inspiró a enunciar este principio, el *Ensayo sobre la Población*, de Thomas Malthus, obra que también fue decisiva para Darwin, pues le llevó a las mismas conclusiones. Ambos, pues, fueron influidos de igual forma y por autores similares, pero no se plagieron uno al otro. Darwin escribiría Lyell: “Antes preferiría quemar la totalidad de mi obra que permitir que él [Wallace] o cualquier otra persona pudiera pensar que he actuado con espíritu mezquino; pero también añadió: «Si pudiera publicar honorablemente, afirmaré que me vi inducido a publicar un boceto... por el hecho de que Wallace me había mandado un resumen de mis conclusiones generales» (Gould, 1994). En este punto es cuando llegamos al famoso artículo publicado en la sociedad Linneana –efectivamente, ambos artículos se presentaron a la vez, pero ambos pasaron inadvertidos- y al resumen de la voluminosa obra en que trabajaba escrito a contrarreloj. Por supuesto, este resumen eclipsó la obra de Wallace, pues era imposible que una teoría tan compleja fuera resumida correctamente en un solo artículo. Sin embargo, ambos naturalistas siempre mantuvieron una relación epistolar cordial; Darwin fue generoso y ecuánime con su camarada científico, y éste, a su vez, se convirtió en uno de los mayores defensores de la teoría evolutiva hasta su muerte. Su correspondencia no deja lugar a dudas. En una carta que Wallace escribió en 1864:

«En cuanto a la teoría en sí de la selección natural, siempre mantendré que es suya y sólo suya. Usted la había elaborado con un detalle que jamás había pasado por mi imaginación, años antes de que yo viera el primer rayo de luz sobre el tema, y mi trabajo jamás hubiera convencido a nadie, ni hubiera recibido más atención que la de ser considerado una ingeniosa especulación, mientras que su libro ha revolucionado el estudio de la historia natural, cautivando a los mejores talentos de nuestros tiempos» (Gould, 1994)

En 1859 se publicó por primera vez *El Origen de las Especies*, dando comienzo a la biología evolutiva. Dos son las grandes contribuciones que Darwin postuló en este libro: la demostración de un proceso histórico de desarrollo de nuevas formas de vida a partir de otras por cambios graduales, y la propuesta sobre el mecanismo que determina dichos cambios: la selección natural (Mayr, 1982). Grosso modo, Darwin propuso que los descendientes heredan los caracteres de sus progenitores generación a generación; en la transmisión de estos caracteres ocurren variaciones espontáneas, cuyas causas se desconocen, que pueden dar lugar a una mejor adaptación al medio o no. Existe, entonces, una reproducción diferenciada, sea esta por la existencia de individuos con mayor tasa de fertilidad o mejor adaptados al medio, por lo que no todos los individuos logran reproducirse. Darwin consideraba a las especies, así mismo, como poblaciones de individuos, todos diferentes entre sí, consideración ajena al resto de evolucionistas –Lamarck no lo contemplaba- (Klemming, 2010). Sobre estos individuos operaría la selección natural, concepto inspirado por las ideas maltusianas y las técnicas ganaderas de selección artificial.

Con *El Origen de las Especies*, Darwin trató de esclarecer parte de las problemáticas que se habían acumulado tras años de descubrimientos en ciencias naturales. Su teoría del origen común permitía comprender la obviedad de clasificar a los seres vivos en el sistema natural linneano, con agrupaciones de especies progresivamente más inclusivas y afines. Cuanto menos inclusiva era la categoría taxonómica -género por debajo de familia, familia por debajo de orden, etc-, más tardíamente se habían separado los linajes originales de dichas especies. La teoría de la evolución permitía representar a las especies y sus relaciones taxonómicas en forma de árbol filogenético, en el que la jerarquía más alta, reino o filo, daría forma al tronco del que luego saldrían las distintas ramas principales, las clases, que a su vez se subdividirían más representando los órdenes, hasta llegar definitivamente a las especies. (Klemming, 2010). Darwin arguyó, basándose en su trabajo como geólogo a bordo del Beagle y en las múltiples publicaciones de la época (Pelayo, 1992), una explicación plausible de que a lo largo del registro fósil se observe un aumento de la complejidad estructural y de la diversidad de los organismos conforme vamos ascendiendo en los estratos. Esto significaría que a partir de los organismos más sencillos han ido apareciendo nuevos organismos más complejos. Darwin demostró que las faunas y floras no eran producto inmediato del clima; por ejemplo, la fauna mediterránea en absoluto se parece a la fauna australiana. Según él, podría explicarse la distribución de las especies por las capacidades dispersoras de los organismos en relación con las barreras geográficas como cadenas montañosas y mares, siendo estas distribuciones separadas el recuerdo de una distribución previamente continua (Klemming, 2010). En este aspecto, Darwin ya había sentado las bases de lo que en el siglo XX sería la biología de poblaciones, disciplina de crucial importancia para el refinamiento de la teoría de la evolución. En morfología, Darwin logró explicar la diferencia entre órganos homólogos (aquellos que derivan del mismo órgano de un ancestro común), órganos análogos (los que derivan de una función común), y la persistencia de órganos vestigiales. La embriología no hizo más que reforzar las inferencias de Darwin respecto a estos órganos. Darwin explicó que el motivo por el cual, durante el desarrollo embrionario en vertebrados, podamos observar características primitivas tales como la notocorda o las branquias debía ser que las adquisiciones evolutivas más recientes solían afectar al estado de adulto al ser el que estaba sometido a mayores presiones selectivas, dejando entrever en sus formas embrionarias rasgos derivados de antepasados evolutivos (Klemming, 2010). En definitiva, la teoría de la evolución no es, como suele pensarse, una teoría única y monolítica (Mayr, 1992), sino un conjunto de teorías de carácter totalizador que respondían cuestiones y problemáticas planteadas por muchas disciplinas biológicas de la época como la taxonomía, la biogeografía, la morfología, la embriología y la paleontología.



**Imagen 1:** Fósil de Archaeopteryx del *Museum für Naturkunde* de Berlín. Este animal es uno de los mejores ejemplos de organismo intermedio al presentar características de reptilianas y avianas a la vez. (H. Raab, 2009)

Sin embargo, pese a la gran aceptación que tuvo en su momento, Darwin y su teoría no se libraron de las críticas y contrargumentaciones, hechas tanto por detractores declarados como por allegados. Una de estas críticas le llegó de mano de William Thompson, Lord Kelvin, que argumentaba que era imposible que estos cambios pudieran darse debido a la enorme cantidad de tiempo que requerían y la escasa longevidad de la Tierra. En efecto, por aquel entonces este científico había calculado la edad de la Tierra atendiendo a su velocidad de enfriamiento, arrojando sus cálculos una cifra comprendida entre los 20 y

los 400 millones de años. Sus cálculos eran perfectos, sin embargo, por aquel entonces se desconocía la existencia de la radioactividad, por lo que cualquier calculo estaba condenado al fracaso por falta de variables. Tanto Darwin como sus compañeros geólogos, entre ellos Huxley, sabían que la edad del planeta tenía que ser irremediamente mayor, pues el registro fósil así lo evidenciaba. Otra crítica le vino de su compañero Huxley, que siempre le criticó su posicionamiento gradualista, opinión de la que también serían partidarios ya en el siglo XX Stephen Gould y Niles Eldredge, férreos defensores de la hipótesis puntuacionista, que se verá más adelante. Darwin siempre intento defender estas ideas haciendo referencia a la imperfección del registro fósil, considerando que al estar éste fragmentado no se habían conservado fósiles de especies intermedias. Muchos de los opositores evolucionistas al darwinismo, que no aceptaban el papel de la selección natural en el proceso evolutivo, apoyaron en principio teorías alternativas a la selección natural más acordes con las filosofías de la época. Es importante señalar este hecho. Gran parte de los científicos no tuvieron problemas en aceptar la teoría de ascendencia común, pero si la selección natural, prueba de la gran heterogeneidad del darwinismo (Mayr, 1992). El lamarckismo resurgió en forma de neolamarckismo, que pretendía explicar las variaciones sin necesidad de cambios azarosos, haciendo énfasis en que estas variaciones debían ser dirigidas (Klemming, 2010). Como se ha dicho anteriormente, Wallace fue uno de los fieles defensores del darwinismo, tal vez llegando a extralimitarse en su celo. Wallace, junto a un reducido sector seleccionista, atribuía el origen de todo cambio evolutivo al poder omnimodo de la selección natural: tenían

una fe ciega en la adecuación de la naturaleza. En cierto modo, se volvía a introducir la armonía natural dentro de la teoría de la evolución por la puerta de atrás, convirtiendo la selección natural en una herramienta del plan divino, negando dos principios fundamentales que dan lugar al cambio no adaptativo. En su libro, Darwin definió a los organismos como sistemas integrales y un cambio adaptativo en una de sus partes puede llevar a modificaciones no adaptativas de otros caracteres; y también asevero que un órgano construido bajo la influencia de la selección para un papel específico puede ser capaz, como consecuencia de su estructura, de realizar también otras muchas funciones no seleccionadas (Gould, 1995). Como puede observarse, aun habiendo llegado ambos científicos a las mismas conclusiones, la visión que Wallace tenía de la evolución era mucho menos “evolucionista” de lo que se piensa, hasta el punto de que Wallace nunca se atrevió a incluir al ser humano dentro de la teoría evolutiva como un animal más.

	Origen común	Diversificación de las especies	Gradualismo	Selección natural
Lamarck	No	No	Sí	No
Darwin	Sí	Sí	Sí	Sí
Haeckel	Sí	?	Sí	En parte
Neolamarckianos	Sí	Sí	Sí	No
T. H. Huxley	Sí	No	No	(No) <sup>a</sup>
De Vries	Sí	No	No	No
T. H. Morgan	Sí	No	(No) <sup>a</sup>	Irrelevante

<sup>a</sup> Los paréntesis indican ambivalencia o contradicción.

**Imagen 2:** En esta tabla puede observarse como la mayoría de los evolucionistas contemporáneos y posteriores a Darwin no eran completamente darwinistas, pese a que algunos de ellos –Huxley y Haeckel- se definían como tales. Todos aceptaban la evolución como algo opuesto a un mundo constante e inmutable, pero es interesante observar el poco apoyo que merecía la selección natural o el gradualismo, icónicos del pensamiento darwinista. Extraído de *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*, de Mayr, E (1992).

Sin embargo, hubo una crítica a la que Darwin no pudo hacer frente: cómo tenían lugar los cambios en los individuos y de qué modo éstos se transmitían a la siguiente generación. El origen de esta variación sumió a Darwin en la perplejidad durante toda su vida. Darwin sabía que en la naturaleza hay una inmensa reserva de variación que está siempre disponible como material para la selección, y lo sabía perfectamente por sus estudios con animales de granja (Mayr, 1992). Sin embargo, nunca logró dar con una explicación satisfactoria, por lo que barajó múltiples hipótesis, entre éstas, ideas lamarckistas, la llamada herencia “blanda”. No fue hasta el siglo XX que el descubrimiento de los trabajos de Gregor Mendel, y con ello las bases de la genética, revitalizaron la teoría de la evolución hasta tal punto que casi se eliminó a Darwin y su selección natural de la ecuación.

### ✚ Mendel y el nacimiento del mutacionismo

Durante el siglo XIX, y una vez muerto Darwin en 1882, el darwinismo estaba estancado. En Europa sus ideas eran aceptadas con más o menos reservas, adaptando y modificando, según el país, los supuestos que resultaran incómodos, como la selección natural o el gradualismo (Klemming, 2010). Solo August Weismann logró realizar aportaciones significativas al proponer la separación total de la línea germinal del soma durante el desarrollo embrionario, arrojando una explicación al porqué las características adquiridas por un individuo por la acción del ambiente no se transmiten a su descendencia al no existir esta unión entre la línea germinal y el soma (Weismann, 1893; Winther, 2001). Weismann fue uno de los primeros en comprender el poder de la recombinación sexual para producir variabilidad genética, y el primero en formular una teoría sobre las ventajas evolutivas del sexo (Michod, 1995). Weismann, además, propuso una explicación para el mecanismo de los cambios en las especies. Según él, estos cambios debían tratarse de errores durante la duplicación celular que alterarían la estructura del plasma germinal; se trataría de errores aleatorios y no estarían determinados por el ambiente, y sería la selección natural la única encargada de fijar o eliminar estos cambios. Sin embargo, tampoco logró dar con el mecanismo por el cual surgían y se perpetuaban estos cambios. Aun así, es muy importante no desdeñar las aportaciones de Weismann al darwinismo, pues fue el único que, sin conocer los principios de la genética, consiguió revitalizar al darwinismo cuando éste se encontraba en horas más bajas.

Fue ya en el siglo XX cuando el redescubrimiento del trabajo de un monje católico logró reactivar las ideas evolucionistas. En efecto, fue gracias a Hugo de Vries, William Bateson y otros biólogos experimentales que las teorías genéticas de Mendel salieron a la luz y lograron convertir lo que en un principio era un movimiento contestatario contra el gradualismo darwinista en una verdadera revolución de la teoría de la evolución. Por desgracia, Mendel murió sin llegar a saber nunca el impacto que sus trabajos habían causado en la historia de la biología.

Mendel, siguiendo una metódica labor de investigación, enunció un conjunto de reglas básicas sobre la transmisión por herencia genética de las características de los progenitores a su descendencia, las celebérrimas Tres Leyes de Mendel. Estas leyes serían (Planas, 1985):

-La 1ª Ley de Mendel, o ley de la uniformidad de la primera generación filial. En esta ley se enuncian los conceptos de dominancia y recesividad, en los que uno de los caracteres enmascara fenotípicamente al otro. Esta ley dice que los individuos de la F1 nacidos del cruce de progenitores homocigotos, son heterocigotos genotípicos y fenotípicamente iguales.

-La 2ª Ley de Mendel, o ley de la segregación de los genes, enuncia que en la segunda generación filial, obtenida a partir del cruce de dos individuos de la primera generación filial, el genotipo y fenotipo del individuo recesivo de la primera generación parental vuelve a aparecer. Éste había sido enmascarado por el carácter dominante, pero no eliminado.

-La 3ª Ley de Mendel, o ley de la independencia de los caracteres, enuncia que, durante la formación de los gametos, la segregación de los diferentes rasgos hereditarios se da de forma independiente unos de otros, por lo que el patrón de herencia de uno de ellos no afectará al patrón de herencia del otro.

La labor de de Vries o Bateson no se limitó únicamente a la recapitulación, sino también a la actualización: gracias a ellos las leyes de Mendel se enuncian en los términos que hoy conocemos y enseñamos. Todos ellos eran científicos brillantes, seguidores de la variación discontinua y los saltos evolutivos, que consideraban que la variación gradual no era capaz de explicar las muy abundantes discontinuidades observadas entre especies y taxones superiores (Klemming, 2010). Comenzaron a intuir lo que Mendel ya conocía treinta años atrás, y el redescubrimiento de sus trabajos les permitió reenunciar y actualizar todo lo dicho por el monje austriaco, pues pese a lo acertado de sus observaciones y conclusiones, éste nunca logro superar su preparación escolástica y no definió nunca sus resultados como interacciones y transmisión de genes o caracteres (Bowler, 2004). Es importante destacar que gran parte de la terminología que se utiliza a día de hoy no se la debemos a Mendel, sino a estos continuadores; por ejemplo, fue Bateson quien en su obra de 1902, *Mendel's principles of heredity*, escribió y definió por primera vez palabras como gen, alelo o genética (Bateman y Mendel, 2013). Del mismo modo, serían los embriólogos Theodor Sutton y Walter Boveri quienes, de forma independiente, propusieran las bases biológicas para los principios mendelianos, desarrollando la teoría cromosómica de la herencia, donde por primera vez se enunció el lugar en que debían residir los genes dentro de las células, que luego confirmarían los experimentos de Thomas Morgan con *Drosophila melanogaster*. Ahora que las leyes de Mendel arrojan luz sobre cómo ocurrían y se transmitían estos cambios entre una generación y otra, la balanza se desequilibró en favor de los saltacionistas, enfocados en la experimentación y en el estudio de las células y los genes, desdeñando la importancia de la variación geográfica gradual; en detrimento de los partidarios darwinistas, naturalistas que se centraban en el método de inferencia darwinista, centrándose en la diversidad de especies y la variación geográfica. Este desequilibrio se acentuó aún más con la publicación de *The Mutation Theory* (1909), donde su autor, De Vries, desarrolló su teoría mutacionista. En este libro, de Vries enunció que todos los cambios evolutivos se deben a la aparición de nuevas mutaciones; por tanto, la fuerza determinante de la evolución sería la mutación, y el papel de la selección natural debía limitarse, a lo sumo, a eliminar mutaciones deletéreas. Ya que las mutaciones pueden explicar todos los

fenómenos evolutivos, tanto la variación individual como la recombinación genética, la selección natural, al no producir nada nuevo, es irrelevante (De Vries, 1909). Los naturalistas, como es comprensible, reaccionaron visceralmente contra este poder omnímodo de las mutaciones, y solo consideraron significativos a los caracteres cuantitativos, como sería el color de la piel, la complexión física o el tamaño. De hecho, muchos prefirieron plegarse a doctrinas neo-lamarckistas de uso y desuso antes que a la selección natural para afrontar este auge del mutacionismo.

No resulta sorprendente, pues, contemplar el triste estado en que se encontraba el darwinismo, que no tenía apoyos ni entre los mutacionistas ni entre los naturalistas: las posiciones parecían irreconciliables. Por suerte, en las décadas de 1930-1940, una nueva generación de genetistas y naturalistas lograron unir las teorías de Mendel y de Darwin, reconciliando la herencia de los caracteres y la selección natural y aportando la sustentación genética que el darwinismo necesitaba desde sus inicios. Así nacería la Teoría sintética de la evolución, o Neodarwinismo.

#### ✚ La teoría sintética de la evolución: recuperando a Darwin.

La teoría sintética, o neodarwinismo, recibe este nombre por combinar en una sola las teorías de la genética de poblaciones con las observaciones clásicas de la morfología, sistemática, embriología, biogeografía y paleontología (Gould, 1994). La teoría sintética llegó a las siguientes conclusiones: solo hay un tipo de variación, siendo macromutaciones y ligeras variantes individuales extremos de un continuo; no todas las mutaciones son deletéreas, pueden ser también neutrales o beneficiosas; no existe herencia de caracteres adquiridos por uso y desuso; la recombinación es la principal fuente de variación genética en las poblaciones; la variación fenotípica continua puede ser explicada por la acción de múltiples genes y no entra en conflicto con la herencia mendeliana; un gen puede afectar a varios caracteres fenotípicos; la selección se da tanto en el campo como en laboratorio, como Morgan demostró en sus experimentos con *Drosophilas*.

Esta síntesis, cuyo primer ladrillo fueron los trabajos de Morgan, fue una obra titánica producto de la cooperación de biólogos de muy distintas escuelas e ideas que hasta ese momento nunca habían colaborado. Durante la primera mitad del siglo XX había dos vertientes dentro de la biología evolutiva enfrentadas que prácticamente desconocían los trabajos de sus colegas, y mucho menos los tenían en cuenta a la hora de realizar los suyos (Margulis, 1998). La vertiente matemática y experimental estaba constituida por de R.A. Fisher, Sewall Wright y J.B.S. Haldane, entre otros. El primero demostró como las hipótesis darwinistas podían ser integradas dentro de las leyes mendelianas en parte gracias al uso de la estadística; desarrolló lo que sería la genética cuantitativa, contribuyendo con ideas novedosas en temas como la selección sexual –

otro tipo de selección concebida por Darwin que explicaría el origen de características aparentemente irrelevantes o incluso perjudiciales para la supervivencia, pero que podían ser interpretadas como mecanismos para aumentar el éxito a la hora del apareamiento; es decir, otro sendero hacia el imperativo darwinista del éxito reproductivo diferencial (Gould, 1994)-, la evolución de la razón de sexos, del aposematismo –señales de advertencia- y el mimetismo, siendo también el principal promotor de muchos aspectos de lo que más tarde se convertiría en la ecología evolutiva (Klemming, 2010). Haldane, por su parte, estaba interesado en las repercusiones que presentaban los distintos esquemas genéticos para la evolución. Haldane y Fisher demostraron matemáticamente cómo alelos que diferían muy ligeramente en valor selectivo podían reemplazarse muy rápidamente en el curso de la evolución. Sus hipótesis se basaban en dos premisas: primero, los genes actuaban independientemente sobre los caracteres de variación continua – fenómeno conocido como acción génica aditiva-; segundo, las poblaciones son, en general, suficientemente grandes para que los efectos aleatorios que los pequeños grupos poblacionales generan en la transmisión de los genes sean despreciables (Fontdevila y Moya, 2018). En cuanto a cómo se distribuían estos alelos en las poblaciones y como debía estudiarse estas distribuciones, Fisher intuyó un problema que posteriormente Wright descubriría durante sus trabajos con cobayas. Wright sabía, por los trabajos de Haldane y Fisher, acerca de la interacción entre genes, y esto le sugirió que los genes podrían agruparse en bloques cuya interacción generase formas sobre las que la selección actuaría. Por lo tanto, la selección no obraría sobre genes individuales, sino sobre combinaciones favorables de genes, haciendo que el proceso de selección fuera más rápido. A través de sus experimentos con pequeñas poblaciones de cobayas, observó que debido a la consanguineidad ciertas combinaciones de genes terminaban por fijarse aleatoriamente, siendo el azar quien determinaba que genes se fijarían debido al pequeño tamaño de la población: Wright llamaría a este fenómeno deriva genética.

En cuanto a la vertiente naturalista de esta gran alianza sintética, debemos destacar los trabajos de Chetverikov, Huxley –nieto de T.H. Huxley-, Dobzhansky y Mayr, entre muchos otros. Mientras los genetistas se concentraron en la sustitución de genes en poblaciones, los naturalistas abordaron el problema de la especiación con un enfoque poblacional darwinista, atendiendo a las barreras en el flujo genético entre poblaciones (Mayr, 1942). Este debate sobre la importancia del aislamiento en la especiación databa de la época de Darwin, pues éste lo veía posible pero no realmente necesario existiendo ya su llamado principio de divergencia, al que ahora llamamos reproducción simpátrica. En su libro *Systematics and the Origin of Species* (Sistemática y el origen de las especies), de 1942, Mayr planteó el modelo alopátrico de especiación tal como lo conocemos, y definió el concepto biológico de especie como perfectamente compatibles con el gradualismo y la selección natural. Antes de hablar de los trabajos de Theodosius Dobzhansky, es importante mencionar una de sus

mayores influencias: el genetista ruso Sergei Chetverikov. Este científico demostró la gran cantidad de variación que podía permanecer oculta en forma de alelos recesivos, y fue uno de los pocos investigadores pertenecientes a esta generación que resaltaba la capacidad del ambiente para determinar la expresión fenotípica de cada gen. También enfatizó más el fenómeno de la epistasis o interacción entre genes. Su trabajo, desgraciadamente, chocó frontalmente con la figura de Trofim Lysenko –en posteriores apartados se hablara de el-, por lo que su carrera, como la de muchos otros genetistas rusos, tocó a su fin en 1948 (Birstein, 2009). Por suerte, sus ideas fueron recogidas, como se ha dicho antes, por Dobzhansky. En su obra de 1937 *Genetics and the origin of species* (Genética y el origen de las especies) se recupera el paradigma darwinista y es considerada como la verdadera génesis de la llamada “Síntesis evolutiva” (Huxley 1942), a la que luego se unirían científicos como Mayr, Huxley o Stebbins, que publicarían obras en la década de los 30 y 40 hoy día pilares de la teoría sintética. Con esta obra, Dobzhansky logro acercar los descubrimientos en genética de aquella vertiente más matemática al bando naturalista, transformando sus ecuaciones a un lenguaje que estos científicos podían comprender e interpretar en términos darwinistas. Gracias a la labor de estos últimos se tendieron puentes entre genetistas y naturalistas, acercando posturas, haciendo a los primeros renunciar a sus teorías tipológicas y a los segundos su fe en la herencia de los caracteres adquiridos. Esta síntesis del darwinismo y la genética tuvo un impacto enorme en muchas ramas de la biología, impacto que dura hasta día de hoy, siendo actualmente la teoría sintética el paradigma científico dominante en el estudio de la evolución (Mayr y Provine, 1980).

Fecha	Etapa	Modificación
1883-1886	Neodarwinismo de Weismann	Fin de la herencia blanda; reconocimiento de la diploidía y la recombinación genética
1900	Mendelismo	Aceptación de la constancia genética y rechazo de la herencia mezclada
1918-1933	Fisherismo	Consideración de la evolución como un problema de frecuencias génicas y de la acción de presiones de selección incluso pequeñas
1936-1947	Síntesis evolutiva	Énfasis en el pensamiento poblacional; interés en la evolución de la diversidad, la especiación geográfica y las tasas de evolución variables
1947-1970	Postsíntesis	Percepción creciente del individuo como el nivel de actuación de la selección; enfoque más holístico; reconocimiento creciente del azar y las limitaciones
1954-1972	Equilibrios intermitentes	Importancia de la evolución especiacional
1969-1980	Redescubrimiento de la selección sexual	Importancia del éxito reproductivo en la selección

**Imagen 3:** Etapas significativas de la modificación del darwinismo durante el siglo XX. Extraído de *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*, de Mayr, E (1992).

### ✚ Desarrollos recientes y nuevas controversias

Actualmente, después de la instauración de la síntesis evolutiva, sus postulados no han hecho más que reformarse con el paso de los años, en gran parte debido al descubrimiento del ADN por parte de Francis y Crick en 1953. Disciplinas como la conducta animal, las interacciones ecológicas, la antropología, la psicología y la biología molecular se reinterpretaron siguiendo estos nuevos conceptos neodarwinistas. De estas disciplinas, tal vez sea ésta última la que mayor crecimiento experimentó. Esta nueva ciencia confirmó dos conclusiones expuestas por el darwinismo: que al compartir los seres vivos un código genético de estructura idéntica, todos los seres vivos venimos de un antecesor común, y que cambios en las proteínas no afectan al ADN, por lo que la herencia blanda, como decía Wiesmann, era imposible. El ADN es una molécula con un enorme grado de conservación, por lo que es excelente para desarrollar filogenias. Estos estudios filogenéticos moleculares desvelaron que la tasa de cambio aminoacídico se mantenía significativamente constante durante largos periodos de tiempo, por lo que sus variaciones moleculares podían utilizarse a modo de reloj para datar los procesos evolutivo (Fontdevila y Moya, 2008). La sistemática no se realiza sin ayuda de la inferencia molecular (Klemming, 2010).

No obstante, la teoría sintética dejó numerosos problemas importantes sin resolver, y la mayoría de estos no fueron resueltos hasta la que se llamaría la segunda ola del neodarwinismo, de los años 60 en adelante (Dawkins, 2004). Durante esta segunda ola hasta hoy han aparecido diferentes teorías que intentan arrojar algo de luz sobre los aspectos más oscuros de la teoría sintética, logrando en muchos casos su cometido, y en otros quedando solo como enfoques diferentes que hoy en día ya han sido superados. No se trata de teorías rupturistas, sino de revisiones sobre puntos que la síntesis evolutiva no llega a explicar satisfactoriamente, o cuya explicación no se ajusta por completo a la realidad en todos los casos. Por ejemplo, la incapacidad de las proteínas de interactuar con el ADN parece no estar del todo clara debido a los recientes descubrimientos en herencia epigenética, herencia que resulta de la transmisión de información que no depende de las secuencias del ADN (Jablonka y Lamb, 1995). Una de estas teorías críticas con la síntesis evolutiva es la teoría del Gen Egoísta, desarrollada por el biólogo Richard Dawkins en 1976. Esta teoría propone a los genes, y no a los individuos, como las unidades de selección, siendo el individuo nada más que un receptáculo que el gen utiliza para transmitirse. Dawkins ve la evolución como una competición entre los genes, en la que cada uno de ellos intenta hacer más copias de sí mismo que los demás (Gould, 1995). El concepto darwinista de individuo como unidad de selección queda relegado, por lo que no podríamos hablar de parentesco o altruismo aparente: los genes solo intentan reconocer sus copias y evitar las del resto. Un ejemplo propuesto por Dawkins se basa en sus estudios sobre conducta animal. Algunos animales como los leones, cuando un macho derrota al

macho dominante, el vencedor inmediatamente elimina a todos los cachorros de la manada para imponer su descendencia. No hay que confundirse y entender esta lucha de genes más que como metáfora, pues los genes ni obran ni conspiran; la frase científicamente acertada sería, más bien, «la selección ha actuado favoreciendo a los genes que, al azar, variaron de tal modo que sus copias sobrevivieron en mayor número en subsiguientes generaciones» (Gould, 1995). Sin embargo, las ideas de Dawkins también son muy criticadas a día de hoy, pues la selección natural no obra sobre los genes, obra sobre los cuerpos, sobre determinadas características que ayudan a estos cuerpos a sobrevivir y reproducirse. Si los genes codificaran solo características aisladas y de forma independiente tal vez la teoría de Dawkins fuera válida, pero esto no ocurre, pues un único gen puede determinar varias características, y una sola característica puede ser producto de la interacción de varios genes (Gould, 1995). Muchas de las ideas enunciadas por Dawkins en su obra *El gen egoísta* han tenido su eco en las ciencias sociales, como el meme, construcción teórica análoga al gen, que sería la unidad básica de transmisión de la información cultural.

Volviendo a la biología molecular, son muy destacables las ideas del científico japonés Motoo Kimura, que propuso el principio de neutralidad de los cambios moleculares. Esta teoría, llamada teoría neutralista, fue enunciada en 1968 en su libro *The neutral theory of molecular evolution* (La teoría neutralista de la evolución molecular). En este libro, Kimura enuncia una problemática: debido a que la evolución se fundamenta en la sustitución de unos genes por otros nuevos a través de mutaciones, es imprescindible que la selección natural descarte aquellos individuos que presenten los genes antiguos. Según sus cálculos, esto no sería viable, pues tendrían que morir más individuos por generación de los que existían; a esto hay que sumarle la gran cantidad de mutaciones que son necesarias para que se forme una especie a partir de otra (Kimura, 1983; Klemming, 2010). Kimura trató de solucionar este problema arguyendo que la mayoría de las mutaciones son mutaciones neutras que no se ven afectadas por la selección natural. Al realizar comparaciones de una misma clase de proteínas de diferentes individuos, observó que existían distinciones en la composición de los aminoácidos, incluso dentro de individuos de la misma especie. Por lo tanto, el desarrollo evolutivo de las proteínas dependía más de la deriva genética que de la selección natural. Actualmente, la visión neutralista no goza de buena salud. Hoy día se sabe que mucho polimorfismo genético puede explicarse por selección apostática, selección dependiente de la frecuencia, selección debida a parásitos... (Klemming, 2010).

Fue desde la macroevolución desde donde la teoría sintética recibió su mayor golpe, y actualmente el debate sigue estando igual de vivo que durante finales de siglo XX. La teoría sintética defiende una postura gradualista filética, similar a la defendida por Darwin. De este modo, la teoría sintética afirma que todas las especies provienen de una especie ancestral, y que entre ellas hay una sucesión de especies que constituyen

su línea evolutiva; así mismo, estas especies se transforman en otras de forma lenta y continua, y esta transformación ocurre al mismo tiempo en toda la población. Ante la evidencia de que no siempre hay especies de transición que respalden este fenómeno, los gradualistas eluden el problema invocando la imperfección del registro fósil. Sin embargo, esta argumentación no explica los cambios en escalas macroevolutivas, las que ocurren entre grupos taxonómicos superiores –niveles de filos-, ni permiten tampoco interpretar el patrón obtenido en el registro fósil, con sus largos periodos de estabilidad morfológica de las líneas filéticas salpicados por bruscos cambios morfológicos en cortos periodos de tiempo, como la explosión Cámbrica (Mayr, 1992). De esta problemática surge la teoría del equilibrio puntuado, desarrollada por Stephen J. Gould y Niles Eldredge en 1972. Según esta teoría, durante el transcurso de la evolución pueden presentarse largos periodos de equilibrio, o estasis, seguidos de cortos periodos en los que aparece una enorme cantidad de cambios que dan lugar a una evolución rápida. Esta teoría podría considerarse una continuación menos heterodoxa de los trabajos de Richard Goldschmidt, cuya obra de 1940, *The Material Basis of Evolution*, aparecía como una rara avis en una época en que la teoría sintética estaba consolidándose. Goldschmidt se desligaba bruscamente de la teoría sintética al argumentar que si bien la mayoría de las macromutaciones resultan desastrosas, hay veces en que estas prevalecen y benefician enormemente al individuo al ayudarlo a adaptarse a un nuevo modo de vida, provocando que las especies surjan abruptamente por variación discontinua o macromutación (Gould, 1995). A este fenómeno lo llamo Monstruo Prometedor, y fue enormemente ridiculizado en su momento. La teoría del equilibrio puntuado retoma esta idea, pero la adapta a las ideas de la teoría sintética, sin exagerar el poder de las macromutaciones y adoptando un enfoque más cercano a la genética de poblaciones. El nacimiento de esta teoría dio pie a una serie de debates durante los años 70-80 tan viscerales que fueron bautizados como “Las Guerras de Darwin”, en las que Gould fue baluarte absoluto de las tesis puntuacionistas, mientras que las ideas más ortodoxas fueron defendidas por biólogos como John Maynard Smith. Estos debates aún continúan, sin que haya un claro consenso sobre si la macroevolución y la microevolución son realmente procesos diferentes, o son extrapolables. Uno de los mayores apoyos a esta teoría vendría de la brillante hipótesis endosimbionte propuesta por Lynn Margulis, que explica como el nacimiento de la célula eucariota se debería a cambios puntuacionista debidos a la simbiosis entre diversos microorganismos procariotas (Margulis, 1998). Esta teoría, aparentemente en contra del gradualismo sintético, no excluye que tal interacción simbiótica se diera de forma gradual a partir de interacciones tróficas. Si bien a día de hoy la teoría sintética es aceptada unánimemente, disensiones como el puntuacionismo ayudan a ejercitar la imaginación de los biólogos en busca de nuevas interpretaciones que ayuden a comprender todos los mecanismos a través de los que opera la evolución. Además de por ser coautor de la teoría del equilibrio puntuado, es imperativo destacar la colosal cantidad de aportaciones que Gould hizo a la biología

evolutiva, como la creación de conceptos como exaptación o enjuta. Mayr afirma que parte de estas controversias y distintas líneas de pensamiento surgen especialmente de aquellos biólogos que trabajan con un solo grupo de organismos, ignorando el extraordinario pluralismo de la evolución (Mayr, 1992). Puede considerarse casi cualquier fenómeno evolutivo y comprobarse lo mucho que difiere entre los distintos grupos de seres vivos. Concluye, por lo tanto, que realizar afirmaciones categóricas en biología evolutiva rara vez arroja buenos resultados, pues nunca ha de olvidarse del pluralismo siempre presente de los procesos evolutivos.

En cuanto el estudio de la selección natural y de la adaptación ha habido grandes avances en los campos de la ecología y etiología. Se ha reconocido el carácter estadístico de la selección natural, se ha incorporado la importancia de las constricciones a la evolución derivadas de la filogenia y se ha perfeccionado el método hipotético-deductivo en su estudio. En tanto al estudio de la adaptación, el adaptacionismo se ha impuesto como método científico que permite deducir el origen de un órgano, conducta o patrón haciéndonos preguntas sobre la posible función adaptativa que esta característica puede tener. Estas hipótesis luego pueden ser comprobadas de forma observacional o experimental, y si estas predicciones no resultan satisfactorias, pueden generarse nuevas hipótesis que nos acerquen más a la posible génesis de la característica estudiada. Este método, pese a su probada utilidad, tiende a reducir todas las características y conductas de un organismo a la categoría de adaptación, lo cual no siempre es cierto (Gould, 1995). Sin embargo, sigue siendo el método más utilizado hoy en día dada su tasa de éxito. Otro campo en que Darwin está siendo altamente reivindicado es en su concepto de selección sexual. La posibilidad de que las hembras pudieran elegir a sus parejas, tal como enunciaba Darwin, y que esta selección fuera beneficiosa, es hoy día ampliamente aceptada por la comunidad científica. Al igual que Darwin, Weismann también está adquiriendo mayor importancia, llevando a científicos a desarrollar teorías muy interesantes en estos ámbitos (Maynard Smith, 1978; Michod, 1995). En biogeografía, los trabajos de Hutchinson y MacArthur, y especialmente el modelo de MacArthur y Wilson (1967) sobre especiación en islas revitalizaron las ideas de Darwin y Wallace, originando un fuerte auge del estudio de las comunidades ecológicas. Actualmente se debate mucho acerca de la primacía de la especiación alopátrica frente a la simpátrica, y viceversa. De momento, parece que la balanza está más inclinada a favor de los darwinistas y su especiación simpátrica, debido a que constantemente se están describiendo nuevos casos de radiación adaptativa sin necesidad de aislamiento geográfico. Los ya mencionados estudios acerca de la reivindicada selección sexual de Darwin están revelando que es esta selección la más importante fuente de especiación simpátrica.

A día de hoy, la selección natural se ha alzado como el mejor mecanismo para explicar la diversificación de los organismos y sus adaptaciones. Se intentó buscar un modelo alternativo a la selección natural en el catastrofismo, que tuvo un canto de cisne en la

década de los 80 con los descubrimientos de Luis y Walter Álvarez de trazas de iridio en estratos cretácico-terciarios de todo el mundo, rastros del ahora muy famoso asteroide que puso fin al reinado de los dinosaurios hace 65 millones de años (Gould, 1985). Este catastrofismo, no obstante, duro poco, pues proponer a estas catástrofes como agentes selectivos es confundir causas ambientales con mecanismos evolutivos. Las catástrofes no son más que presiones selectivas muy intensas en un periodo de tiempo geológico muy corto –la humanidad tiene el honor de haber promocionado a esta categoría-, por tanto, no son un agente distinto a la selección natural, solo su versión hipertrofiada. De hecho, los grupos que sobrevivieron a las extinciones masivas no lo hicieron por azar, sino probablemente porque se adaptaron mejor y más rápidamente a este nuevo escenario post-catástrofe y ocuparon los nichos ecológicos que habían quedado vacantes.

El debate macroevolutivo (Eldredge, 1995; Gould, 1985) y la aparición en escena de la epigenética, que podría hacer resurgir algunos de los postulados lamarckistas referentes a la herencia de ciertos caracteres adquiridos pero no dirigidos (Jablonka y Lamb, 1995), pueden convertirse en los catalizadores de una nueva revolución evolutiva, que vuelva a reconciliar y explicar todas estas nuevas ideas, desde el puntuacionismo a los cambios graduales inducidos por la variación genética hasta los determinados por el ambiente. Sin embargo, es improbable que estas revisiones y adiciones afecten al auténtico corazón de la teoría: la selección natural, que se ha convertido en el productor por antonomasia de la adaptación y la diversificación de las especies. Todas las teorías de Darwin, el cambio evolutivo de los organismos en otros, el origen común de las especies, el desarrollo de la diversidad como componente importante del proceso evolutivo, y el gradualismo no solo no han sido rebatidos, sino que se han visto reforzados a cada nuevo descubrimiento (Mayr, 1992). Ciento treinta años de fracasados ataques han dado como resultado un enorme fortalecimiento del darwinismo. Las polémicas y controversias actuales, ya mencionadas, no dejan de darse dentro del marco conceptual del darwinismo: los principios darwinianos básicos están más firmemente establecidos que nunca (Mayr, 1992).

### **2.1.2. Darwinismo en la sociedad**

#### Impacto en la sociedad

Cuando el *Origen de las Especies* apareció publicado por primera vez en 1859, la reacción de la sociedad fue instantánea. Se publicaron seis ediciones, que no tardaban más de unos pocos meses en agotarse. En la esfera científica fue recibida con enorme exultación; si bien muchos científicos criticaron aspectos dentro de la teoría darwinista, muchos se declararon evolucionistas. De hecho, muchos ya lo eran, aunque en el sentido más lamarckista de la palabra. Las evidencias presentadas por Darwin

respondían muchas incógnitas que se habían ido acumulando tras años de descubrimientos en geología, paleontología y sistemática; sin embargo, muchos discrepaban con el medio que Darwin había elegido para explicar cómo ocurría este fenómeno. La sociedad, al menos los sectores que tuvieron acceso a los trabajos de Darwin, reaccionó de una forma más visceral ante este mecanismo: la selección natural.

¿Por qué existía, y aún existe, este rechazo a la teoría de la evolución darwinista? Si volvemos la vista atrás, antes de los trabajos de Darwin, hacia las obras de Lamarck y otros pre-evolucionistas, podemos ver cómo ni los científicos ni la sociedad reaccionaron de forma tan vehemente. El modelo propuesto por estos científicos era un modelo intuitivo, persuasivo incluso, un modelo que no iba en contra de la ortodoxia del momento, ni religiosa ni filosófica, pero que lograba dar sentido a una evidencia incómoda como es la enorme diversidad de seres vivos y la riqueza de sus adaptaciones. De hecho, es importante destacar que sus ideas fueron, y son, aceptadas tanto en círculos científicos como en no científicos frente a las ideas darwinistas (Klemming, 2010), y que hasta el mismo Darwin no rechazaba el lamarckismo, aunque lo consideraba un mecanismo subsidiario a la selección natural. Esta teoría se veía –y se ve– respaldada en gran medida por nuestras creencias inconscientes, no solo religiosas, sino morales. Es fácil sentir afecto por una teoría que habla de cómo el esfuerzo debe ser recompensado y da pie a pensar que habitamos un universo inherentemente progresivo y motivado (Gould, 1995). Sin embargo, ¿quién en ese entonces podía simpatizar con una teoría cuyo mecanismo principal se basa en que la naturaleza es un ente cambiante y caótico dominado por un mecanismo de cortas miras, sin finalidad alguna, pero implacable e inevitable? Un ataque directo contra la teología natural y la teleología. Todas las convicciones quedan destruidas: no hay guía, el ser humano no es producto de ningún plan divino sino de una serie de adaptaciones funcionales para un momento y lugar determinado y, para mayor inri, desciende de animales mal llamados inferiores (Sagan, 1994).

En el siglo XIX, las críticas a la selección natural se generalizaron por este motivo: la selección natural acababa con siglos de tradición, acababa con la necesidad de un diseñador superior y la cosmovisión teleológica; la selección natural mostraba la inmensa variabilidad en la naturaleza y una casi infinita posibilidad de cambios. El famoso debate que reunió en Oxford en 1869 a toda la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia para discutir acerca del Origen de las Especies es un buen ejemplo del sentir de la sociedad en aquellos primeros años. En este debate se enfrentaron Wilberforce, obispo de Oxford, y los partidarios de Darwin, entre los que se encontraban Hooker y Huxley. La leyenda se ha apoderado casi por completo de esta confrontación dialéctica dada su enorme y oportuna carga simbólica: a un lado la ciencia, reveladora, al otro, la religión y el oscurantismo. La historia, endulzada por el hijo de Huxley, Leonard (1900), cuenta como tras una larga disertación crítica por parte

del obispo, en que ridiculizó la teoría de Darwin y atacó a sus partidarios, preguntó a Huxley sobre si su descendencia del mono, ¿le venía por parte de su abuelo o de su abuela? A lo que Huxley respondió que no sentiría vergüenza por tener a un simio por antepasado, pero que se avergonzaría de descender de un hombre brillante que se sumerge en cuestiones científicas de las que nada sabe para ridiculizar y desacreditar un debate científico (Huxley, 1900; Gould, 1991). La sala estalló y la reunión dio a su fin, dando la victoria a un ufano Huxley. Esta se conoce como la primera victoria de un jovencísimo darwinismo y el inicio de la batalla entre evolución y religión que dura hasta día de hoy. Nada más lejos de la realidad. Este relato ha sido glorificado enormemente con el paso de los años, en parte por la gran labor de difusión que Huxley hizo del darwinismo y su anticlericalismo declarado. En realidad, Huxley contestó con mucha menos autoridad, y la reunión siguió su curso sin ningún escándalo; la gran defensa del darwinismo recayó, en realidad, en Hooker, que respondió todas las críticas del obispo:

En primer lugar, su Señoría, en su elocuente discurso, según le parecía [a Hooker], había interpretado de manera completamente equivocada la hipótesis de mister Darwin: su Señoría insinuaba que ésta mantenía la doctrina de la transmutación de una especie actual en otra, y había confundido esto con el desarrollo sucesivo de especies mediante variación y selección natural. La primera de estas doctrinas era tan completamente opuesta a los hechos, razonamientos y resultados de la obra de mister Darwin que no podía concebir cómo alguien que la hubiera leído pudiera cometer tal equivocación, al ser, en realidad, todo el libro una protesta contra esta doctrina. (Gould, 1991)

De hecho, Darwin y el Wilberforce nunca fueron enemigos encarnizados. Darwin incluso llegó a escribir que encontró las críticas del obispo muy ingeniosas (Gould, 1991). El problema que ha arrastrado esta visión hagiográfica del enfrentamiento es el haber exagerado en grado sumo la lucha entre evolución y religión, dando una imagen maniquea que se ha ido perpetuando hasta hoy, y ha cristalizado a lo largo del siglo XX en sucesos como los juicios de Scopes o el caso Edwards contra Aguilard, que se comentaran más adelante.

Las reacciones en Europa fueron variadas. En Alemania, la labor de divulgación fue encabezada Haeckel, pero de una forma distorsionada. Haeckel no contemplaba la importancia del azar en la producción de variación y consideraba adaptación y variación como lo mismo, filosofía netamente lamarckista. En Francia la reacción fue de rechazo total, debido en parte a motivos nacionalistas, pues consideraban la teoría evolutiva de Darwin como un plagio de las ideas de Lamarck (Klemming, 2010). En España, las reacciones a la teoría darwinistas no fueron tan viscerales, pues paso relativamente desapercibida. Los naturalistas españoles mantuvieron una postura ecléctica; por lo general, aceptaron la teoría en la medida en que ésta no entraba en

conflicto con la ortodoxia católica. Antonio Machado y Núñez (1815-1897) fue uno de los primeros y principales partidarios darwinistas en nuestro país, y difundió los postulados darwinistas manteniéndose fiel a sus creencias religiosas, manteniendo la existencia de un hacedor. Pensadores más materialistas como Francisco Suñer y Capdevila (1826-1898) o Joaquín María Bartrina (1850-1880), primer traductor de Darwin al español, aceptaron cada postulado darwinista, utilizando la teoría como un ariete para derribar las convenciones cristianas, lectura que realizarían muchos intelectuales posteriormente (Pelayo, 1996). En toda Europa, donde mejor fueron recibidas las ideas darwinistas y de la selección natural fue en Rusia. Un exponente importante de este darwinismo ruso fue el profesado por el anarquista Petr Kropotkin, que llevo las ideas de competencia y lucha entre especies a la sociedad, pero con una vuelta de tuerca. Kropotkin afirmaba que la lucha por la existencia conduce a la ayuda mutua y no al combate para alcanzar el éxito evolutivo. En su obra de 1902, *Mutual aid* (Ayuda mutua), intenta ilustrar la continuidad entre la selección natural para la ayuda mutua entre los animales y la base del éxito en la organización social humana (Gould, 1991). De este modo, Kropotkin se enfrentaba a los habituales idearios de los darwinistas sociales, que hacían excesivo hincapié en el individualismo y la competencia como consecuencias de la selección natural, desdeñando las importantes evidencias de cooperación entre organismos (Klemming, 2010).

Es creencia popular que la teoría de la evolución, desde su concepción, fue criticada duramente por los estamentos religiosos y la moral de la época, igual que por una gran parte de la comunidad científica. Esto no fue realmente así. Durante la segunda mitad del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX, gran parte de la sociedad estaba de acuerdo con la teoría de la evolución, con lo que no estaban de acuerdo era con el darwinismo y la selección natural. Muchos evolucionistas eran hombres devotos, y muchos teólogos abrazaron la evolución y la situaron como centro de sus teologías personales, pero muy pocos de ellos eran darwinista, o al menos no darwinistas convencidos y estrictos. Un ejemplo de esto es el jesuita Pierre Theilard de Chardin, cuyas ideas evolucionistas religiosas, rescate de la evolución ortogenética, fueron muy populares en la década de los sesenta (Gould, 1995). A principios del siglo XX, durante la popularización de la genética mendeliana, el neolamarckismo aún tenía cierta vigencia como alternativa al darwinismo, aunque se vio abocado a la extinción por el caso Kammerer, uno de los grandes fraudes científicos de principios de siglo XX. Este científico austriaco, intento demostrar el lamarckismo gracias al sapo partero. Este anuro terrestre procede de antecesores acuáticos que desarrollan rebordes ásperos en sus patas delanteras para sujetar a la hembra en el agua durante la copula. Los sapos terrestres han perdido estas almohadillas, aunque algunos individuos anómalos las desarrollan de modo rudimentario, lo que implica que la capacidad genética para producir estas almohadillas sigue presente. Este experimento falló por dos motivos: por su premisa y por la falsificación posterior. Kammerer obligó a unos cuantos sapos a reproducirse en el agua; en este medio tan hostil, muy pocos huevos salieron adelante.

Posteriormente, repitió este proceso con la siguiente generación, y así sucesivamente. Tras varias generaciones, aparecieron los machos con las ansiadas almohadillas nupciales. Kammerer creyó haber probado la herencia lamarckistas de caracteres. Sin embargo, Kammerer había ejercido una presión selectiva sobre el sapo, seleccionando los individuos que sobrevivían, de manera homologa a cómo opera la selección natural. Sin darse cuenta, Kammerer había demostrado, a pequeña escala, como actúa la selección natural (Gould, 1995). Sin embargo, este experimento es bastante turbio, pues al poco tiempo se descubrió que alguien –tal vez Kammerer o alguno de sus ayudantes- había inyectado tinta china en estas almohadillas para acentuar el efecto, destruyendo por completo su carrera (Glibbof, 2006). Kammerer terminaría suicidándose en 1926. Las ideas de Kammerer tendrían un eco siniestro en la figura de Lysenko, una de las figuras más controvertidas de la ciencia soviética. Trofim Lysenko logro obtener el apoyo de Stalin gracias a sus ideas lamarckistas puras finamente maquilladas con una filosofía atractiva para las elites soviéticas. Lysenko acusaba a la genética de tener una base filosófica inaceptable, y que la genética filosóficamente correcta debía ser una cercana al materialismo dialectico comunista (Sagan, 1995). Las pruebas alegadas por Lysenko eran bastante sospechosas y contradecían por completo lo que hasta ese entonces se sabía de genética. Lo que en su momento comenzó como un debate científico legítimo con los mendelistas rusos, pronto degeneró en una persecución sistemática, engaños, fraudes, silenciamientos y hasta asesinatos (Gould, 1995). Lysenko logró que el lysenkismo se impusiera como teoría hegemónica en la Unión Soviética, y desterró del país cualquier mención a la genética clásica y a sus defensores. Entre las víctimas de sus malas artes podemos incluir al mendelista Vavilov, quien era director de la Academia Lenin de Ciencias Agrícolas de la Unión Soviética, y Chetverikov, ya mencionado; ambos vieron sus carreras hundidas, pero a Vavilov sus trabajos le costaron la vida en un campo de trabajo. No fue hasta 1964 que la Academia Soviética de Ciencias logro acabar con el lysenkismo; uno de sus integrantes, el físico y premio Nobel Sajarov, achacaría a Lysenko las décadas de atraso en biología y genética de la nación a causa de sus teorías pseudocientíficas, y por la difamación, arresto y muerte de muchos científicos genuinos (Sagan, 1995).

En el siguiente apartado veremos como el darwinismo, pese a no ser aceptado en su totalidad, poco a poco dejo de pertenecer exclusivamente a la ciencia y paso a manos de los intelectuales y filósofos, transformando una teoría biológica en una teoría moral y social con la que estudiar la evolución de la sociedad humana.

#### Darwinismo social y otras malinterpretaciones de la teoría evolutiva

Desde su concepción, se ha visto como el darwinismo se enfrentó a una clara oposición por parte de los sectores más conservadores de la sociedad y como, hasta sus defensores más acérrimos, no veían con buenos ojos todo lo que el darwinismo

postulaba. Sin embargo, numerosos pensadores de la época, darwinistas o no, no tuvieron reparos en realizar unas lecturas interesadas de *El Origen de las Especies* para justificar unos idearios políticos y sociales que llegarían a costar la vida a millones de personas en el siglo XIX y XX. En efecto, si bien algunos conceptos dentro del darwinismo resultaban incómodos, otros, como la “supervivencia del más fuerte” eran muy bien recibidos dentro de los círculos académicos, y combinados con doctrinas deterministas dieron lugar al desarrollo del llamado darwinismo social (Klemming, 2010).

El concepto de evolución transformó el pensamiento humano. Casi no hubo cuestión dentro del ámbito de las ciencias de la vida que no fuese reformulada según las ideas evolucionistas. Que estas ideas estuvieran apegadas al darwinismo resultaba irrelevante: el concepto había calado. Así, muchos pensadores aseveraban – erróneamente- que, puesto que existía un ordenamiento jerárquico entre las especies, debía existir un ordenamiento jerárquico entre los grupos humanos: el argumento de la recapitulación. Partiendo de este concepto, muchos antropólogos infirieron que un tipo determinado de morfología era indicativo del nivel de primitivismo, o degeneración, que presentaba un individuo (Gould, 1996). Dada la imposibilidad de reconstruir el árbol de la vida que uniera la totalidad de especies según su parentesco, Haeckel, el divulgador de las ideas darwinistas en Alemania, rescató una añeja teoría creacionista para atisbar estos parentescos de forma indirecta. Esta teoría, llamada teoría de la recapitulación (Mayr, 1994), sugería que el desarrollo embrionario de las formas superiores podía ser una guía para deducir la evolución del árbol de la vida, de modo que cada individuo atravesaría una serie de estadios de crecimiento que corresponderían, en el orden correcto, a las diferentes formas adultas de sus antepasados. De este modo, las hendiduras branquiales que presentaba el embrión humano representaban el estadio adulto de un pez filogenéticamente previo, y la presencia de una cola la existencia de un antepasado reptil o mamífero. Esta idea fue muy influyente a finales de siglo XIX y principios del siglo XX, y fue utilizada tanto en ciencias como la embriología, la anatomía comparada y la paleontología como la psicología y antropología. La recapitulación proporcionó, pues, una base “científica” a aquellos científicos interesados en establecer diferencias jerárquicas entre los grupos humanos. De este modo, los adultos pertenecientes a grupos inferiores deben ser como los niños de los grupos superiores, porque el niño es la representación de un estado adulto primitivo (Gould, 1996). Bajo esta premisa nació el determinismo biológico, que afirmaba que las diferencias sociales, de raza, clase y sexo se derivan de ciertas diferencias innatas y heredadas, y pueden observarse al ser comparados con niños varones blancos. Un buen ejemplo de estas teorías serían las contundentes afirmaciones del paleontólogo americano E.D. Cope, que consideraba a las razas de los climas más cálidos inferiores a los nórdicos debido a que la maduración en estos climas es más temprana, y por tanto los europeos mediterráneos alcanzarían un estadio más infantil, y por tanto, primitivo, al detenerse su maduración antes (Cope, 1887;

Chalmers, 2019). Puede observarse como esta teoría surgía para dar validez y respetabilidad científica y social a los prejuicios chauvinistas de la época. Del mismo modo que este argumento se aplicó a las razas, también se aplicó a las mujeres. El psicólogo americano G. Stanley Hall llegó a afirmar, por ejemplo, que la mayor frecuencia de suicidios entre las mujeres demostraba su nivel evolutivo inferior, llegando a escribir: “Las mujeres prefieren los métodos pasivos; [prefieren] entregarse al poder de las fuerzas elementales, como la gravedad, cuando se arrojan desde las alturas o ingieren un veneno, métodos de suicidio en los que superan al hombre” (Hall, 1904; Gould, 1996). No es sorprendente, tampoco, que tales tesis resultaran en un argumento perfecto para justificar la esclavitud o el imperialismo, puesto que los nativos, se pensaba, eran incapaces de prosperar sin la guía europeo-americana.

Con el desarrollo de la genética y el descubrimiento del genoma humano, a día de hoy sabemos que las diferencias que existen a nivel genético entre las distintas razas humanas son tan pequeñas que si actualmente seguimos utilizando esta palabra es más por tradición que por tener un sentido antropológico. Si nuestra especie tuviera millones de años de antigüedad, y si estas razas hubieran estado geográficamente separadas durante la mayor parte de ese tiempo, sin intercambios genéticos significativo, entonces podríamos estar hablando de verdaderas subespecies humanas con diferencias genéticas significativas. Pero la ausencia de estas diferencias demuestra que nuestra especie es muy reciente, a lo sumo cuenta con unos pocos centenares de miles de años, y el proceso de globalización de la especie se tuvo que dar a una velocidad geológica tan elevada que nunca llegó a producirse esta situación de aislamiento que favorecería la aparición de diferencias genéticas. Lewontin (1972) estudió la variación de diecisiete genes que codifican diferencias de la sangre y comprobó que solo el 6,3% de la variación se podía atribuir a la pertenencia de una raza. El 85,6% de la variación se daba dentro de poblaciones locales (Lewontin, 1972). Si una extinción masiva de la raza humana dejara únicamente como supervivientes a una pequeña tribu de Nueva Guinea, aun así se conservaría casi todas las variaciones genéticas actualmente presentes en los innumerables grupos poblacionales de nuestra especie (Gould, 1996). Los argumentos del determinismo biológico fallan, pues carecen de base biológica, puesto que las diferencias a las que hace referencia por lo general son producto de una evolución cultural. Los deterministas buscaron pruebas en la morfología, pero realizaron inferencias acerca de las capacidades y conductas que están vinculadas a la cultura, no a la biología. Nuestro cerebro, cuyas diferencias de tamaño entre género y raza tanto estimuló la imaginación determinista, es el fundamento de la inteligencia; la inteligencia la base de la cultura; y la transmisión cultural crea una nueva forma de evolución, más eficaz, en su terreno específico, que los procesos darwinianos: la “herencia” y la modificación de la conducta aprendida (Gould, 1996). Como afirmo el filósofo Stephen Toulmin: “La cultura tiene el poder de imponerse a la naturaleza desde dentro” (Toulmin, 1977).

Además del determinismo biológico, Darwin vivió para ver cómo se apropiaban de su nombre para defender un punto de vista extremista que jamás compartió: el darwinismo social. Si bien no fue su creador, uno de los mayores ideólogos de esta teoría social fue Herbert Spencer. Spencer, intelectual de reputada fama en su época pero poco ducho en biología, propuso sustituir el término selección natural por supervivencia de los más aptos, provocando una de las mayores malinterpretaciones del darwinismo que a día de hoy aun arrastramos. Esta filosofía competitiva, que Huxley llamaba gladiatoria (Gould, 1991), se convertiría en el pilar central del que sería llamado erróneamente darwinismo social, que jamás fue respaldada por Darwin, ni nada tiene que ver con el darwinismo científico. Esta teoría social se basa en que el “progreso” humano requiere una lucha implacable entre los componentes de la sociedad, en la que los ganadores escalan posiciones de poder y los seres inferiores, o bien son dados de lado, o bien son precipitados a las clases más bajas. Siguiendo este pensamiento, la cultura obstaculiza a la naturaleza al permitir que los inadaptados sobrevivan, por lo que los genes “malos” se mantienen y perpetúan, malogrando a la sociedad (Gould, 1995). Bajo las tesis de esta teoría, socialmente respetada hasta bien entrado el siglo XX, se han llegado a perpetrar actos de lo más aborrecibles. En la primera guerra mundial, por ejemplo, la mayoría de los intelectuales y jefes militares alemanes habían invocado esta interpretación darwinista como justificación de la guerra y la supremacía germana. Definían la selección natural como una lucha violenta y competitiva, y que el grupo en estado evolutivo más avanzado –es decir, el alemán– debía ser el que se alzara con la victoria; todos los integrantes del grupo debían ser probados, y los mejores no solo serían preservados, sino que ocuparían una posición que les permitiera imponer su tipo de organización social superior sobre los demás, o destruirlos y sustituirlos (Kellog, 1917; Gould, 1991). Durante finales de siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, la combinación entre este darwinismo social y el determinismo biológico daría un peso científico a numerosos estados para justificar la implementación de medidas eugenésicas sobre la población, especialmente sobre personas declaradas deficientes mentales por las técnicas primitivas de medición del C.I. (coeficiente intelectual) bastante cuestionables de entonces, en las que a veces el pertenecer a determinada raza aumentaba exponencialmente las probabilidades de ser declarado deficiente mental (Gould, 1995). Durante la Segunda Guerra Mundial encontramos el caso más famoso por la escala alcanzada en el nacionalsocialismo alemán (Schipman, 1994), que fue la que hizo abrir los ojos finalmente a muchos pensadores, políticos y hasta científicos. Pero, ¿daba realmente el darwinismo guías para sustentar estas teorías sociales? ¿Era Darwin un verdadero ideólogo para estas doctrinas?

Estas acusaciones contra Darwin son injustas por dos razones. En primer lugar, Darwin consideraba que la naturaleza no proporciona base alguna para nuestros valores morales, sin importar lo cruel que esta fuera. En todo caso, ayudaría a explicar porque, como seres humanos, tenemos tales sentimientos, pero nunca podría decidir por

nosotros si una acción está bien o mal, ni mucho menos servir como guía (Gould, 1991). En segundo lugar, cuando Darwin mencionaba “la lucha por la existencia” – recordemos que supervivencia de los más aptos es una definición de Spencer- lo hacía como una metáfora, no como una afirmación explícita. El éxito reproductor, único éxito que importa a nivel evolutivo, funciona de muchas maneras; la victoria en la contienda puede ser un camino, pero la cooperación, la simbiosis y el mutualismo pueden también asegurar el éxito en las especies. Darwin decía que “dos perros en tiempo de escasez luchan entre sí para decidir quién obtendrá alimento y vivirá; pero una planta en el desierto se dice que lucha por la vida contra la sequía” (Darwin, 1859). Bien es cierto que Darwin basó en parte su teoría en las ideas de Malthus de que el crecimiento de la población sobrepasa el de los recursos y por tanto conduce a una constante competición. Sin embargo, Darwin no acepta que solo la lucha literal sea la única estrategia de las especies. Como en otras ocasiones, debemos hacer mención a Huxley, el bulldog de Darwin (Desmond y Moore, 1991), para entender parte de la popularización de estos conceptos a los que Darwin no daba esa importancia capital que ha prevalecido en nuestro imaginario colectivo. En sus ensayos sobre ética, Huxley definía esta contienda entre especies como gladiatoria, encarnizada y sangrienta, y sostenía que el predominio de esta lucha definía al comportamiento de la naturaleza como amoral, por lo tanto consideraba que una sociedad humana que se inspirara en este principio gladiatorio tendería a degenerar en anarquía y miseria. Por lo tanto, concluía, la sociedad civilizada debe evitar esta lucha que caracteriza a la naturaleza. Esta filosofía de Huxley, de ver la naturaleza como un circo de gladiadores del cual no se deberían extraer enseñanzas sociales so pena de una anarquía miserable, tuvo mucho peso, pero no el suficiente como para que la segunda parte llegara a calar en los ideólogos del darwinismo social. Pero, ¿daba Darwin y sus ideas evolutivas base biológica a la jerarquización de la sociedad? La respuesta aquí es más compleja. Darwin era un hijo de la época victoriana, y como tal compartía con sus contemporáneos numerosos prejuicios que, a día de hoy, les definiría a todos como racistas y machistas. Darwin creía en las desigualdades de otras razas y los sexos. Sin embargo, las actitudes son una cosa y las acciones otras, y Darwin actuó siempre de forma un tanto diferente a la de sus coetáneos. Darwin no era un defensor de que la desigualdad era algo inherente a la biología del individuo, pero si era un paternalista que consideraba la civilización europea como un modelo superior y de mejora. Ambas posturas llevan a declaraciones desdeñosas sobre otros pueblos, tachándolos de inferiores, pero el paternalismo de Darwin le hacía desear la eliminación de determinadas tradiciones o podía mostrarse inflexible en su falta de estima por las diferencias, pero no veía la cultura primitiva de los salvajes como un reflejo de su inferioridad biológica inalterable (Gould, 1996). Darwin podía ser paternalista, pero estaba muy lejos de ser un determinista biológico. En un siglo en que la ultraortodoxia cristiana y el determinismo biológico se erigían como bases para la esclavitud y todo tipo de explotación humana, Darwin se alineaba con aquellos abolicionistas que defendían un

principio moral de igualdad de derechos y de no explotación, siendo además un defensor a ultranza de los más radicales. Sus opiniones y reflexiones pueden encontrarse en su diario de a bordo, donde podemos encontrar pasajes realmente evocadores sobre este tema y el sincero aborrecimiento que estas prácticas causaban en Darwin (Darwin y Dawkins, 2009). Por lo tanto, podemos terminar diciendo que Darwin, en efecto, era racista, pero nunca su racismo se vio justificado por el determinismo biológico ni sus ideas evolucionistas, ni mucho menos justifico las tropelías causadas al prójimo amparadas por estas ideas.

#### Influencia y polémicas en la actualidad

Como se ha dicho, la síntesis evolutiva se ha convertido en el paradigma evolutivo establecido. Algunos críticos han acusado a los arquitectos de esta síntesis de haber resuelto todas las problemáticas que presentaba la teoría de la evolución, por lo que no tiene sentido que sigan habiendo preguntas sobre ciertos aspectos de los mecanismos de la evolución. Esto, por supuesto nunca se ha afirmado, pues nadie ha negado que aun queden muchas cuestiones sin resolver. Lo que sí han afirmado muchos científicos es que se había llegado a una elaboración del paradigma darwiniano lo suficientemente robusta como para que las cuestiones que aún no han sido resueltas la pusieran en peligro.

Durante el siglo XX la popularización de la divulgación científica ha sido muy importante para la difusión del neodarwinismo entre la sociedad, acercando las teorías de la evolución sin necesidad de simplificarlas. Libros como *El azar y la necesidad* (Monod, 1971) o *El origen de la vida* (Oparin, 1970) hicieron crecer el interés de la población sobre determinados aspectos de la evolución. En este ámbito, es muy importante destacar la labor de Stephan J. Gould, cuyos ensayos sobre ciencias naturales y biología evolutiva publicados mensualmente en la revista científica *Natural History* desde 1977 hasta su muerte lograron despertar la curiosidad de millones de lectores, convirtiéndose en uno de los rostros más conocidos de la ciencia para el público en general, especialmente en Estados Unidos. Figura también muy importante es la de Richard Dawkins, que desde su primera publicación de *El gen egoísta* se ha dedicado a la difusión, aunque más acertado sería decir a la defensa, de la teoría de la evolución de aquellos últimos bastiones creacionistas, a los que siempre ha combatido con su característico estilo polemista y beligerante. Aunque no pertenecía al campo de la biología o la genética, sería injusto no mencionar al más importante divulgador científico de finales de siglo XX, el astrofísico Carl Sagan, cuya labor de divulgación y popularización de la ciencia fue tan brillante y amplia que no olvido tratar temas de la biología evolutiva tanto en su serie documental *Cosmos* (1980) como en su libro, *Los dragones del edén* (1977), donde aborda cómo evolucionó la inteligencia del ser humano.

Desgraciadamente, con la popularización de la teoría de la evolución en los medios audiovisuales también llegó una popularización de la propaganda pseudocientífica y religiosa, contraria a la ciencia en general, y al neodarwinismo en particular. La mayoría de estos movimientos han tenido su génesis en Estados Unidos, país donde la teoría de la evolución fue recibida con especial desagrado, especialmente entre los sectores religiosos más fundamentalistas y ciertos sectores políticos. Fueron muy famosos los juicios contra la teoría de la evolución, como el caso Scopes en Dayton, Tennessee. En este estado se aprobó la llamada ley Butler en 1925, que declaraba «ilegal que ningún profesor de cualquiera de las universidades, escuelas normales y todas las demás escuelas públicas del estado, impartan cualquier teoría que niegue la historia de la Creación divina del hombre tal como la enseña la Biblia, y digan, en su lugar, que el hombre desciende de un orden inferior de animales» (Gould, 1995). Esta ley sentó un precedente, y varios estados sureños aprovecharon esta circunstancia para acabar con la enseñanza de la teoría de la evolución en las escuelas. La primera vez que se puso en práctica fue con John Scopes, profesor de biología al que acusaron y condenaron por enseñar las ideas darwinistas en sus clases. Esta ley se mantuvo vigente hasta 1967, aunque no volvió a ser aplicada. No fue solo por fanatismo religioso que leyes así salieron adelante, pues coincidieron con los peores días del macartismo, momento en que la libertad de cátedra en Estados Unidos estaba muy amenazada. En 1981 apareció un nuevo rebrote fundamentalista en forma de un nuevo juicio, esta vez en Little Rock, Arkansas, que exigía que se dedicara el mismo tiempo a la teoría de la evolución que al creacionismo científico en las aulas. Estos creacionistas fundamentalistas no plantean ya su batalla por la religión, pues hasta las autoridades religiosas los desautorizan. Su núcleo de apoyo está en la derecha evangélica, de la que el creacionismo no es más que una anécdota dentro de un programa político ultraconservador y paternalista arcaico (Gould, 1995). Aunque la ley ya no ampara este tipo de movimientos, sigue habiendo un importante reducto de la población americana que aún mantiene su oposición hacia la teoría de la evolución y ofrecen sus alternativas como el diseño inteligente o el creacionismo científico.

Es interesante destacar las ideas pseudocientíficas defendidas por los ideólogos del diseño inteligente, teoría que incluso ha sido declarada no científica por los tribunales estadounidenses. Los partidarios de esta teoría argumentan que determinadas características del universo y de los seres vivos son tan complejas que solo pueden explicarse por una causa inteligente, no por procesos ciegos como la selección natural. Una crítica muy habitual de este lobby contra la selección natural, que se perpetúa aun hoy día, es que las maravillosas adaptaciones del organismo no pueden deberse exclusivamente al azar (Dawkins, 1986). Esta crítica es la preferida de los seguidores del diseño inteligente a día de hoy. En su libro, *Escalando el monte improbable* (1997), Dawkins desmonta el argumento al afamado físico Fred Hoyle que explica por qué la evolución es imposible usando como ejemplo la perfección del ojo humano, un órgano tan complejo, asegura, que es imposible que surgiera espontáneamente por azar.

Tachar al darwinismo en general, y la selección natural en particular, de azarosa, era, y es, una estrategia habitual de los detractores de Darwin. Sin embargo, no puede estar más equivocada. Si hay algo de azar dentro del darwinismo –y solo realizando importantes concesiones- es en las mutaciones, proceso que otorga variación genética. Precisamente esta aleatoriedad es suprimida con la selección natural. (Dawkins, 1997). Muchos científicos consideran que este enfrentamiento entre evolución y religión es baladí, y no tendría que darse pues no están en contradicción, ni pueden estarlo, puesto que tratan asuntos diferentes que no se solapan (Ayala, 2009). Por tanto, seguir alimentando estos movimientos contrarios con debates o discusiones de aparente validez científica es fútil, pues ni siquiera los científicos devotos o las autoridades religiosas las aceptan, por lo que solo se consigue que tengan un falso protagonismo que no merecen (Gould, 2003; Ayala, 2009).

## **2.2. Utilidad práctica del tema elegido y enfoque didáctico**

### Utilidad practica

La asignatura de Biología y Geología tiene como objetivo ayudar al alumnado a adquirir los conocimientos y competencias básicos para lograr el desarrollo de una cultura científica y estimular un pensamiento crítico que le permita, en el futuro, guiarse y dirigirse en la sociedad, sabiendo interpretar las consecuencias de los cambios científicos y tecnológicos, que se suceden cada vez a mayor velocidad. Esta asignatura es, además, de crucial importancia, pues en ella se encuentran abordadas las más preocupantes problemáticas de nuestro siglo, como el cambio climático, la degradación de los ecosistemas, el agotamiento de los recursos y fuentes de energía útiles a largo plazo y sostenibles para el medio ambiente, y la popularización de las pseudociencias; de que estas problemáticas sean correctamente definidas, argumentadas e interiorizadas por el alumnado dependerá en grado sumo la actitud de la futura generación ante estos grandes desafíos (Vazquez-Alonso y Acevedo, 2007). De entre todo el temario que se imparte en la asignatura en la etapa de cuarto de la ESO, considero a la teoría de la evolución una de las más importantes debido a que sus contenidos van mucho más allá que el mecanismo a través del cual los seres vivos dan lugar a otros. La teoría de la evolución y la influencia que ésta ha causado desde su concepción ofrecen importantes lecciones a la humanidad: enseña, principalmente, cual es el origen de los seres vivos y como éstos han ido cambiando hasta nuestros días y seguirán cambiando en el futuro; enseña una importante lección de humildad al ser humano al colocarlo dentro de la naturaleza y no por encima de ésta; enseña cómo el paradigma científico va transformándose gracias a la labor científica; enseña como esta labor científica va construyéndose poco a poco por la constante experimentación, crítica y refutación de los profesionales, impidiendo la instauración de cualquier clase de dogmatismo; enseña cómo hay que ser cuidadoso al intentar aplicar la ciencia en

campos a los que ésta no pertenece, como la sociología, la antropología o la ética, y como tenemos que cuidarnos mucho de hacer juicios atrevidos que puedan afectar directa o indirectamente a nuestros semejantes amparándonos en bases de índole científico, reales o aparentes; enseña a abandonar fanatismos de cualquier tipo, tanto religioso, como políticos, como incluso científicos; enseña cómo afrontar y comprender los nuevos avances en el campo de la genética, que en unos años serán de una importancia capital.

Es tan importante conocer la teoría de evolución tal y como hoy se acepta, luego de más de 150 años de refinamiento, como momentos clave del proceso que ha conducido a las concepciones que hoy día tenemos sobre la evolución y el darwinismo. Y es indispensable no solo conocer todas estas teorías previas, sino acotarlas tanto temporal como conceptualmente para evitar cualquier tipo de malinterpretación por parte del alumnado. Del mismo modo, es importante no caer en los mismos lugares comunes o en visiones románticas de los protagonistas que hicieron posible el nacimiento de la biología evolutiva. Aunque puede que quede fuera de nuestra jurisdicción como docentes en biología, no hay que olvidarse de enseñar que impacto tuvo las malas interpretaciones de la teoría de la evolución en el origen de ciertas teorías sociales que fueron determinantes para siglo XIX y XX, teorías que, si bien pertenecen al campo de la ética y la sociología, no dejaban en su época de tener un peso científico y un aura de respetabilidad.

Considero que la desmitificación realizada sobre la vida y obra de los científicos es útil y necesaria para despertar la pasión investigadora en los adolescentes por dos motivos. Durante muchos años se lleva enseñando medias verdades, cuando no directamente mentiras, que en poco ayudan a la correcta comprensión de las ideas evolutivas, y llegan a ser germen de numerosas malinterpretaciones. Y en segundo lugar, mostrar a los científicos como lo que son, personas trabajadoras de gran tesón y creatividad, ayuda a los adolescentes a identificarse con ellos y hacerles ver que todos podemos llegar a ser científicos con trabajo duro y una mente inquieta y curiosa, sin necesidad de haber sido ungido por dioses. Desmitificar no es faltar a la memoria o rebajar los méritos científicos de personas que fueron, sin lugar a duda, únicas e inspiradoras, pero es la mejor forma de acercarlos al mundo real, donde pueden influir a las futuras generaciones tanto con sus triunfos como con sus fracasos.

#### Estrategias Metodológicas

La biología evolutiva y la genética son disciplinas muy importantes dentro de la Biología, sin embargo, también son muy complejas. Es por este motivo que el alumnado se enfrenta por primera vez ante estas disciplinas en la etapa de 4º de ESO. Los conocimientos que puedan haber tenido de sendas disciplinas hasta ese momento

son rudimentarios, contruidos a partir de menciones esporádicas en años anteriores, como en 3º de ESO, en que se da el cuerpo humano y aparecen términos como mutación o enfermedad genética; y a partir de los medios audiovisuales en forma de noticias de actualidad en televisión y redes sociales, series, películas o videojuegos. El docente ha de tener en cuenta que esta es la primera aproximación del alumnado a la teoría de la evolución, por lo que debe de realizar una metodología que tenga en cuenta lo novedoso de estos contenidos.

Lejos de amilanarse ante tal reto, el docente podría verse beneficiado por todos los recursos disponibles y la enorme cantidad de innovaciones docentes que permiten mantener estimulados al alumnado. El proceso de enseñanza-aprendizaje podría, así mismo, verse enormemente enriquecido gracias a todos estos avances, transformando un contenido a priori complicado para estudiantes legos en la materia en un viaje de constantes descubrimientos, lográndose subvertir estas concepciones tan persistentes que han construido a lo largo de su vida. Según la Orden del 14 de 2016, contamos con estrategias tales como:

-Metodologías que contextualizan los contenidos y permiten el aprendizaje por proyectos, los centros de interés, el estudio de casos o el aprendizaje basado en problemas favorecen la participación activa, la experimentación y un aprendizaje funcional que va a facilitar el desarrollo de las competencias, así como la motivación del alumnado al contribuir decisivamente a la transferibilidad de los aprendizajes. Esta metodología favorece la reflexión, crítica, elaboración de hipótesis y la tarea investigadora a través de un proceso en el que cada uno asume la responsabilidad en su aprendizaje.

-Metodologías centradas en actividades en el medio. La sensibilización ante el medio, conocer el patrimonio natural o ver la incidencia humana en el mismo permiten mejorar las capacidades de análisis y discusión de situaciones problemas.

-El acercamiento de los métodos propios de la actividad científica como propuesta de preguntas, búsqueda de soluciones, indagación de caminos posibles para la resolución de problemas, contrastación de pareceres, diseño de pruebas y experimentos, aprovechamiento de recursos inmediatos para la elaboración de material con fines experimentales y su adecuada utilización permiten la adquisición de actitudes y valores para la formación personal, además del aprendizaje de destrezas en ciencia y tecnología. Esta metodología puede complementarse con la visita a distintos centros de investigación, laboratorios, universidades y realización de prácticas en los mismos.

-El uso de TICs, TACs y TEPs, que ayudan al alumnado a construir su conocimiento a través de la búsqueda de información y la investigación, usando un medio con el que se siente más familiarizado. Este tipo de metodologías hacen que el alumno sea dueño

de su propio aprendizaje, y ayudan al empoderamiento y a la consecución real de los valores personales.

Las metodologías propuestas por la Comunidad Autónoma de Andalucía para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología y Geología están reforzadas por numerosos estudios realizados en el ámbito de didáctica de la ciencia y de las metodologías innovadoras e inclusivas. Estos estudios hacen énfasis en la potenciación de la educación inclusiva, la potenciación del aprendizaje dialógico y el fortalecimiento de la comunidad escolar (Iglesias et al., 2013). Se recomienda trabajar con el alumnado en pequeños grupos, para incentivar el intercambio de ideas y la argumentación para mejorar la capacidad de reflexión y razonamiento. Además, se ha de potenciar la iniciativa del alumno a la hora de desarrollar ideas propias para luego, en estos pequeños grupos, animar a que este intercambio de ideas se refleje en una maduración dialéctica que pueda ser utilizada, finalmente, a la hora de expresarse. Todas estas metodologías están concebidas para que el alumnado ponga en práctica un conjunto de conocimientos, actitudes y competencias personales que configuran un aprendizaje significativo y continuo de las competencias a adquirir, teniendo en cuenta siempre no desmotivar al alumnado ni hacerle perder el interés en la asignatura (Iglesias et al., 2013).

Además de esta metodología propuesta por la Comunidad Autónoma de Andalucía, se utilizarán también metodologías propias tales como:

-Metodología de transmisión-recepción: una metodología tradicional que no ha de desdeñarse, en la que el proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza directamente sobre el alumno con un método expositivo valiéndose de la ayuda del proyector o del libro de texto.

-Metodología basada en el estudio de las ideas previas del alumnado: que se basa en generar un conflicto cognitivo que provoca que el alumno quiera cambiar sus preconcepciones erróneas y hacerlas avanzar hacia nuevos conceptos.

-Metodología expositiva: en la que el alumno mejora sus capacidades dialécticas, mejorando su capacidad de expresión, de organizar ideas y argumentar y contra-argumentar. Esta metodología, además, incentiva el ambiente de participación en la clase.

-Metodología basada en el estudio e historia de la ciencia: esta metodología permite entender como la ciencia desarrolla conocimiento y las peculiaridades del conocimiento científico. La historia de la ciencia, además, ofrece una visión contextualizada que ilustra cómo y por qué surgen determinadas ideas (Acevedo-Díaz et al., 2015). Es en esta metodología, junto con la metodología de ideas previas, sobre la que más nos apoyaremos a la hora de estudiar las malinterpretaciones y errores al enseñar y aprender la teoría de la evolución.

Es importante conocer al alumnado antes de elegir las metodologías que van a ser aplicadas en el aula. En el caso de 4º de ESO, nos encontramos con estudiantes de edades comprendidas entre los 15 y 16 años. Como se ha mencionado anteriormente, este alumnado se enfrenta por primera vez al desafío que es aprender la teoría de la evolución, y sus numerosas abstracciones. En la Aplicación Didáctica se expondrán las numerosas dificultades y malinterpretaciones del alumnado, así como sus causas. En los apartados siguientes se observará como la metodología basada en el estudio de las ideas previas y el estudio de la naturaleza e historia de la ciencia son nuestras mejores bazas a la hora de enfrentarnos a esta problemática. El docente tiene que ser consciente, pues, de todos estos errores conceptuales que presenta el alumnado a la hora de realizar una propuesta didáctica.

A tenor de las características del alumnado, la metodología que va a ser utilizada para el proceso de enseñanza-aprendizaje se compone de una simbiosis entre metodologías tradicionales de transmisión-recepción, con metodologías que hagan del estudiante un sujeto activo de su educación a través del trabajo colaborativo y la participación en debates y exposiciones. En esta metodología se aprovecharán las ideas previas del alumnado para avanzar en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se tendrán en cuenta todas las dudas que surjan a los alumnos, y se les instará a profundizar en los contenidos con trabajos de investigación, análisis críticos y exposiciones voluntarias. Además, a la hora de evaluar los conocimientos y competencias adquiridos por el alumnado se ha preferido el uso de un trabajo y rubricas varias antes que un examen. Profundizaremos en estas metodologías en el apartado homónimo.

### **3. PROYECCIÓN DIDÁCTICA**

#### **3.1. Introducción**

La teoría de la evolución se erige como un pilar maestro de la biología y el pensamiento humano. Es casi imposible reconstruir la forma de pensar previa a la aparición de las ideas evolucionistas desde nuestra perspectiva, tal ha sido el impacto del darwinismo en nuestras concepciones (Mayr, 1992). Es importante destacar esto: la teoría de la evolución trasciende la biología. La evolución es el sendero que conecta al ser humano con sus orígenes; y no podemos saber quiénes somos si permanecemos ignorantes de nuestro pasado. Es por esto que la asignatura de Biología y Geología en 4º de ESO tiene aquí una doble labor: enseñar correctamente los mecanismos biológicos que dirigen el proceso evolutivo, y hacer entender hasta qué punto es importante conocer las implicaciones humanas que conllevan las ideas evolutivas. Por ello, debemos enseñar la evolución de forma crítica, sin caer en lugares comunes, centrándonos en sus protagonistas y sus ideas, en el proceso gracias al cual la ciencia se construye, y mostrando la importancia de la ética cuando estamos ante

doctrinas con tal poder de sugestión. En definitiva, la Biología no solo tiene como labor enseñar la teoría de la evolución, sino de realizar una correcta labor de alfabetización científica. Esta tarea nunca ha sido tan ardua, pues vivimos en un tiempo en que los cambios y los avances científico-técnicos se suceden vertiginosamente, a mucha mayor velocidad que nuestra cultura y ética: estamos obligados a aprender sobre la marcha.

Como puede apreciarse leyendo la historia de la teoría de la evolución, desde el Origen de las Especies hasta nuestros días, muchos científicos y pensadores tuvieron problemas a la hora de entender todas las inferencias y matices del paradigma darwiniano. Actualmente, la filosofía imperante en nuestra sociedad es muy diferente a la del siglo XX, ya no digamos a la del siglo XIX; la religión no tiene el peso que tenía hace 150 años, y el ciudadano moderno no guía sus pasos a través de dogmas religiosos ni su filosofía vital está regida por principios teleológicos. Pero, ¿significa esto que nuestra sociedad, moderna y avanzada, entiende los mecanismos de la evolución? Dawkins escribió: *“Supongo que un problema con el darwinismo, como Jacques Monod observó con perspicacia, es que todo el mundo cree que lo comprende. Es, por supuesto, una teoría remarcadamente simple; bastante infantil, podría pensarse, en comparación con casi toda la física y las matemáticas. En esencia, equivale simplemente a la idea de que, donde hay posibilidades de que se produzcan variaciones hereditarias, la reproducción no aleatoria tiene consecuencias que pueden llegar lejos, si hay tiempo para que se acumulen. Aun así, tenemos buenos fundamentos para creer que esta simplicidad es decepcionante. No hay que olvidar que, aunque parezca una teoría simple, nadie pensó en ella hasta que lo hicieron Darwin y Wallace, a mediados del siglo XIX (...) ¿Dónde se equivocaron los filósofos y matemáticos que la pasaron por alto? Y ¿cómo una idea tan importante no ha sido absorbida todavía en amplios sectores de la conciencia popular?”*

Que es, grosso modo, el gran problema que muchos científicos tuvieron a lo largo de la historia, y un problema que, a día de hoy, aún podemos ver en nuestra sociedad (González-Galli y Meinarde, 2011). Actualmente, además, sigue sin superarse el rechazo hacia la teoría de la selección natural, ya sea de forma deliberada o inconsciente. Gould sugirió que existen ciertas formas de pensar, profundamente arraigadas, que hacen que la selección natural resulte desagradable, prefiriendo en cambio modelos evolutivos a medida, con implicaciones menos desasosegantes que la ciega selección natural (Gould, 1995). Por tanto, si un grueso de la sociedad no comprende, o reinterpreta, las ideas evolutivas, no es descabellado realizar una extrapolación y afirmar que, por influencia del medio que le rodea, el alumnado de secundaria desarrolle dificultades para entender la teoría de la evolución, como numerosos estudios realizados durante estos 20 años así lo demuestran (Grau y Manuel, 2002; Jiménez Aleixandre, 2003; Thagard y Findlay, 2010; González y Meinardi, 2011).

### **3.2. Justificación**

Para poder diseñar estrategias que permitan solventar estas dificultades es importante comprender, primero, a que se deben estas dificultades; cuales de estas emanan del pensamiento del alumnado y cuales derivan de su entorno o una mala praxis por parte de los docentes. Las dificultades se clasificaran en simplificación excesiva, atracción hacia el lamarckismo, pensamiento antropocéntrico y la influencia de los medios de comunicación. Cada dificultad vendrá seguida por una o varias propuestas metodológicas que podrían dar buenos resultados para nuestra Unidad Didáctica.

Una dificultad aparece por el continuado uso de reglas excesivamente simplificadoras que intentan ayudar a identificar y entender las causas de los procesos complejos de la evolución (González y Meinardi, 2011). Esta simplificación de conceptos puede llevar al alumnado a completar los huecos con su sentido común o con ideas extraídas de su entorno, conformando una visión simplista e ingenua de la evolución. Así, las ideas lamarckistas como el uso y desuso y la herencia de caracteres adquiridos, mucho más intuitivas y aparentemente lógicas, forman parte de un pensamiento causal simple, esto es, que si ocurre un fenómeno debe existir una causa que debe ser cercana en el tiempo y en el espacio (Jiménez-Aleixandre, 1991; Grau y Manuel, 2002). Este lamarckismo a medida se convierte en un regreso al pensamiento teleológico, dotando a las mutaciones de un origen adaptativo. Si a todo esto le añadimos la equivocada interpretación de que las modificaciones adquiridas durante la vida de un organismo puede transmitirse a la descendencia (por ejemplo, un padre y una madre son virtuosos pianistas, por lo que su hijo lo será también) hacen de nuestros alumnos unos fieles seguidores de Lamarck. Que en los libros de texto siempre vayan Lamarck y Darwin casi a la par también ayuda a que este pensamiento lamarckista prevalezca sobre el darwinista si el aprendizaje no ha sido significativo, pues es muy posible que si los principios darwinistas no están bien interiorizados, con el paso de los años quede en la mente del alumnado las ideas lamarckistas, mucho más sencillas e intuitivas, y se haga una vedada referencia a la selección natural, pero sin llegar a comprender como ésta opera sobre las especies (González y Meinardi, 2011). Una estrategia que puede ser de utilidad para convertir esta contingencia en una oportunidad es la de trabajar con las ideas previas de nuestro alumnado en todo momento, y acotar correctamente que es lamarckista y que es darwinista. Para ello, se puede intentar trabajar con actividades de razonamiento en cooperativo en las que aparezca un escenario que el lamarckismo no podría explicar, creando un choque cognitivo que invite a los alumnos a reflexionar y confrontar sus ideas previas, ayudando a interiorizar el paradigma darwiniano (Grau y Manuel, 2002).

Otra dificultad que encontramos en los alumnos es el pensamiento antropocéntrico, el atribuir a los organismos características psicológicas propias de los seres humanos

puesto que el ser humano se erige como centro de todas las cosas, dada su superioridad intrínseca. Para la mayoría de los estudiantes, la evolución se basa en una respuesta consciente de los seres vivos a los cambios ambientales, que conduce a una modificación del comportamiento y, en consecuencia, a cambios morfológicos (Grau y Manuel, 2002). De nuevo, volvemos a ese principio creativo inherente de las especies que defendía el Lamarck –que, sin embargo, no se menciona en los libros de texto-. La máxima expresión de este pensamiento antropocéntrico, alimentada a lo largo de los años por numerosas publicaciones y trabajos tanto científicos como filosóficos, es la de considerar al ser humano la culminación del proceso evolutivo, siendo la inteligencia humana su propósito último. En efecto, nuestra inteligencia es un don prodigioso e inigualable en la historia de la evolución, pero utilizar términos como “mejor” y “peor” o “superior” e “inferior” en evolución es un error, pues estas son comparaciones y apreciaciones subjetivas humanas. Por ejemplo, somos mejores pero, ¿respecto a qué? ¿Son comparables nuestras habilidades de nado a las de un delfín? ¿O nuestro olfato al de un perro, o nuestro oído y ecolocalización a las de un murciélago, nuestra vista a la de un halcón? La evolución no es un proceso de mejora y perfeccionamiento, es un proceso de diversificación, y es un matiz que se ha de inculcar concienzudamente so pena de volver a los modelos teleológicos decimonónicos (Kampourakis y Zogza, 2006; 2008). Lograr subvertir estas concepciones tan interiorizadas es algo complejo. Una estrategia útil para abordar esta problemática podría ser una correcta adecuación del lenguaje, intentando en evitar estas comparativas o, en caso de hacerlas, contextualizándolas desdeñando los matices cualitativos de mejor-peor, inferior-superior. Para reforzar aún más lo falaz de esta jerarquización, para esta unidad didáctica se ha intentado hacer gran hincapié en las interpretaciones sociales que se le dieron a la teoría de la evolución y la escasa sustentación biológica que tienen, pues podría ser una herramienta poderosa a la hora de eliminar este tipo de concepciones.

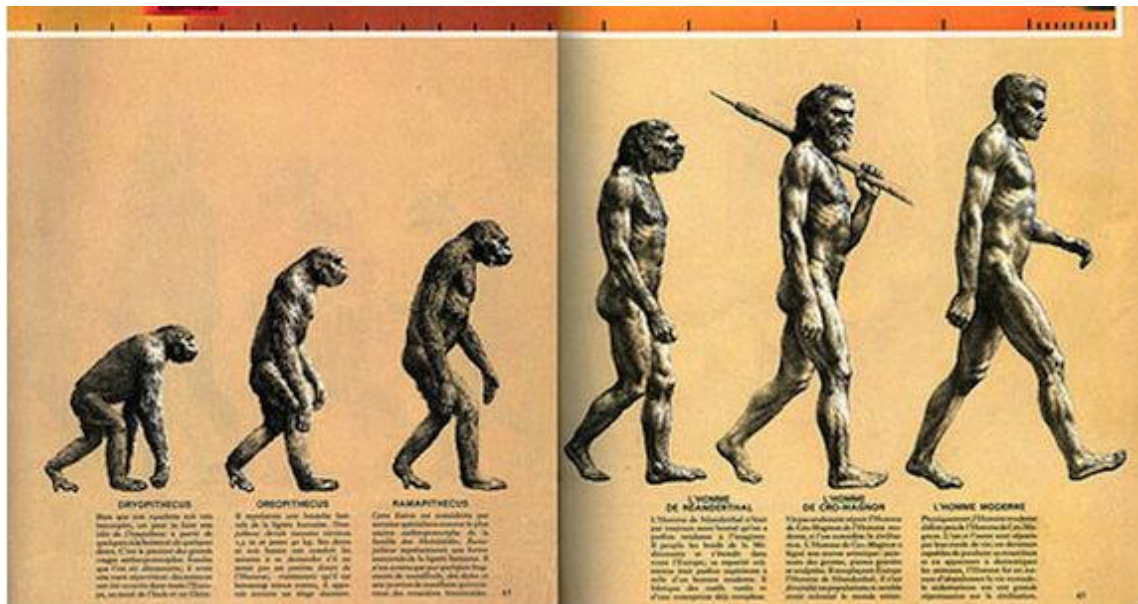
Este pensamiento antropocéntrico puede tener causas tanto culturales como religiosas. Como se ha dicho, es indiscutible que la religión no tiene el peso que antaño, sin embargo, no deja de ser un factor a tener en cuenta. Sin embargo, ese peso reaccionario persiste a día de hoy, y aunque en España no se da de manera tan radical en el ámbito de la enseñanza, es algo que ha de tenerse en cuenta; por eso es tan importante lo expresado en apartados anteriores: ha de conocerse bien al alumnado a la hora de desarrollar la metodología.



**Imagen 4:** En esta imagen se representa el famoso debate de Oxford que enfrentó a los evolucionistas contra los creacionistas, en el que destacó la participación de T.H. Huxley, en el bando evolucionista, y el entonces Obispo de Oxford, Samuel Wilberforce. Este debate se ha convertido en un hito de la historia de la evolución, y por muchos es considerada la primera victoria de los evolucionistas, alcanzando escalas épicas y simbólicas: la eterna pugna entre ciencia y religión. Este debate, realmente, careció de esos tintes épicos, y el bando evolucionista no destacó especialmente. Sin embargo, el afán romántico de los cronistas ha hecho que esta visión maniquea de la ciencia y la religión se mantenga hasta nuestros días, mostrándola como dos entes irreconciliables, cuando, en realidad, esta lucha nunca ha sido tan encarnizada ni todos los religiosos, científicos o no, se opusieron a la evolución. De nuevo, alimentar este tipo de mitos solo aumenta el abismo artificial que separa a creyentes y científicos.

El alumnado de nuestro nuevo siglo está siendo constantemente bombardeado por los medios de comunicación e internet. Ya no solo tenemos que contar con la influencia de los medios audiovisuales, sino también con el fenómeno de las redes sociales, donde el flujo de información y desinformación es constante y carece de filtros. Los medios audiovisuales representan muchas veces la evolución haciendo referencia a un solo mecanismo dentro de la teoría evolutiva, este es, el cambio de un organismo a otro, como podemos encontrar en numerosas series y videojuegos orientados al público infantil-juvenil como *Pokemon* (1995) o *Digimon* (1997), donde el atractivo principal es el de evolucionar a tus criaturas en otras más poderosas para vencer a tus adversarios. Estas series y juegos no tienen un afán educativo, solo lúdico, pero es innegable que son una importante influencia para niños y jóvenes, y ayudan a la hora de confeccionar mapas mentales con los que poder rellenar aquellos huecos de la teoría de la evolución que no son adecuadamente aprendidos en el aula. Un caso parecido es el del juego *Spore* (2007), en el que nuestra misión como jugadores es

guiar a un organismo desde su estado de célula al de civilización galáctica, utilizando la evolución como método para hacerlo avanzar, transformándolo y cambiando sus características por características mejores. Como en el caso de Pokemon y Digimon, en este juego la evolución se ve como una herramienta de cambio dirigido que permite mejorar a nuestras criaturas, alimentando esa visión empirista de la evolución. He seleccionado estas franquicias atendiendo a la enorme difusión que han tenido en estos últimos años gracias a la labor de numerosos “Youtubers”, cuyo público objetivo suelen ser niños o adolescentes. Si nos centramos en las obras de carácter puramente divulgativo, a veces observamos como el lenguaje tiende a simplificarse excesivamente, adoptando analogías que pueden dar lugar a malinterpretaciones, como aseverar que la selección natural consiste en la supervivencia del más fuerte, que los seres humanos venimos del mono o que la evolución se trata de un proceso lineal. Los medios de comunicación tienen un carácter paradójico a la hora de divulgar la ciencia: por un lado, son un gran aliado al permitir acercar de forma clara, comprensible y atractiva conocimientos al gran público; pero por otro lado también da cobijo en sus contenidos fenómenos pseudocientíficos y sirve como altavoz para numerosos charlatanes con ínfulas científicas. Este comportamiento dual e incoherente es enormemente perjudicial para la divulgación de la ciencia. Debido al poder de los medios de comunicación a la hora de difundir –y crear- la realidad, su responsabilidad no es algo menor, pues puede multiplicar exponencialmente las amenazas de la pseudociencia al colocar en la misma posición a científicos y charlatanes, sin ninguna clase de filtro que haga al espectador reconocer el conocimiento real del falso (Dawkins, 2004; Marcos y Rovira, 2014). La metodología por ideas previas podría dar los mejores resultados a la hora de enfrentarse a estas dificultades. Para la creación de esta unidad didáctica se ha tenido presentes en todo momento las preconcepciones de los alumnos, desde la introducción del tema hasta las ideas evolutivas y los procesos de especiación. Para llevar a buen término el choque cognitivo, se han ofrecido actividades estimulantes y numerosos intercambios de ideas y debates entre los alumnos y los alumnos y el docente. Además de trabajar con las ideas previas, se ha optado también por actualizar los ejemplos utilizados y ofrecer recursos audiovisuales atractivos y novedosos que podrían no solo arrojar luz sobre aspectos complejos del tema, sino también divertir, motivar e interesar al alumnado, animándole a indagar más en el tema por iniciativa propia (González y Meinardi, 2011). La historia de la ciencia, para este tipo de dificultades, podría ofrecer también buenos resultados; destacando sucesos y anécdotas curiosas podría amenizarse los contenidos y ayudar a una mejor asimilación de los mismos (Acevedo-Díaz et al., 2015; Moreno et al., 2018).




**Imagen 5:** *El camino hacia Homo sapiens*, nombre original de esta icónica imagen, fue creada por el ilustrador Rudolph Franz Zallinger y apareció por primera vez en el libro *Early Man* (1965), de Francis Clark Howell. Esta imagen, que por su longitud ocupa dos páginas enteras, es solo un fragmento de una más grande, en que aparece representada la evolución del ser humano, y debido a la popularidad que alcanzó esta obra, terminé por convencer a toda la sociedad de que la evolución es un proceso que se da de forma lineal.

Hay una enorme cantidad de ideas equivocadas profundamente enraizadas en el inconsciente colectivo de la sociedad debido a como las ideas darwinistas han sido implementadas a nuestro lenguaje. Esta imbricación ha hecho que términos como adaptación poco tengan que ver con su significado biológico, y al igual que con adaptación ocurre con otras palabras, como mutación o selección natural (Grau y Manuel, 2002). De hecho, la propia utilización de la palabra teoría, cuyo significado es sutilmente diferente dentro y fuera de la ciencia, ha sido causa de numerosas malinterpretaciones, tanto inocentes como maliciosas. Si se busca teoría en el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, encontramos que la primera acepción es: “conocimiento especulativo considerado con independencia de toda aplicación”. La segunda y tercera acepción está en mayor consonancia con el uso que la ciencia hace de la palabra. Sin embargo, la evolución es tanto una teoría como un hecho. Hay que tener clara la distinción entre hechos y teoría, pues bien es cierto que aún queda mucho por aprender sobre los mecanismos (teoría) por los cuales la evolución (hecho) se ha producido (Gould, 1985). Por su parte, Mayr comenta que es cierto que, en muchos casos, una teoría no tiene oportunidad de ser aceptada a menos que proponga mecanismos adecuados, como fue el caso de la deriva continental de Wegener, que no se aceptó hasta averiguarse el mecanismo del movimiento de los continentes con la teoría de las placas tectónicas (Mayr, 1992). Sin embargo, la teoría del origen común de Darwin y la evolución de los organismos están apoyadas por multitud de evidencias tan convincentes que ya en su época fueron aceptadas por la práctica totalidad de los científicos (Mayr, 1992). Por lo tanto, para lograr que el

alumnado sea capaz de comprender estos conceptos tenemos que retrotraernos a la biología como camino hacia la alfabetización científica. Esta problemática podría trabajarse en esta unidad con la Naturaleza de las Ciencias, metodología que aborda todas estas dificultades. Para esta UDI se ha intentado mantener siempre un enfoque científico a la hora de enumerar las distintas teorías evolutivas, de modo que el alumnado comprendiera como éstas fueron refinándose gracias al método científico y la experimentación, y no por inspiraciones geniales.

En resumen, evaluando todas estas dificultades, en esta unidad didáctica se ha decidido usar en todo momento metodologías basadas en ideas previas, historia de la ciencia y naturaleza de las ciencias, pues son las que podrían convertir estas dificultades en oportunidades útiles para lograr un aprendizaje continuo, significativo y duradero. Para reforzar aún más estas metodologías, se le ha dado un peso importante al trabajo colaborativo, que ayudan a hacer de los intercambios de ideas y debates una experiencia mucho más cercana para el alumnado, mejorando aún más el aprendizaje significativo (Iglesias et al., 2013; Antonio et al., 2017). Sin embargo, la metodología expositiva más tradicional no ha sido relegada a un segundo plano, pues también resulta de enorme utilidad para desgranar los contenidos más difíciles del tema. Además, esta metodología será reforzada gracias a la incorporación de narraciones y recursos audiovisuales que pueden rodear dichos contenidos de una pátina más atractiva. A continuación, se ofrecerá una propuesta de Unidad Didáctica que ha intentado tener en cuenta tanto las problemáticas existentes como las metodologías potencialmente útiles para sortearlas.

 Ficha resumen

<b>Asignatura</b>	<b>Biología y Geología</b>
<b>Título de la unidad didáctica</b>	<b>Errores y malinterpretaciones de la teoría de la evolución</b>
<b>Etaapa educativa</b>	<b>Educación Secundaria Obligatoria</b>
<b>Nivel</b>	<b>4º ESO</b>
<b>Trimestre</b>	<b>Tercer trimestre</b>
<b>Bloque de contenidos</b>	<b>Bloque 1: La evolución de la vida</b>
<b>Alumnos</b>	<b>19 alumnos</b>
<b>Temporalización</b>	<b>27 mayo – 19 junio</b>
<b>Número de sesiones</b>	<b>7 sesiones</b>
<b>Número de horas semanales</b>	<b>3 horas</b>

**Tabla 1:** ficha resumen de la UDI.

### **3.3. Legislación**

La legislación vigente para el curso académico 2018/2019 correspondiente para Educación Secundaria Obligatoria sería la siguiente:

Normativa Nacional:

- Ley Orgánica 8/2013, del 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (BOE 10-12-2013).
- Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre, por el que queda establecido el currículo básico de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (BOE 03-01-2015).
- Orden ECD/65/2015, del 21 de enero, en la que se describen las relaciones entre las competencias, contenidos y criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (BOE 29-01-2015).

Normativa Autonómica:

- Decreto 111/2016, del 14 de junio, en el que se establece la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Orden del 14 de julio de 2016, en la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, y se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado.
- Instrucciones del 24 de julio de 2013 de la Dirección General de Innovación Educativa y Formación del Profesorado, sobre el tratamiento de la lectura para el desarrollo de la competencia en comunicación lingüística de los centros educativos públicos que imparten Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria.

### **3.4. Contextualización**

-  Situación geográfica del centro

El centro se ubica en la zona noroeste de la ciudad de Jaén, en el barrio del Polígono de El Valle, situado junto a una de las áreas de expansión de mayor proyección de la capital, el sector norte, a menos de diez minutos andando de la ciudad universitaria.

#### Aspectos demográficos y socioeconómicos de la localidad, barrio, etc.

El barrio del polígono del Valle y aledaños cuenta con una población de unos 30000 habitantes, de los cuales un 15% son inmigrantes procedentes, en su mayoría, de Sudamérica y con un nivel socio-cultural bajo.

Hablamos de un barrio de gran tradición cuya población, eminentemente obrera, tiene unos estándares de renta económica medio-bajos, con índices de paro ciertamente significativos, especialmente entre la juventud, comparado con otros barrios afines, ya instalados en la zona de centro, y cuyo bagaje cultural también podemos calificar de medio-bajo, dadas las actividades laborales de la zona y la ausencia casi absoluta de servicios públicos que permitan paliar en cierta medida tal carencia.

Sin embargo, el barrio cuenta con un centro social, dos asociaciones vecinales (Passo y La Unión), una fundación de apoyo y servicio a los más desfavorecidos, dirigido especialmente a los jóvenes, la Fundación Proyecto Don Bosco, una asociación cultural y deportiva (Club Jaén 2000) y dos parroquias, Sta. María del Valle y San Juan Bosco, cuya labor social ha ayudado a crear una comunidad de barrio activa que pretende dar solución a los graves problemas de desempleo causados por la crisis económica.

En cuanto a los tutores legales del alumnado hay un gran número de madres dedicadas al trabajo del hogar a pesar de contar con estudios medios. Aproximadamente 3 de cada 4 trabajan en la construcción, hostelería o servicios, no disponiendo de mucho tiempo para compartir con sus hijos y ayudarles en su trabajo. En cuanto a las madres, aproximadamente 1 de cada 2 trabaja, y teniendo en cuenta que casi todos los padres trabajan, podemos arriesgarnos y decir que la mitad de nuestro alumnado pasa la mayor parte de las tardes solo o con sus hermanos o algún familiar en casa. La falta de los progenitores en el hogar no favorece una atención personalizada a sus hijos. En cuanto a la situación familiar, del 25% de padres y madres de nuestro alumnado están divorciados o separados, aumentando este número en los cursos más bajos; cada vez es más habitual encontrar familias monoparentales y ampliadas.

#### Descripción del centro y materiales

En el centro se cursan enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), de Bachillerato (en sus modalidades de Humanidades y Ciencias Sociales y de Ciencias y Tecnología) y, recientemente, Ciclos Formativos de Grado Superior en las especialidades de Animación Sociocultural e Integración Social. Asimismo, el centro ofrece servicios y desarrolla programas educativos innovadores que complementan su oferta educativa. Estos son, de forma resumida: la consideración como Centro de Puertas Abiertas, gracias al cual la comunidad educativa dispone de un servicio de comedor escolar y de una amplia oferta de actividades extraescolares; plan de

enseñanza bilingüe; plan de Autoprotección y Prevención de Riesgos Laborales; Servicio de Transporte Escolar; Escuela TIC 2.0; Proyecto Escuela: Espacio de Paz; Proyecto de Mediación “Inmaculada Moya”; Proyecto de Coeducación; Escuelas Deportivas. Con estos últimos se pretende lograr la idea de una juventud más saludable y seguidora de unos principios basados en la no violencia y en la igualdad efectiva de ambos sexos.

El centro tiene un compromiso firme en buscar espacios comunes para establecer vías de colaboración con instituciones, organizaciones y servicios que favorezcan la apertura del centro, conectándolo con su entorno para hacer de éste un verdadero motor de la realidad educativa y cultural de la zona.

El edificio consta de veintinueve aulas ordinarias, seis específicas (Música, Informática, Francés, Tecnología y dos aulas de EPV/Diseño), tres laboratorios experimentales, un laboratorio de idiomas, una biblioteca, una sala de usos múltiples, trece departamentos, cuatro despachos, una sala de espera, una secretaria/oficina, una sala de profesorado, un aula de convivencia para el alumnado, un gimnasio, dos pistas polideportivas y una cafetería.

#### Recursos Humanos.

En cuanto a profesorado, el centro cuenta con un total de 63 profesores, de los cuales 51 cuentan con un destino definitivo en el IES Jabalczuz y son miembros de la plantilla orgánica del mismo. A ellos hay que sumarles un pequeño núcleo del profesorado en situación administrativa de comisión de servicios, prácticas e interinidad.

Los cargos unipersonales son: un director, una Jefa de Estudios, una Vicedirectora, un Secretario y un Jefe de Estudios Adjunto. El total de tutores es de aproximadamente 25. El profesorado colabora con las actividades que se organizan en el Centro, como viajes culturales, viaje de estudios, feria del libro...

La comunidad educativa cuenta, además, con siete miembros del personal de administración y servicios: tres ordenanzas, una persona responsable de tareas de conservación y mantenimiento y dos administrativas.

En cuanto a las familias, el centro cuenta con una Asociación de Madres y Padres que colaboran en la organización de actividades para Día del Libro, San Antón, etc. y auspiciando cursos de Fontanería y Electricidad gratuitos para el alumnado, Mercadillos de Libros Solidario y jornadas de convivencia en Navidad, Día de Andalucía y Fin de Curso, etc.

### Organización de espacios y tiempos

El horario general distribuirá el tiempo diario dedicado al desarrollo del horario lectivo y al de las actividades complementarias y extraescolares y demás servicios complementarios. Estos horarios serán aprobados por el director del instituto una vez comprobado que los criterios incluidos en el Proyecto Educativo han sido respetados.

El horario lectivo se desarrolla, de lunes a viernes, de 8:25 a 14:55 para las distintas enseñanzas impartidas en el centro. De lunes a jueves, en horario de tarde, de 16:00 a 18:00, tienen lugar las actividades de los programas específicos del Plan de Familia y Escuelas Deportivas y actividades de formación o reuniones de estructuras pedagógicas para sesiones de Evaluación y Órganos Colegiados del Centro. Este horario puede flexibilizarse en caso de necesidad.

El horario no regular se desarrollaría en horario de tarde, de 16:00 a 19:00, pudiendo prorrogarse este horario en función de las necesidades. Se desarrollarían las siguientes actividades:

- Reuniones de Órganos Colegiados (Consejo Escolar, Claustro).
- Reuniones del Equipo Directivo.
- Reuniones de Órganos de Coordinación pedagógica (Áreas de Competencias, Departamentos,...).
- Tutorías de padres/madres.
- Actividades de (auto)formación del profesorado.
- Actividades programadas por los Departamentos.
- Actividades Extraescolares y Complementarias.
- Reuniones del AMPA y de la Junta de Delegados de padres y madres.
- Reuniones de la Junta de Delegados del Alumnado.
- Sesiones de Evaluación.
- Servicio de biblioteca.

En el caso del horario del profesorado, para garantizar la realización de las funciones del equipo directivo, el profesorado que ejerza estas funciones dispondrá semanalmente de un número de horas lectivas que dependerá del número de unidades autorizadas al centro cada curso escolar. Dado que este instituto cuenta con entre 20-29 unidades, las horas lectivas que corresponden al Equipo Directivo para el ejercicio de sus funciones serán de 36; y a estas se añadirán seis horas más por la existencia de una Jefatura de Estudios Adjunta. La dirección del centro podrá distribuir este total de horas entre los miembros del equipo directivo.

En cuanto al número total de horas lectivas semanales asignadas para la realización de las funciones de coordinación de las áreas de competencia y de las jefaturas de los

departamentos o de los órganos de coordinación docente, la Jefatura de Estudios elaborara un plan de reuniones para cada uno de dichos órganos para cada curso académico, atendiendo a los criterios pedagógicos establecidos en el proyecto educativo y las características del órgano en cuestión.

El horario lectivo semanal dedicado al desempeño de las funciones de coordinación de los distintos planes será, pues, el siguiente:

- Plan Escuela TIC 2.0: 4 horas
- Plan de Apertura de Centros Docentes: 3 horas
- Plan de Centros Docentes Bilingües: 5 horas

En cuanto al horario individual del profesorado, según la legislación vigente, será de 30 horas semanales de permanencia. De esas horas, 25 se computan como horario regular (clases, reuniones de departamento, actividades de tutoría, guardias...); el resto comprendería la docencia directa de los alumnos y las tareas desempeñadas en funciones directivas y tutoría, que serían de un mínimo de 18 horas. El resto de horas, hasta llegar a las 35 semanales, se distribuye según su libre disposición para la preparación de las actividades docentes u otras actividades complementarias. Estas horas no serán de permanencia obligada en el centro.

En cuanto al horario de las tutorías, en la etapa de ESO será de 4 horas, dos de ellas incluidas en el horario lectivo del tutor en forma de asignaturas. En bachillerato, será de 3 horas, solo una de ellas lectiva.

#### Relaciones con agentes externos al centro (ayuntamientos, asociaciones, etc.)

Dentro de las líneas de actuación pedagógica, se incluye, dentro del ámbito organizativo, el propiciar convenios de colaboración con organizaciones y asociaciones del entorno más cercano al Centro como de otros sectores de la ciudad para llevar a cabo actividades complementarias y/o extraescolares de interés para la comunidad educativa.

La relación que hay con el ayuntamiento es escasa, se limita, en su mayor parte, al mantenimiento del centro, por lo que solo se ponen en contacto cuando hay algún desperfecto.

El instituto colabora con las asociaciones vecinales “El Passo” y “La Unión”, que dan apoyo a los más desfavorecidos. También colabora con la Fundación Proyecto Don Bosco, y la asociación cultural y deportiva (Club Jaén 2000). El centro se limita a ofrecer sus instalaciones para realizar reuniones, asambleas y charlas. A su vez, las asociaciones realizan talleres con los alumnos sobre problemáticas sociales, como la violencia de género.

El AMPA se encarga de intervenir en el centro y participa en la organización de ciertas actividades.

La Universidad de Jaén también colabora con el centro ofreciendo visitas guiadas para los alumnos de Bachillerato para ayudar a orientarles en su futuro profesional. También ofertan charlas y jornadas, además de otras actividades.

#### Organización de espacios en el aula

La organización de los espacios varía mucho según el curso en que nos encontremos. En cuanto a 4º de ESO C-D, están distribuidos en cuatro filas de cuatro alumnos y cuatro filas de tres, separadas por un espacio en mitad de la clase. Las mesas están orientadas hacia la pizarra y la pizarra electrónica, y la mesa del profesor. La disposición en esta etapa educativa es mucho más tradicional que en el caso de las aulas de 1º o 2º, donde las mesas se distribuyen de tal forma que el trabajo colaborativo sea más fácilmente realizable.

### **3.5. Aspectos psicológicos y pedagógicos del alumnado y de la enseñanza**

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el alumnado de 4º de ESO carece de nociones acerca de biología evolutiva o genética, más allá de menciones esporádicas en años anteriores o la aparición de estos temas en los medios de comunicación e internet. Debemos tener en cuenta, además, de que en este centro el libro de texto utilizado es de Santillana Grazaema, donde el tema El Origen y Evolución de la Vida es el último de todos, por lo que las posibilidades de que no se dé con la suficiente profundidad son elevadas, tanto por la falta de tiempo como por el desgaste mental de un alumnado ansioso por la inminente llegada del verano.

El alumnado de 4º de ESO ha sufrido un cambio de actitud significativo en comparación a las etapas anteriores. Al tratarse la Biología y Geología de una asignatura optativa en esta etapa, el alumnado que elige estar aquí es uno que presenta una vocación germinal, un interés que le hace ser más atento y participativo, pues ya siente el peso de las primeras decisiones que le conducirán a su futuro laboral. Sin embargo, no por ello dejan de ser adolescentes, y los problemas frutos de esta impetuosa juventud siguen dándose, aunque en menor medida que en otros cursos.

Es innegable la dificultad inherente de los contenidos de esta unidad didáctica, esto se debe, en gran parte, a que dentro de la teoría de la evolución hay una importante cantidad de ideas fundamentalmente abstractas. Para aprehender estos conocimientos de manera significativa –no solo memorística- se requiere de una mente capaz de realizar operaciones lógico-formales, una capacidad que no todo el

alumnado de edades comprendidas entre los 15 y 16 años ha desarrollado por completo (Fuentes et Al. 2012). En el apartado de Justificación se ha tratado de exponer el origen de estas dificultades y malinterpretaciones que los alumnos suelen presentar durante la enseñanza de esta unidad didáctica. Por tanto –y tal como se ha dicho-, se debe realizar un importante énfasis en el trabajo sobre las ideas previas y preconcepciones del alumnado para ir desarrollando una interiorización profunda de los conceptos más abstractos del darwinismo, permitiendo al alumnado interiorizar correctamente los conocimientos y competencias exigidos de manera que éstos no se vean perturbados con el paso de los años (Grau y Manuel, 2002).

Esta unidad didáctica va a impartirse en una clase compuesta por 19 alumnos, 7 niños y 12 niñas de edades comprendidas entre los 15 y 16 años. No hay alumnos repetidores. Contamos con un alumno de altas capacidades, un alumno con TDAH, y un alumno proveniente de una familia disfuncional. Cuando se realicen actividades por trabajo colaborativo, los alumnos se dispondrán formando cuatro grupos de cuatro personas y un grupo de tres; cada grupo será heterogéneo, intentando que cada integrante se vea reforzado y complementado por la actuación de sus compañeros.

### **3.6. Elementos curriculares**

#### **Objetivos**

La programación didáctica ha de reflejar siempre su relación con la legislación en vigor. Por tanto, los objetivos de la unidad deben aparecer relacionados con los de la etapa y materia correspondiente. Los objetivos generales de etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), en los que se engloban los pertenecientes a la unidad de 4º de ESO, aparecen estipulados en el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre; en el Decreto 111/2016, del 14 de junio, se añaden dos nuevos objetivos pertenecientes a la Comunidad Autónoma de Andalucía. Los objetivos de materia correspondientes a la asignatura de Biología y Geología en Educación Secundaria Obligatoria aparecen en la Orden del 14 de julio de 2016.

<b>Objetivos generales de etapa</b>	<b>Objetivos generales de materia</b>
<b>a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el dialogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el</b>	

## ejercicio de la ciudadanía democrática

**b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.**

1. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas.

**c) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.**

**d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.**

**e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.**

2. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos científicos y sus aplicaciones.

3. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

4. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y

aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.

**f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.**

5. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.

6. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de la Biología y Geología para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos

**g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.**

**h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.**

7. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otras personas argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

**i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.**

**j) Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.**

8. Conocer y apreciar los elementos específicos del patrimonio natural de Andalucía para que sea valorado y respetado como patrimonio propio y a escala española y universal.

	<p>9. Conocer los principales centros de investigación de Andalucía y sus áreas de desarrollo que permitan valorar la importancia de la investigación para la 63 humanidad desde un punto de vista respetuoso y sostenible.</p>
<p><b>k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.</b></p>	<p>10. Desarrollar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en aspectos relacionados con la alimentación, el consumo, las drogodependencias y la sexualidad.</p>
<p><b>l) Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.</b></p>	<p>11. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.</p>
<p><b>m) Conocer y apreciar las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades</b></p>	
<p><b>n) Conocer y apreciar los elementos específicos de la historia y cultura andaluza, así como su medio físico y natural y otros hechos diferenciadores de nuestra Comunidad, para que sea valorada y respetada como patrimonio y en el marco de la cultura española y universal.</b></p>	

**Tabla 2:** Relación entre los objetivos generales de etapa y de materia, (etapa: ESO y materia: Biología y Geología).

A continuación, se enumeran los objetivos de la unidad didáctica:

1. Conocer el concepto de origen de la vida y biodiversidad.
2. Realizar búsquedas críticas y contrastadas por Internet para profundizar en los contenidos.
3. Conocer las pruebas de la evolución. Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.
4. Comprender los mecanismos de la evolución destacando la importancia de la mutación y la selección. Analizar el debate entre gradualismo, puntuacionismo, neutralismo.
5. Relacionar la genética con la teoría de la evolución.
6. Comprender los conceptos de especiación y adaptación y sus mecanismos.
7. Comprender las últimas aportaciones a la teoría sintética de la evolución.
8. Interpretar arboles filogenéticos, incluyendo el humano.
9. Conocer el impacto que la teoría de la evolución ha tenido en la sociedad y el alcance de las teorías sociales que recogieron las ideas darwinistas.

#### Competencias clave

A efectos prácticos de la Orden ECD/65/2015, del 21 de enero, las competencias claves del currículo son las siguientes

##### A) Comunicación lingüística (CCL):

Es el resultado de la acción comunicativa dentro de prácticas sociales determinadas, en las cuales el individuo actúa con otros interlocutores y a través de textos. Estas situaciones pueden implicar el uso de una o varias lenguas.

Durante el desarrollo de la presente unidad didáctica se trabajará en todas las sesiones, ya sea a través de trabajos expositivos como en trabajos escritos en que deberán expresar de forma lógica y coherente tanto sus ideas previas como las aprendidas.

##### B) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT):

La competencia matemática comporta la capacidad de aplicar el razonamiento matemático y sus herramientas para describir, interpretar y predecir distintos fenómenos en su contexto. Requiere el conocimiento sobre los números, las medidas y estructuras, así como de las operaciones y representaciones matemáticas, y la comprensión de los términos y conceptos matemáticos. La competencia en ciencia y

tecnología capacitan a ciudadanos responsables y respetuosos que desarrollan juicios críticos sobre los hechos científicos y tecnológicos que se suceden a lo largo de los tiempos, pasados y actuales. Estas competencias han de capacitar, básicamente, para identificar, plantear y resolver situaciones de la vida cotidiana –personal y social– análogamente a como se actúa frente a los retos y problemas propios de las actividades científicas y tecnológicas.

Esta competencia se trabajará a lo largo de toda la unidad didáctica, pues todo el contenido a trabajar es de índole científica. Se trabajará sobre todo en forma de actividades escritas y orales, además de con prácticas variadas que hagan reflexionar y debatir acerca del tema.

#### C) Competencia digital (CD):

Es aquella que implica el uso creativo, crítico y responsable de las tecnologías de la información y la comunicación para alcanzar los objetivos relacionados con el trabajo, la empleabilidad, el aprendizaje, el uso del tiempo libre, la inclusión y participación en la sociedad.

Esta competencia se trabajará siempre que se necesite el uso de recursos informáticos para la realización de tareas y la búsqueda de información fiable y crítica que complemente los temas tratados en el aula.

#### D) Aprender a aprender (CPAA):

La competencia de aprender a aprender es fundamental para el aprendizaje permanente que se produce a lo largo de la vida y que tiene lugar en contextos formales, no formales e informales. Se caracteriza por la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje. Esto exige la capacidad para motivarse por aprender. Esta motivación depende de que se genere la curiosidad y la necesidad de aprender, de que el estudiante se sienta protagonista del proceso y del resultado de su aprendizaje y, finalmente, de que llegue a alcanzar las metas de aprendizaje propuestas y, con ello, que se produzca en él una percepción de auto-eficacia.

La intención es que esta competencia se esté trabajando desde el inicio de la unidad didáctica hasta su terminación. Para ello se intentará estimular en todo momento al alumnado a base de anécdotas e historias interesantes que se convirtieron en momentos clave para el desarrollo de la teoría de la evolución, acercando el tema de una forma más amena que incite a los alumnos a participar e interesarse más en las explicaciones. Además, se les animará a profundizar en los contenidos impartidos y

ofrecerá recursos para poder trasladar ese posible interés adquirido a las actividades menos tradicionales, como los trabajos cooperativos y los debates.

E) Competencias sociales y cívicas (CSC):

Implican la habilidad y capacidad para utilizar los conocimientos y actitudes sobre la sociedad, para interpretar fenómenos y problemas sociales en contextos cada vez más diversificados y tomar decisiones y resolver conflictos conforme a normas basadas en el respeto mutuo y en convicciones democráticas.

La competencia social se relaciona con el bienestar personal y colectivo. Exige entender el modo en que las personas pueden procurarse un estado de salud física y mental óptimo, tanto para ellas mismas como para sus familias y su entorno social próximo.

La competencia cívica se relaciona con que el alumno tenga la capacidad para interactuar de manera adecuada en el ámbito público, interviniendo en la resolución de problemas sociales y relacionados con su entorno cívico, y conozca los acontecimientos contemporáneos que hayan configurado los procesos sociales y culturales de nuestra sociedad.

Estas competencias se trabajaran, sobre todo, cuando se aborde como el darwinismo ha influido en la sociedad hasta nuestros días, y el crisol de teorías sociales que han surgido a causa de la mala interpretación de las ideas darwinistas, y como éstas han condicionado grandes eventos de la historia del siglo XIX y XX. Se trabajara, asimismo, en los trabajos en que se pida a los alumnos investigar para aclarar donde estas doctrinas erraban, y reflexionar acerca de la peligrosidad de adaptar principios biológicos a teorías sociales que pueden afectar a la sociedad sin un reflexión consensuada profunda, inteligente previa.

F) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIE):

Implica la capacidad de transformar las ideas en actos. Ello significa adquirir conciencia de la situación a intervenir o resolver, y saber elegir, planificar y gestionar los conocimientos, destrezas o habilidades y actitudes necesarios con iniciativa y criterio propio, con el fin de alcanzar el objetivo previsto.

Esta competencia se trabajará durante toda la unidad didáctica en las actividades grupales, en la que se exigirá a los alumnos tomen la iniciativa a la hora de adoptar una posición y saber defenderla, así como argumentar y contra-argumentar las ideas ajenas, siempre desde el respeto y la tolerancia.

G) Conciencia y expresiones culturales (CEC):

Implica conocer, comprender, apreciar y valorar con espíritu crítico, con una actitud abierta y respetuosa, las diferentes manifestaciones culturales y artísticas, utilizarlas como fuente de enriquecimiento y disfrute personal y considerarlas como parte de la riqueza y patrimonio de los pueblos.

Al igual que la anterior competencia, ésta se trabajará durante toda la unidad didáctica en forma de actividades, trabajos colaborativos y debates que hagan a los alumnos buscar soluciones a distintos problemas y situaciones de forma creativa.

 Contenidos y criterios de evaluación

Según el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre, los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje correspondientes al curso de 4º de ESO para esta unidad didáctica, son los siguientes:

Currículo Obligatorio Básico		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 1: La evolución de la vida</b>		
<b>Origen y evolución de los seres vivos. Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra.</b>	16. Conocer las pruebas de la evolución. Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo.	16.1. Distingue las características diferenciadoras entre lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo
<b>Teorías de la evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución.</b>	17. Comprender los mecanismos de la evolución destacando la importancia de la mutación y la selección. Analizar el debate entre gradualismo, puntuacionismo y neutralismo.	17.1. Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural.
	18. Interpretar árboles filogenéticos, incluyendo el humano.	18.1. Interpreta árboles filogenéticos.

**Tabla 3:** Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje correspondientes al contenido sobre la teoría de la evolución en el curso de 4º de ESO.

<b>UDI</b>		
<b>Contenidos</b>	<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>
<b>Tema 9: El origen y la evolución de la vida</b>		
<b>Darwin y su teoría</b>	19. Comprender la teoría de la selección natural y sexual y compararlas con las ideas lamarckistas.	19.1. Comprende la teoría de la selección natural y sexual y sabe compararlas con las ideas lamarckistas.
<b>Pruebas de la evolución</b>		
<b>Interpretaciones de la teoría de la evolución en la sociedad</b>	20. Relacionar las aportaciones de la genética con la teoría de la evolución.	20.1. Relaciona las aportaciones de la genética con la teoría de la evolución.
	21. Comprender los mecanismos evolutivos más comunes.	21.1. Comprende los mecanismos evolutivos más comunes.
	22. Comprender el proceso evolutivo de la especiación y sus tipos.	22.1. Comprende el proceso evolutivo de la especiación y sus tipos.
	23. Distinguir entre varianza y adaptación.	23.1. Distingue entre varianza y adaptación.
	24. Conocer los modelos evolutivos actuales y compararlos con el darwinismo.	24.1. Conoce los modelos evolutivos actuales y sabe compararlos con el darwinismo.
	25. Conocer las problemáticas actuales de la teoría sintética de la evolución.	25.1. Conoce las problemáticas actuales de la teoría sintética de la evolución.
	26. Conocer las teorías sociales inspiradas por las tesis darwinistas.	26.1. Conoce las teorías sociales inspiradas por las tesis darwinistas.
	27. Conocer las falacias científicas de estas teorías sociales.	27.1. Conoce las falacias científicas de estas teorías sociales.
	28. Buscar y contrastar información de forma científica y crítica.	28.1. Busca y contrasta información de forma científica y crítica.

**Tabla 4:** Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje correspondientes al contenido para esta UDI en el curso de 4º de ESO.

### **3.7. Metodología**

Aquí se presenta la propuesta metodológica, todas las estrategias seguidas para la adecuada realización de las actividades y experiencias que permitan llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje adecuadamente. La elección de estas metodologías pretende favorecer que el alumno construya su propio conocimiento de forma activa, continua y significativa. Para esta unidad didáctica se han utilizado las siguientes metodologías, convenientemente abreviadas para poder referenciarlas más adelante:

- Metodología de transmisión-recepción (MTR): la más tradicional, esta ha sido realizada utilizando el libro de texto y presentaciones en el proyector.
- Metodología expositiva (ME): se ha intentado que el alumno sea participativo en todo momento y que haya un constante flujo e intercambio de ideas entre los estudiantes. Para ello, muchas actividades han estado enfocadas en la exposición de trabajos y la intervención en argumentaciones y exposiciones, así como enfrentamientos dialecticos que mejoraran la capacidad del alumnado para estructurar sus ideas y asimilación de forma eficaz el vocabulario científico.
- Metodología con uso de TICs (MT): el uso de recursos informáticos es indispensable en este nuevo siglo. Gracias al infinito potencial de estos recursos, los contenidos pueden presentarse de una manera más visual e interactiva. También es muy útil para estimular el potencial investigador del alumnado, haciendo que se interesen más por los contenidos expuestos, profundicen en ellos, y se conviertan en agentes activos responsables de su aprendizaje personal.
- Metodología basada en el estudio de ideas previas (MIP): esta metodología tendrá un papel protagonista en la UDI. Dado que va a profundizarse en los errores y malinterpretaciones a la hora de abordar la teoría de la evolución, es indispensable conocer las ideas previas del alumnado para trabajar a partir de ellas. Al desarrollar este conflicto cognitivo, se anima al alumnado a cuestionarse, reflexionar e investigar; de este modo, el proceso de enseñanza-aprendizaje se realizará construyendo sobre los falsos mitos y medias verdades que se han ido perpetuando a lo largo de los años de enseñanza del darwinismo.
- Metodología de enseñanza por andamiaje (MA): esta metodología se aplicará de forma conjunta a la metodología anterior, pues constantemente se ira construyendo sobre conceptos sencillos e intuitivos, normalmente equivocados o excesivamente simplificados, para lograr interiorizar conceptos cada vez más complejos.
- Metodología basada en trabajo colaborativo (MTC): el trabajo en equipo será una buena herramienta para mejorar la metodología expositiva, facilitando el intercambio de ideas y permitiendo diseñar unas actividades ambiciosas

durante la unidad didáctica. Se trabajará con grupos heterogéneos para ayudar a los alumnos con alguna dificultad y evitar que queden rezagados.

### **3.8. Materiales**

- Libro de texto
- Material escolar (bolígrafos, lápiz, libretas...)
- Pizarra tradicional y electrónica.
- Proyector.
- Ordenador del profesor.
- Sistema de audio y altavoces.
- Recursos informáticos (ordenadores).
- Classroom* y otras apps para mejora de la docencia.

### **3.9. Temporalización**

La etapa de 4º de la ESO C-D solo cuenta con tres horas lectivas semanales, por lo que es importante tener muy en cuenta el calendario escolar para organizar correctamente la unidad didáctica sin que la presión del tiempo haga mella tanto en los estudiantes como en el docente, y que los contenidos puedan ser abordados en su totalidad y con la adecuada profundidad. El contenido de esta unidad didáctica necesita de 7 sesiones, de las cuales una de ellas se dedicara exclusivamente a un examen de la unidad. Por tanto, la unidad didáctica se impartirá entre los días 7 y 21 de junio.

El horario se dispone del siguiente modo:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:25 - 9:25					
9:25 - 10:25					4º ESO C-D
10:25 - 11:25					
11:25 - 11:50	RECROO	RECROO	RECROO	RECROO	RECROO
11:50 - 12:50					
12:50 - 13:50	4º ESO C-D				
13:50 - 14:50		4º ESO C-D			

**Tabla 5:** Horario de Biología y Geología de 4º ESO C-D

### **3.10. Evaluación**

La evaluación se entiende como el proceso que nos permite conocer en qué medida se están desarrollando y logrando lo que se pretendía al iniciar la planificación, y lo que se ha conseguido al final de la misma. El fin es controlar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Tal como se refleja en el artículo 14 del Decreto 111/2016, del 14 de julio, la evaluación será continua, formativa, integradora y diferenciada según las distintas materias del currículo.

La evaluación se realizará en función de los criterios de evaluación y las competencias clave programadas. Solo se evaluarán durante las 7 sesiones en que se imparta la unidad didáctica las actividades que presenten un impacto significativo en el aprendizaje del alumnado. No contaremos para realizar esta evaluación con un examen final, sino con un trabajo final. Sin embargo, nuestra intención es realizar una evaluación continua, evaluando las distintas actividades programadas, de manera que el aprendizaje sea continuo, profundo y significativo, facilitando, además, que todos los alumnos puedan alcanzar los objetivos propuestos sin necesidad de que todo el peso recaiga en una única prueba. El uso de rúbricas y el trabajo final permitirá hacer de la evaluación tanto un proceso de enseñanza del docente como del resultado del aprendizaje de los alumnos. Tanto en la evaluación del trabajo final como en las rúbricas aparecerá un apartado en que el docente realizará una aportación escrita a modo de sugerencias, en que justificará y complementará la nota numérica del alumno, señalando tanto los fallos como las virtudes mostradas a lo largo del desarrollo de la unidad didáctica.

Durante la unidad didáctica se evaluarán los siguientes aspectos según las competencias claves descritas y los criterios de evaluación expuestos:

-Debates y puestas en común realizadas durante las sesiones. En esta actividad se evaluarán contenidos y varias competencias clave (CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC y SIE) a través de una rúbrica.

-Trabajo de investigación y exposición de la sesión 3 sobre el origen evolutivo de una raza de perro. En este trabajo se evaluarán varias competencias clave (CCL, CMCT, CD, CPAA, CSC y SIE) a través de una rúbrica, que también se repartirá entre los alumnos para que evalúen a sus compañeros.

-Trabajo colaborativo Legorgs de la sesión 4. En este trabajo se evaluarán varias competencias clave (CCL, CMCT, CPAA, CSC y SIE) y los conocimientos que los alumnos han ido adquiriendo a lo largo de las sesiones. Este trabajo se evaluará utilizando una rúbrica.

-Trabajo de final de la unidad didáctica de la sesión 7. Este trabajo evaluará todos los contenidos aprendidos por el alumno y algunas competencias clave (CCL, CMCT, CD,

CPAA, CSC y SIE). Este trabajo se evaluará utilizando una rúbrica, que también se entregará a cada alumno para que realice, también, una evaluación del trabajo de sus compañeros.

-Las actividades de ampliación y refuerzo se evaluarán con ayuda de una rúbrica.

- Criterios de calificación:
  - 10% actitud.
  - 50% trabajos
    - 20% trabajo de exposición oral.
    - 20% actividades escritas.
    - 10% debate por equipos.
  - 40% trabajo final.

Los alumnos que no hayan sido capaces de superar esta unidad didáctica deberán realizar unas actividades extraordinarias y un examen de recuperación. Así mismo, también habrá una posibilidad de aumentar la nota de clase realizando alguna actividad voluntaria y libre; esta actividad subirá un punto a la nota final de la unidad didáctica.

- Nota final de la recuperación:
  - 40% Resumen de la UDI.
  - 50% Examen de recuperación.
  - 10% Actitud durante el desarrollo de la UDI.

### **3.11. Sesiones**

#### Sesión 1

En la primera sesión realizaremos una toma de contacto con los alumnos. Esta introducción al tema durará 55 min y realizará enteramente en el aula.

**Actividad 1:** Antes de introducir el tema, se preguntará a los alumnos acerca de sus conocimientos sobre el tema: será un intercambio de ideas de forma asamblearia, de alumno a profesor, y entre alumnos. Pediremos a uno de los alumnos vaya escribiendo en la pizarra todas las ideas que han surgido durante el intercambio de ideas. Estas ideas serán enviadas al final de la clase a los alumnos por Classroom para trabajar con ellas en las siguientes sesiones. Una vez estén todas estas ideas previas escritas, correctas o no, se comenzaría con la clase proyectando un video de Cosmos, en el que Sagan explica el origen de la vida y el camino que las primeras células recorrieron hasta llegar a nosotros, los seres humanos.

Video proyectado (duración 7 minutos): [Cosmos-Carl Sagan](#)

Los alumnos deberán extraer y escribir, en grupo, las ideas más interesantes que hayan visto en el video, y comparar lo visto con las ideas previas escritas en la pizarra. (Duración 20 min)

**Actividad 2:** Debate acerca del video, donde los alumnos expondrán las ideas del video y sus reflexiones. Se podrán preguntar dudas y se irá construyendo el aprendizaje a partir del intercambio de ideas y las preguntas. (Duración 10 min)

**Actividad 3:** Terminado el debate, se proseguirá con la lección esquematizando y explicando el Origen de la vida y la Biodiversidad. Para ello, nos apoyaremos en el libro de texto, pero trataremos de enfocar todo hacia la teoría de la evolución. (Duración 15 min)

Libro de texto: Biología y Geología 4º ESO. Santillana Grazalema. Serie Observa. Tema 9: El origen y la evolución de la vida. 172-189pp

Sesión 1								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1. Ideas previas	1, 8	G.E	G.M.	UDI	18,	18.1,	CCL,	55
2.Video		a,	1, 2,		21,	21.1	CMCT,	
3.Debate		b,	5,7				CPAA, SIE,	
4. Exposición magistral		d,f,					CEC	
		g,h						

**Tabla 6:** Ficha resumen de la sesión 1

## Sesión 2

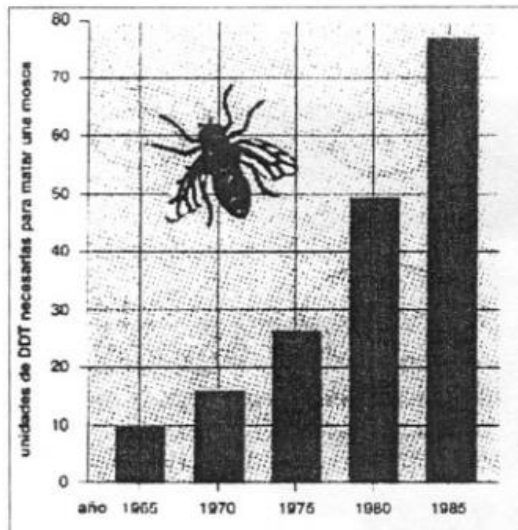
En esta sesión se impartirá el contenido del origen de la biodiversidad y las teorías evolutivas anteriores a Darwin. Esta sesión durará 55 minutos y tendrá lugar en el aula.

**Actividad 1:** la primera parte de la sesión será expositiva, y el docente explicará el tema del origen de la biodiversidad, hablará del contexto histórico-social en que aparecieron las teorías precursoras del evolucionismo y de las teorías imperantes por aquel entonces. Se hablará de Cuvier, Erasmus Darwin, el fijismo y el catastrofismo. Para diluir tanta exposición, se intercalaran entre las explicaciones anécdotas curiosas sobre estos científicos y sus descubrimientos; por ejemplo, el descubrimiento de Buckland de una cueva con fósiles de hienas y como este descubrimiento le sirvió para conectar el diluvio universal con el catastrofismo. Por supuesto, durante el transcurso de estas explicaciones se realizarán preguntas a los alumnos, y se contestaran a las preguntas que surjan. (20 min)

**Actividad 2:** Para distender un poco la clase luego de tanta exposición, realizaremos una actividad jugando con las ideas previas de los alumnos. En los grupos ya formados,

se entregara a cada grupo una hoja en la que aparecerá descrita la actividad. La actividad se llama “Moscas y DDT” (Grau y Manuel, 2002), un buen ejemplo para ahondar en la falsa creencia de que los caracteres adquiridos se heredan. Es importante recordar que a los alumnos aún no se les ha hablado sobre Lamarck ni sus ideas, aunque puede que lo conozcan vagamente por referencias en anteriores cursos. (15 min)

Moscas y DDT



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.

1. ¿Qué conclusión se saca de los datos que se presentan en el gráfico?
2. Explica por escrito los cambios que deben haberse producido para que sea posible.
3. Agrúpate con 2 o 3 compañeros de clase e intercambia

tus respuestas. ¿A qué conclusión habéis llegado?

**Imagen X:** Actividad empleada para trabajar las ideas previas de los alumnos. Extraída de *Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos*, de Grau y Manuel (2002).

**Actividad 3:** una vez terminado el tiempo límite, los alumnos expondrán sus reflexiones y se realizará un intercambio de ideas. A partir de estas ideas, el docente explicará quién fue Lamarck y cuáles fueron sus ideas y los aspectos más importantes de su teoría evolutiva. (20 min)

Sesión 2

Tareas	Contenidos	Objetivos	C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1. Exposición magistral.	1, 3,	G.E G.M. UDI	16, 17,	16.1, 17.1	CCL, CMCT, CPAA,	55
2. Ideas previas.		d,f,			CSC, SIE,	
3. Intercambio de ideas y debate		g,h			CEC	

**Tabla 7:** Ficha resumen de la sesión 2

 Sesión 3.

En esta sesión se impartirá todo el contenido relacionado con Darwin y el darwinismo. La sesión durará unos 55 minutos y tendrá lugar en el aula.

**Actividad 1:** se introducirá el tema entregándole a los alumnos una serie de afirmaciones y una tarjeta con un pulgar hacia arriba en una cara y hacia abajo en otra. Varios alumnos leerán estas oraciones en alto y todos deberán responder con la tarjeta; además, se les pedirá que justifiquen un poco su respuesta y por qué medio lo han aprendido. De este modo, profundizaremos aún más en sus ideas previas sobre el darwinismo y la forma en que han adquiridos estas ideas. La intención es, durante esta sesión, acabar definitivamente con esas ideas equivocadas y falsas creencias. (15 min)

Las oraciones son las siguientes:

- La teoría de la evolución no está demostrada, por eso es una teoría.
- El hombre desciende del mono.
- La evolución se basa en la supervivencia del más fuerte.
- Los organismos más complejos son los más evolucionados.
- La evolución es un proceso direccional y lineal.
- La evolución es una constante lucha entre las especies por sobrevivir.
- La evolución es un proceso irreversible.

**Actividad 2:** a continuación se explicará la teoría de la evolución de Darwin y cómo éste llegó a desarrollarla; se hablará del origen común, el gradualismo, la selección natural y sexual. Estos temas se irán desgranando poco a poco corrigiendo o matizando las oraciones expuestas anteriormente. (20 min)

**Actividad 3:** A continuación se proyectará un fragmento de la serie Cosmos, en que Sagan narra la historia de los cangrejos Heike y la selección artificial, un remedo de selección natural que permite apreciar su labor de forma intuitiva, suavizando la carga abstracta de las explicaciones gracias a las imágenes y la fuerza de la historia. Al terminar el video, se realizará un intercambio de ideas entre los alumnos y el profesor para afianzar estos contenidos y responder dudas. (20 min)

**Actividad 4:** Al finalizar la clase, se enviará por *Classroom* una actividad de investigación en grupo, en la que los alumnos tendrán que investigar sobre razas de perros. Deberán elegir una raza de perro y explicar cómo fue la selección a la que estuvo sometida y sobre cual característica se realizó esta selección. Para ello, deberán realizar una presentación en la que aparezca el origen de la raza, la historia y el papel

que estos animales tenían en esa sociedad, y si esta raza sería viable en la naturaleza y porqué. Esta actividad se presentara en la sesión 6, y cada grupo tendrá alrededor de 5 minutos para presentar su trabajo.

Sesión 3								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1. Ideas previas.	3, 4, 6,	G.E	G.M.	UDI	17,	17.1,	CCL,	55
2. Exposición magistral		a,	1, 2,		19,	19.1,	CMCT,	
3. Intercambio de ideas y debate		b,	5,7		21,	21.1,	CPAA,	
		d,f,			23	23.1	CSC, SIE,	
		g,h					CEC	

**Tabla 8:** Ficha resumen de la sesión 3

#### Sesión 4

En esta sesión se impartirán todos los contenidos relacionados con los mecanismos más habituales de la evolución. La sesión durará 55 minutos y se impartirá en el aula.

**Actividad 1:** Primero, realizaremos un ejercicio de repaso en que volveremos al tema anterior, donde se tratan los contenidos sobre mendelismo y la genética, para relacionar estos contenidos con lo que hemos visto hasta ahora sobre darwinismo a modo de introducción para la actividad con que se ocupara toda la sesión. (10 min).

**Actividad 2:** Para distender un poco el ambiente, realizaremos un juego en que se ejemplificara los mecanismos evolutivos más comunes. Para ello, nos valdremos de una actividad extraída de Scientix. Previamente, el docente realizará una introducción de la actividad, pues es un tanto compleja. Seguidamente, entregará a cada grupo las hojas –traducidas- en que viene descrita la actividad y unos formularios que deben rellenar con los resultados de sus investigaciones. Esta actividad, llamada Legorgs, consiste en crear con piezas de Lego unos organismos modelo. Estos organismos constan de seis piezas: una base y cinco segmentos de colores, que representarían un código genético con cinco alelos. Cada alelo indica una regla morfogenética sobre cómo se colocan los segmentos en el segmento anterior. De este modo, los alumnos trabajaran con un modelo que influye en múltiples genes y facilitan la visualización de conceptos como aptitud, selección natural y deriva genética. Para realizar nuestra actividad nos hemos basado en la adaptación realizada en Suecia de la misma, en la que los alumnos seleccionaron objetos de colores de un tarro, en lugar de utilizar piezas de Lego, e introdujeron los resultados como gráficos de colores en las tablas originales de la unidad; no montaron los Legorgs con piezas de Lego ni midieron la aptitud, sino que se centraron en el proceso de selección. Todas las instrucciones de

esta actividad, así como la rúbrica de evaluación, aparecen en el Anexo II. Esta actividad es muy compleja, por lo que el resto de la hora será dedicada exclusivamente a la misma (45 min).

**Actividad 3:** Para evitar que esta sesión haya quedado un poco escueta en cuanto a contenidos, por *Classroom* se enviará a los alumnos una serie de actividades para reforzar estos conocimientos. Estas actividades se devolverán corregidas a los alumnos través de *Classroom*. Además, se enviará un texto, de carácter voluntario, sobre [la deriva genética en los guepardos](#), del que no habrá que entregar una actividad.

Sesión 4								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1. Exposición magistral	3, 4, 5,	G.E	G.M.	UDI	17,	17.1,	CCL,	55
2. Actividad practica		a,	1, 2,		19,	19.1,	CMCT,	
3. Actividad escrita		b,	5,7		20,	20.1,	CPAA,	
		d,f,			21,	21.1,	CSC, SIE,	
		g,h			22,	22.1,		
					23	23.1		

**Tabla 9:** Ficha resumen de la sesión 4.

#### Sesión 5

En esta sesión se impartirán los contenidos relacionados con las pruebas de la evolución y los procesos de adaptación y especiación. La sesión durará 55 minutos y se impartirá en el aula de informática para que los alumnos tengan acceso a los ordenadores.

**-Actividad 1:** se dividirá a los alumnos por parejas. Cada pareja usará un ordenador, y deberá realizar una búsqueda contrastada y crítica sobre las pruebas de la evolución. Cada pareja deberá presentar, al final de su investigación, una prueba que les satisfaga, y deberán presentarla junto con un ejemplo y una imagen que ilustre esta prueba. Por ejemplo, si la pareja considera que los órganos homólogos constituyen una prueba, deberá mostrar imágenes que así lo testifique. El docente y el resto de alumnos podrán realizar preguntas para enriquecer aún más esta explicación. A lo largo del día, los alumnos deberán enviar por *Classroom* sus pruebas al docente para que este las corrija y las devuelva por la misma plataforma. (25 min)

**-Actividad 2:** con ayuda del proyector, el docente realizará una explicación sobre la especiación, en la que se mencionaran los tipos de especiación, como la alopátrica y la simpátrica, y se relacionaran con las ideas de Darwin. El proyector nos ayudará aportando material visual interesante a las explicaciones, por ejemplo, con los pinzones de Darwin y la radiación adaptativa, o el lobo y el tilacino y la evolución

convergente, las relaciones mutualistas y simbióticas, adaptaciones curiosas, etc. (20 min)

**-Actividad 3:** para terminar, se proyectará un video sobre las extinciones y su papel en la evolución de las especies. (10 min)

Video: [¿Fueron cinco las extinciones masivas?](#)

Sesión 5								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1. Búsqueda de información y exposición. 2. Exposición magistral	2, 3, 4, 6,	G.E a, b, d,e ,f,g ,h	G.M. 1, 2,3, 4, 5,7	UDI	17, 19, 20, 21, 22, 23, 28,	17.1, 19.1, 20.1, 21.1, 22.1, 23.1, 28.1,	CCL, CD, CMCT, CPAA, CSC, SIE,	55

**Tabla 10:** Ficha resumen de la sesión 5

## Sesión 6

Esta sesión se dedicará a explicar la síntesis evolutiva y las teorías neutralistas, de equilibrio puntuado y simbiogenesis. Esta sesión durará 55 minutos y se impartirá en el aula.

**-Actividad 1:** utilizando el proyector, los alumnos presentarán sus trabajos sobre las razas de perro. Estos trabajos serán evaluados tanto por los alumnos como por el tutor. Para ello, a cada grupo se le entregará una rúbrica en la que tendrán que señalar la calidad de la exposición, la correcta estructuración de las ideas, la adecuación al tema, entre otras. (25 min)

**-Actividad 2:** utilizando el proyector y el libro de texto, el docente realizará una explicación de la síntesis evolutiva, intentando en todo momento relacionarla con lo visto en las sesiones anteriores. Una vez terminada esta explicación, se procederá a explicar las teorías alternativas: el neutralismo, el equilibrio puntuado y la simbiogenesis. También se hará una referencia a la teoría del gen egoísta de Dawkins, a modo de curiosidad. (25 min)

**-Actividad 3:** en el tiempo que resta, el tutor expondrá los temas para el trabajo final de la unidad didáctica, que sustituirá al examen final. La intención con este trabajo final es que los alumnos sean capaces de aplicar todo lo aprendido para desbaratar teorías sociales que realizaron lecturas equivocadas de las teorías evolutivas para justificar ideas de ética cuestionable. Los alumnos deberán realizar un Power Point en

que aparecerá el origen y las ideas de esta teoría social, la influencia que ésta tuvo en la sociedad, qué ideas de estas teorías están inspiradas en la teoría de la evolución y en qué están equivocadas. Cada grupo deberá elegir un tema y enviar al tutor por Classroom su elección. El docente, además, subirá bibliografía a Classroom para facilitar la tarea al alumnado. (5 min)

-Lysenko y el neolamarckismo soviético. (Ly)

-Kammerer y su sapo partero. (Ka)

-Determinismo biológico. (Db)

-Darwinismo social. (Ds)

-El juicio de Scopes. (Sc)

-El diseño inteligente. (Di)

La bibliografía facilitada será:

-Sombras de Lamarck, Una audiencia para Vavilov; El mundo y sus demonios (Capítulo 14 – Anticiencia). (Ly)

-Sombras de Lamarck. (Ka)

-El patrimonio (y el matrimonio) en Singapur. La falsa medida del hombre (Introducción; La medición de las cabezas). (Ds)

-La ciencia y la inmigración judía, la política del censo, la última campaña de William Jennings Bryan. (Sc)

-Una visita a Dayton. (Di)

Toda esta bibliografía puede encontrarse en las antologías de ensayos de Stephen Jay Gould (*El pulgar del panda, Dientes de gallina y dedos de caballo, La sonrisa del flamenco, Brontosaurus y la nalga del ministro*) y su libro *La falsa medida del hombre*; y el libro *El mundo y sus demonios* de Carl Sagan.

Sesión 6								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1.Exposición	3, 4, 5, 7	G.E	G.M.	UDI	17,	17.1,	CCL,	55
2. Exposición magistral		a,	1,		19,	19.1,	CMCT,	
		b,	5,7		20,	20.1,	CPAA,	
		d,f,			21,	21.1,	CSC, SIE,	
		g,h			23,	23.1,		
					24,	24.1,		
					25,	25.1,		

**Tabla 11:** Ficha resumen de la sesión 6

## Sesión 7

Esta última sesión se dedicará exclusivamente al trabajo final de la unidad didáctica sobre Origen de la vida y evolución. La clase durará 55 minutos y se llevara a cabo en el aula.

**-Actividad 1:** Cada grupo tendrá 10 minutos para exponer su trabajo, que será evaluado tanto por el docente como por los alumnos. Al final de cada presentación, el docente realizará una serie de preguntas y permitirá que los alumnos también lo hagan. Así discurrirá toda la sesión. La calificación de los alumnos se tendrá en cuenta a la hora de poner la nota (55 min).

Sesión 7								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
1. Búsqueda de información.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	G.E.	G.M.	UDI	19,	19.1,	CCL, CD	55
		a, b, d,e,f	1, 2,3,		20,	20.1,	CMCT,	
2. Exposición		,g,h	4,		21,	21.1,	C.P.A.A.,	
			5,7		24,	24.1,	CSC,	
					25,	25.1,	SIE, CEC	
					26,	26.1,		
					27,	27.1,		
					28,	28.1,		

**Tabla 12:** Ficha resumen de la sesión 7

### **3.12. Elementos curriculares complementarios**

#### Atención a la diversidad

Atendiendo a lo estipulado en la Orden del 14 de julio de 2016, en la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, quedan regulados los aspectos de la atención a la diversidad y se formula la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado, teniendo en cuenta su heterogeneidad.

Para la presente unidad didáctica se ha tenido en cuenta esta heterogeneidad a la hora de realizar la metodología. Es por eso que se ha optado por el trabajo colaborativo en numerosas ocasiones y se ha puesto un énfasis importante en las actividades de reflexión e investigación. Estas actividades no solo tienen como función la de amenizar y motivar, también es una forma de hacer accesibles los contenidos a los alumnos con dificultades sin por ellos sacrificar precisión a la hora de impartirlos gracias a una retroalimentación positiva por el constante intercambio de ideas entre estos y sus compañeros.

En el hipotético caso en que esta metodología fracasara con estos alumnos con dificultades, se ha confeccionado un plan de actividades de refuerzo que rebajen la exigencia de los contenidos y un examen que permita a estos alumnos adquirir las competencias básicas.

#### Adaptaciones curriculares

La heterogeneidad del alumnado hace imprescindible tomar una serie de medidas que puedan atender a las particularidades que cada alumno pueda presentar. Aunque en esta etapa nos encontremos en una asignatura de carácter optativo, es importante incidir en que no todos los alumnos aprenden de la misma forma ni al mismo ritmo, y aunque en este caso no estemos ante una clase donde haya alumnos con dificultades de significativa magnitud, es importante no caer en el error de considerar la escuela como un ente homogeneizador, sino como un espacio cuya labor última es la de crear un espacio de entendimiento y apoyo que permita la formación de personas integra, preparadas y rica en valores. La diversidad, en cualquier caso, no ha de verse como un obstáculo insalvable al que temer, sino como una oportunidad de poner en práctica nuevas estrategias que enriquezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cuanto al tipo de atención a la diversidad que podemos desarrollar en el centro tenemos dos grupos de medidas: ordinarias o habituales y extraordinarias o específicas.

Las primeras son abordadas por el Proyecto Educativo del Centro y por las programaciones de aula, y se dirigen directamente a todo el alumnado. En cuanto a las específicas, estas están destinadas a alumnos que por sus características necesitan de una atención mucho más profunda.

En nuestro caso, no precisamos de ninguna clase de adaptación curricular, pues como se ha dicho antes las dificultades que pueda tener el alumnado no son lo suficientemente profundas como para requerir tales atenciones. En cuanto a nuestros alumnos de altas capacidades, debemos evitar que caigan en la apatía manteniéndolos estimulados en todo momento, pero sin desdeñar al resto del aula; es por eso por lo que se ha optado por una metodología de trabajo colaborativo y de investigación, en la que ellos son en gran parte responsables de su proceso de aprendizaje, y profundizaran en éste tanto como ellos consideren conveniente. Además, dispondrán de actividades voluntarias y lecturas comprensivas facilitadas por el tutor para que puedan guiar su aprendizaje.

El TDAH (Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad) es un trastorno de carácter neurobiológico originado en la infancia que implica una actividad física excesiva, impulsividad y problemas para mantener la atención en una actividad de forma

continuada. A tenor de estos síntomas, al alumno se le realizará una serie de adaptaciones metodológicas. Para evitar las distracciones, se situará al alumno –y a su grupo- en las primeras filas, alejado de ventanas o puertas. Se le dejará que sea capaz de liberar energía a lo largo de la sesión, permitiéndole levantarse para ir a beber agua o al baño. A toda la clase se le mandarán pocas actividades extraescolares, y las pocas que se manden serán de carácter colaborativo o voluntario. En esta unidad hemos prescindido de un examen final, factor importante que hay que tener en cuenta en un alumno con estas características, pues pruebas demasiado largas o con demasiadas preguntas puede terminar por agobiarlos; en su lugar, se ha optado por la realización de un trabajo colaborativo, mucho más accesible, que permite suplir sus dificultades gracias al apoyo de todo su equipo.

La metodología en grupo se ha usado como la herramienta principal a la hora de abordar estas dificultades. Al hacer que los alumnos tuvieran que colaborar y trabajar conjuntamente, repartiéndose responsabilidades y apoyándose para cumplir los objetivos de la tarea, se incentiva a que cada alumno cree un espacio adecuado para el desarrollo de sus capacidades. Evitamos así caer en el error de considerar un examen final como única herramienta a la hora de evaluar los conocimientos aprendidos y las competencias adquiridas, pues no todos los alumnos se manejan igual de bien en una prueba escrita y no por ello saben menos evolución que sus compañeros con notas superiores en los exámenes.

#### Temas transversales

En esta unidad didáctica se trabajará de forma transversal las siguientes habilidades y competencias, incluidas dentro de la Orden del 14 de julio de 2016:

- El desarrollo de las habilidades básicas para la comunicación interpersonal, la capacidad de escucha activa, la empatía, la racionalidad y el acuerdo a través del diálogo. Estas habilidades se trabajaron durante las sesiones gracias a la metodología basada en trabajo colaborativo y los intercambios de ideas y debates entre los alumnos.
- La utilización crítica y el autocontrol en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación y los medios audiovisuales, la prevención de las situaciones de riesgo derivadas de su utilización inadecuada, su aportación a la enseñanza, al aprendizaje y al trabajo del alumnado, y los procesos de transformación de la información en conocimiento. Estas habilidades se trabajaron durante las sesiones gracias al uso de los recursos TICs del centro y los trabajos de investigación, en los que se instigará a los alumnos a analizar la información seleccionada y considerarla de forma crítica.

- La toma de conciencia sobre temas y problemas que afectan a todas las personas en un mundo globalizado, entre los que se considerarán la salud, la pobreza en el mundo, la emigración y la desigualdad entre las personas, pueblos y naciones, así como los principios básicos que rigen el funcionamiento del medio físico y natural y las repercusiones que sobre el mismo tienen las actividades humanas, el agotamiento de los recursos naturales, la superpoblación, la contaminación o el calentamiento global, todo ello, con objeto de fomentar la contribución activa en la defensa, conservación y mejora de nuestro entorno como elemento determinante de la calidad de vida. Estas habilidades se trabajaran durante las sesiones gracias a los contenidos interdisciplinarios introducidos en la unidad didáctica. Los alumnos tendrán que investigar y trabajar sobre las interpretaciones equivocadas que se han realizado de la teoría de la evolución y como éstas han afectado negativamente a la sociedad, enseñando a los alumnos que la ciencia ha de estar ligada a la ética, y que no debe usarse como una guía moral para la sociedad.

#### Trabajo interdisciplinar

A la hora de diseñar esta unidad didáctica se ha tenido muy presente la interdisciplinaridad. Puesto que este trabajo tenía como objetivo indagar en las malinterpretaciones y errores a la hora de entender y enseñar la evolución, es muy importante exponer al alumnado cómo se ha ido entendiendo la teoría de la evolución desde que Darwin la postulara hasta nuestros días, y cómo muchas de estas malinterpretaciones y errores no son un suceso actual, sino que aparecieron a la par que el darwinismo y fueron elaborándose con el paso de los años hasta permear en la sociedad, en algunos casos, en forma de teorías sociales que poco o nada tienen que ver con las ideas enunciadas por Darwin. Es por ello que en esta unidad didáctica se ha hecho un fuerte énfasis en la ética y la filosofía, así como un poco en historia para aportar el contexto histórico-cultural adecuado. Este trabajo interdisciplinar con filosofía tiene como objetivo hacer ver al alumnado cómo la ciencia debe evolucionar de la mano de la ética, y como no todos los principios biológicos pueden –o deben– aplicarse a contextos sociales o morales: tan importante es aprender ciencia como saber cuál es su naturaleza, y sus límites, pues no todo puede ser abordado por la biología. En un mundo donde los cambios científico-técnicos se suceden de forma vertiginosa, es importante inculcar a los alumnos un pensamiento escéptico, crítico y científico, pero también humano, que les permita afrontar las implicaciones sociales que estos cambios conlleven.

En resumen, el objetivo de este trabajo es tanto ofrecer una propuesta para subsanar parte de los errores que se han ido cometiendo y repitiendo durante estos 150 años de historia de la evolución, aportando estrategias que permitan convertir estos errores en

oportunidades para lograr un aprendizaje significativo de los contenidos. Asimismo, enseñando al alumnado estas malinterpretaciones y errores, se puede ir un paso más allá y explicarles cómo las malinterpretaciones de esta teoría dieron una falsa respetabilidad científica a teorías sociales que afectaron directa e indirectamente a la sociedad durante el siglo XIX y XX, mostrándoles cómo el pensamiento crítico y escéptico, así como unos principios éticos y morales, son indispensables a la hora de abordar temas en los que es atrevido realizar juicios utilizando principios científicos.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

Acevedo Díaz, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. D. M. (2015). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422.

Antonio, J. M. V., Mosqueda, J. S. H., Vázquez-Antonio, J., Hernández, L. G. J., & Calderón, C. E. G. (2017). El trabajo colaborativo y la socioformación: un camino hacia el conocimiento complejo. *Educación y Humanismo*, 19(33), 334-356.

Ayala, F. J. (2009). *Darwin y el diseño inteligente*. Mensajero.

Bateson, W., & Mendel, G. (2013). *Mendel's principles of heredity*. Courier Corporation.

Birstein, V. J. (2009). *The perversion of knowledge: the true story of Soviet science*. Hachette UK.

Bowler, P. (2004). Capítulo 18 la contribución de Mendel. *Filosofía e historia de la Biología*, 399 pp.

Brown, A. (1999). *The Darwin Wars: The Scientific Battle for the Soul of Man*. London: Simon & Schuster.

Buckland, W. (1824). *Reliquiae Diluvianae; Or, Observations on the Organic Remains Contained in Caves, Fissures and Diluvial Gravel, and on Other Geological Phenomena, Attesting the Action of an Universal Deluge*. By the Rev. William Buckland,... John Murray, Albemarle-Street.

Cadbury, D. (2000). *The Dinosaur Hunters: A True Story of Scientific Rivalry and the Discovery of the Prehistoric World*. HarperCollins UK.

Chalmers, F. (2019). "The Origins of Racism in the Public School Art Curriculum". In *Art, Culture, and Pedagogy*. Leiden, The Netherlands: Brill

- Cope, E. D. (1887), *The origin of the fittest*, MacMillan, Nueva York, 467 pp.
- Cuvier, G., & Jameson, R. (1827). *Essay on the Theory of the Earth*. W. Blackwood.
- Darwin, C., & Dawkins, R. (2009). *Voyage of the Beagle: Journals and Remarks*. CSA Word.
- Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker: Why the evidence of evolution reveals a universe without design*. WW Norton & Company.
- Dawkins, R. (1997). *Climbing mount improbable*. WW Norton & Company.
- Dawkins, R. (2004). *A devil's chaplain: Reflections on hope, lies, science, and love*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Desmond, A. & Moore, J. (1991). *Darwin*. Londres: Michael Joseph, Penguin Group.
- De Vries, H. (1909). *The mutation theory* (Vol. 1). Open Court Publishing Company.
- Eldredge, N. (1995). *Reinventing Darwin*. Weidenfld & Nicolson, London.
- England, P., Molnar, P., & Richter, F. (2007). John Perry's neglected critique of Kelvin's age for the Earth: A missed opportunity in geodynamics. *Gsa Today*, 17(1)
- Ghiselin, M. T. (1969). *The Triumph of the Darwinian Method*. Univ of California Press.
- Gliboff, S. (2006). The case of Paul Kammerer: evolution and experimentation in the early 20th century. *Journal of the History of Biology*, 39(3), 525-563 pp.
- Grau, R. y Manuel, J. (2002). Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique*, 32, 56-64 pp.
- González Galli, L. y Meinardi, E. (2011). Revisión del concepto de obstáculo a partir de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. *Memorias de las IX Jornadas Nacionales - IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*.
- Gould, S. J. (1994). *El pulgar del panda: reflexiones sobre historia natural y evolución* Barcelona: Critica, Grupo Grijalbo, Mondadori.
- Gould, S. J. (1985). *The flamingo's smile: Reflections in natural history*. WW Norton & Company.
- Gould, S. J. (1991). *Bully for brontosaurus: Reflections in natural history*. WW Norton & Company. 18:
- Gould, S. J. (1995). *Dientes de gallina y dedos de caballo*. Barcelona: RBA.
- Gould, S. J. (1996). *Dinosaur in a Haystack*. Harvard University Press.

Gould, S. J. (1996). *The mismeasure of man*. WW Norton & Company.

Gould, S. J. (2003). *The hedgehog, the fox, and the magister's pox: Mending the gap between science and the humanities*. Three Rivers Press (CA).

Grau, R. y Manuel, J. (2002). Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique*, 32, 56-64.

Hall, G. S. (1904), *Adolescence. Its psychology and its relations to physiology, anthropology, sociology, sex, crime, religion, and education*, 2 vols., D. Appleton and Company, New York, 589-784 pp.

Huxley, T. H., & Huxley, L. (1900). *Life and Letters of Thomas Henry Huxley (Vol. 1)*. London: Macmillan.

Iglesias, B., de la Madrid, L., Ramos, A., Robles, C. y Serrano, A. (2013). Metodologías innovadoras e inclusivas en educación secundaria. *Tendencias Pedagógicas*, 21, 63-78 pp.

Jablonka, E., & Lamb, M. J. (2008). Soft inheritance: challenging the modern synthesis. *Genetics and Molecular Biology*, 31(2), 389-395 pp.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la biología. A. Caamaño; A. Oñorbe, 119-146 pp.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 9 (3), p. 248-256.

Kampourakis K. y Zogza, V. (2006). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the Characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education*, 16 (3-5), p. 393-422.

Kampourakis K. y Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17 (1), p. 27-47.

Kellogg, V. L. (1917). *Headquarters nights: a record of conversations and experiences at the headquarters of the german army in France and Belgium*. Рипол Классик.

Kimura, M. (1983). *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press.

Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Univ. Press, Chicago.

Klemming, J. M. y Soler, M. (2010). *Evolución*. Capítulo 2: Historia de las teorías evolutivas. Proyecto Sur de Ediciones: Granada.

Lack, D. (1947). *Darwin's finches: An essay on the general biological theory of evolution*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Lewontin, R. C. (1972). The apportionment of human diversity. In *Evolutionary biology* (pp. 381-398). Springer, New York, NY.

Marcos, F. A., & Rovira, S. C. (2014). La pseudociencia y el poder de los medios de comunicación. La problemática ausencia de bases teóricas para afrontar el fenómeno. *Historia y Comunicación Social*. Vol. 19. Marzo (2014) 93-103.

Margulis, L. (1998). *Symbiotic planet: a new look at evolution*. Basic Books.

Maynard Smith, J. (1978). *The Evolution of Sex*. Cambridge University Press, Cambridge.

Mayr, E. (1942). *Systematics and the Origin of Species*. Columbia University Press, New York.

Mayr, E. y Provine, W. (1980). *The Evolutionary Synthesis*. Harvard University Press, Cambridge-Mass

Mayr, E. (1982). *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Harvard Univ. Press, Cambridge-Mass.

Mayr, E. (1992). *Una Larga Controversia: Darwin y El Darwinismo*. Barcelona, España: Crítica Editorial.

Mayr, E. (1994). Recapitulation reinterpreted: the somatic program. *The Quarterly Review of Biology*, 69(2), 223-232.

Michod, R. E. (1995). *Eros and evolution: a natural philosophy of sex*. New York: Addison-Wesley.

Moreno, L., Zuñiga, K., Cofré, H., & Rubilar, C. M. (2018). Efecto (¿o no?) de la inclusión de naturaleza de la ciencia en una secuencia para el aprendizaje y la aceptación de la teoría de la evolución. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3105-3105.

Sagan, C. (1994). *Pale blue dot: A vision of the human future in space*. Random House Digital, Inc.

Sagan, C. (1995). *The demon-haunted world: Science as a candle in the dark*. Ballantine Books.

Scheinsohn, V. (2001). *Evolución y Las Ciencias*.

Schipman, P. (1994). *The Evolution of Racism*. Simon & Schuster, New York.

- Soler, M. (2002). Evolución. Proyecto Sur de Ediciones: Granada. 2: 28-48 pp.
- Sulloway, F. J. (1982). Darwin's conversion: The Beagle voyage and its aftermath. *Journal of the History of Biology*. 15: 325–96.
- Pelayo, F. (1996). Creacionismo y evolucionismo en el siglo XIX: Las repercusiones del darwinismo en la comunidad científica española. In *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía* (Vol. 13, p. 263).
- Pelayo, F. (1992). Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX (Vol. 40). Ediciones AKAL.
- Planas, J. (1985). Elementos de Biología. Barcelona: Imprenta Juvenil.
- Thagard, P., & Findlay, S. (2010). Getting to Darwin: Obstacles to accepting evolution by natural selection. *Science & Education*, 19(6-8), 625-636.
- Toulmin, S. (1977). Back to nature. *New York Review of Books*, 9, 3-4.
- Vázquez-Alonso, Á., Acevedo Díaz, J. A., Manassero-Mas, M. A., & Acevedo Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia. La ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación química*, 18(1), 38-55.
- Weismann, A. (1893). *The germ-plasm: a theory of heredity*. Scribner's.
- Winther, R. G. (2001). August Weismann on germ-plasm variation. *Journal of the History of Biology*, 34(3), 517-555.

 Legislación utilizada:

- Orden del 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*. Andalucía, 29 de julio de 2016, núm. 144, pp. 108-396.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de enero del 2015, núm. 25, sec. 1, pp. 6986-7003.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

- Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo I

Anexo en el que aparece la rúbrica para evaluar las competencias claves trabajadas por el alumno durante el desarrollo de toda la unidad didáctica.

<b>Competencia Lingüística (CCL)</b>				
<b>Expresión oral</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Capacidad retórica</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Expresión escrita</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Uso de un vocabulario complejo</b>	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
<b>Expresión no verbal</b>	Poco	Algo	Bastante	Mucho
<b>Competencia Matemática y Competencia Básicas en Ciencia y Tecnología (CMCT)</b>				
<b>Conocimiento de los contenidos</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Uso del pensamiento científico</b>	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
<b>Capacidad de razonamiento</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Capacidad resolutive</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Competencia Digital (CPAA)</b>				
<b>Uso adecuado de los recursos informáticos</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Sabe buscar, obtener y contrastar información de forma crítica</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Sabe sintetizar la información de forma correcta</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
<b>Sabe crear contenido utilizando</b>	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente

recursos informáticos				
Aprender a aprender (CD)				
Utiliza distintas estrategias para enfrentarse a sus tareas	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
Está motivado durante las sesiones	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
Presenta curiosidad	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
Presenta autoconfianza	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
Competencias sociales y cívicas (CSC)				
Comportamiento en el aula	Malo	Regular	Buena	Excelente
Aplica los conceptos de igualdad y no discriminación	Nunca	Poco	Mucho	Siempre
Sabe comunicar y expresar su opinión	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
Presenta interés en los problemas sociales actuales	Nulo	Escaso	Bastante	Mucho
Sentido de la iniciativa y el espíritu emprendedor (SIE)				
Tiene capacidad de análisis, planificación y gestión	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
Tiene capacidad de comunicar, representar y negociar	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
Sabe evaluar y autoevaluarse	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
Sabe resolver problemas de forma creativa	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
Conciencia y expresiones culturales (CEC)				
Tiene sensibilidad y sentido estético	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente
Sabe utilizar distintas técnicas	Pobre	Adecuada	Buena	Excelente

<b>a la hora de diseñar un proyecto</b>				
<b>Respeto la libertad de expresión</b>	Nunca	Poco	Mucho	Siempre
<b>Respeto la diversidad cultural</b>	Nunca	Poco	Mucho	Siempre
<b>Observaciones:</b>				

**Tabla 13:** Rubrica para evaluar las competencias clave en el transcurso de las actividades.

**7.2. Anexo II**

Anexo en el que aparece la información, material y rúbrica de evaluación de la actividad de Scientix [Selección Natural ¿La aptitud esta en los genes o en el animal?](#), de Morten Rask Peterson.

<b>Competencia evaluada</b>	<b>Incipiente</b>	<b>En desarrollo</b>	<b>Afianzada</b>	<b>Avanzada</b>
<b>Planificar investigaciones</b>	No sabe interpretar la tarea por sí mismo pero participa en el proceso de planificación y de ejecución con la ayuda de sus compañeros.	Participa activamente en la planificación y ejecución de la tarea y rectifica los errores sin necesidad de ayuda.	Participa activamente en la planificación y ejecución de la tarea y ayuda a sus compañeros si lo necesitan.	Entiende de forma rápida y precisa el objetivo y procedimiento de la actividad.
<b>Realizar una investigación</b>	Comprende el objetivo y significado de fases individuales pero no sabe interpretar adecuadamente la actividad como un todo. Muestra inseguridad en la medición, no detecta posibles fuentes de error.	Tiene una función en la ejecución. Entiende el objetivo y el procedimiento de la actividad en un sentido general pero correctamente. Detecta posibles errores y trata de evitarlos con cierto éxito.	Trabaja de forma constante y fiable en la ejecución. Se esfuerza por cumplir las instrucciones de forma rápida y precisa. Incorpora estrategias para evitar errores de medición en el diseño experimental y trabaja según el protocolo indicado.	Ayuda y orienta a sus compañeros en el proceso de planificación y ejecución. Sugiere alternativas para conseguir los objetivos. Puede crear su propio protocolo alternativo para evitar errores de medición.
<b>Elaboración de</b>	Produce datos y	Recoge y	Recoge y	Saca conclusiones

<b>argumentos</b>	argumentos que no son lo suficientemente coherentes y fiables. No saber sacar conclusiones y dar argumentos sin ayuda.	representa adecuadamente los datos, sabe sacar conclusiones y argumentos de ellos, pero las conclusiones no son lo bastante coherentes.	representa adecuadamente los datos y saca conclusiones y argumentos de forma coherente, además de mostrar rigurosidad reflexionando sobre conocimientos previos	y argumentos de forma coherente, con suficiente profundidad y precisión e intenta encontrar una explicación a resultados inesperados o contradictorios.
<b>Debate e intercambio de ideas</b>	Participa en el trabajo del grupo pero trabaja con interrupciones. Generalmente participa en los debates de grupo como observador pasivo.	Participa en el trabajo de grupo sin interrupciones pero con intensidad variable. Expresa opiniones en los debates pero no da argumentos coherentes o persuasivos.	Participa activamente y sin interrupción en el trabajo de grupo. Participa activamente en debates y respalda sus opiniones con argumentos	Organiza y ayuda eficazmente en el trabajo y debate con los compañeros. Aporta argumentos convincentes para su postura en los debates, es capaz de apreciar los puntos de vista de los demás y puede llegar a cambiar de opinión si se presentan argumentos convincentes.
<b>Observaciones:</b>				

**Tabla 14:** Rubrica para evaluar la actividad Legorg.

**7.3. Anexo III**

Anexo en el que aparece la rúbrica de evaluación del trabajo de investigación y exposición sobre el origen de las razas en los perros.

<b>Categoría</b>	<b>Insuficiente</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Notable</b>	<b>Sobresaliente</b>
<b>Contenido</b>	Rectifica continuamente. No muestra un conocimiento del tema y los contenidos son pobres.	Tiene que hacer algunas rectificaciones y parece dudar. Los contenidos son adecuados.	Demuestra un buen entendimiento de las partes del tema. Exposición fluida, pocos errores.	Se nota un buen dominio del tema, no comete errores ni duda. Los contenidos están perfectamente abordados.

<b>Presentación oral</b>	No se entiende la mayoría de las frases. No mira a sus compañeros al exponer	Cuesta entender algunos fragmentos. Su postura es adecuada y a veces mira a sus compañeros al exponer	Voz clara y buena vocalización. Tiene buena postura al exponer y mantiene el contacto visual.	Voz clara, buena vocalización, entonación adecuada, matizada. Buena postura, se le ve relajado y seguro y mantiene el contacto visual durante toda la exposición.
<b>Tiempo</b>	Excesivamente largo o excesivamente corto para desarrollar el tema	No ajustado al tiempo. Un tanto corto o largo.	Tiempo ajustado al previsto, pero con un final precipitado o alargado por un mal control del tiempo	Tiempo ajustado al previsto con un final que retoma las ideas principales y redondea la exposición.
<b>Soporte</b>	Soportes visuales inadecuados. Los contenidos son presentados sin ninguna claridad y el fondo y formato impiden leer los textos.	Soportes visuales adecuados pero pobres. El fondo y el formato hace difícil leer el texto y éste es demasiado largo.	Soportes visuales adecuados e interesantes. El fondo no va en detrimento de los textos pero el formato de la fuente a veces hace difícil leer los contenidos.	Soportes visuales atractivos y de calidad. El fondo no va en detrimento de los textos y el formato ha sido cuidadosamente planeado.
<b>Observaciones:</b>				

**Tabla 15:** Rubrica para evaluar el trabajo del origen de las razas en los perros.

**7.4. Anexo IV**

Anexo en el que se incluye la rúbrica para evaluar el trabajo final de la unidad didáctica

<b>Categoría</b>	<b>Insuficiente</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Notable</b>	<b>Sobresaliente</b>
<b>Contenido</b>	Rectifica continuamente. No muestra un conocimiento del tema y los contenidos son pobres.	Tiene que hacer algunas rectificaciones y parece dudar. Los contenidos son adecuados.	Demuestra un buen entendimiento de las partes del tema. Exposición fluida, muy	Se nota un buen dominio del tema, no comete errores ni duda. Los contenidos están perfectamente

			pocos errores.	abordados.
<b>Adecuación</b>	El trabajo no refleja los contenidos tratados durante la unidad didáctica o los refleja a un nivel excesivamente bajo.	El trabajo refleja un poco los contenidos tratados durante la unidad didáctica y de una forma excesivamente simplificada.	El trabajo refleja los contenidos tratados durante la unidad didáctica de forma un tanto simplificada.	El trabajo perfectamente los contenidos tratados durante la unidad didáctica de una forma adecuada al nivel exigido.
<b>Tratamiento del tema</b>	El trabajo no se apega o se apega muy poco al tema elegido y no se relaciona con los contenidos de la unidad didáctica.	El trabajo se apega poco al tema elegido y se relaciona poco con los contenidos de la unidad didáctica.	El trabajo se apega al tema elegido pero no hay una relación profunda con los contenidos de la unidad didáctica.	El trabajo se apega perfectamente al tema elegido y hay una relación profunda con los contenidos de la unidad didáctica.
<b>Presentación oral</b>	No se entiende la mayoría de las frases. No mira a sus compañeros al exponer	Cuesta entender algunos fragmentos. Su postura es adecuada y a veces mira a sus compañeros al exponer	Voz clara y buena vocalización. Tiene buena postura al exponer y mantiene el contacto visual.	Voz clara, buena vocalización, entonación adecuada, matizada. Buena postura, se le ve relajado y seguro y mantiene el contacto visual durante toda la exposición.
<b>Tiempo</b>	Excesivamente largo o excesivamente corto para desarrollar el tema	No ajustado al tiempo. Excesivamente corto.	Tiempo ajustado al previsto, pero con un final precipitado o alargado por un mal control del tiempo	Tiempo ajustado al previsto con un final que retoma las ideas principales y redondea la exposición.
<b>Soporte</b>	Soportes visuales inadecuados. Los contenidos son presentados sin ninguna claridad y el fondo y formato impiden leer los textos.	Soportes visuales adecuados pero pobres. El fondo y el formato hace difícil leer el texto y éste es demasiado largo.	Soportes visuales adecuados e interesantes. El fondo no va en detrimento de los textos pero el formato de la fuente a veces hace un poco difícil leer los contenidos.	Soportes visuales atractivos y de calidad. El fondo no va en detrimento de los textos y el formato ha sido cuidadosamente planeado.

**Observaciones:**

**Tabla 16:** Rubrica para evaluar el trabajo final de la Unidad Didáctica.

**7.5. Anexo V**

Anexo en el que se presentan las actividades de ampliación voluntarias y de refuerzo.

-Actividades de ampliación: leer la entrada [la deriva genética en los guepardos](#) y comentar las conclusiones con el docente. También se ofrecerá la posibilidad de elegir uno de los ensayos contenidos dentro del libro *El pulgar del Panda* de Stephen Jay Gould para realizar una lectura comprensiva y resumen del mismo en el que se refleje una relación entre lo visto durante la unidad didáctica y los temas vistos en el ensayo. Este trabajo se podrá entregar hasta el 22 de junio, y subirá un punto en la nota final de la unidad didáctica.

Actividad de ampliación								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
<b>1. Lectura comprensiva</b>	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8.	G.E	G.M.	UDI	16,	16.1,	CCL,	Hasta el examen de recuperación
		a,	1, 2,		17,	17.1,	CMCT,	
<b>2. Resumen</b>		b,	5,7		19,	19.1,	CPAA,	
		d,f,			20,	20.1,		
		g,h			21,	21.1,		
					22,	22.1,		
					23,	23.1,		
					24,	24.1,		
			25,	25.1,				

**Tabla 17:** Ficha resumen de la actividad de ampliación.

-Actividades de refuerzo: resumen de la unidad didáctica a mano que se entregara el día del examen de recuperación el 22 de junio.

Actividad de refuerzo								
Tareas	Contenidos	Objetivos			C.E.	E.A	C.C.	Temp.
<b>1.Resumen</b>	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8.	G.E	G.M.	UDI	16,	16.1,	CCL,	Hasta el examen de recuperación
		a,	1, 2,		17,	17.1,	CMCT,	
		b,	5,7		19,	19.1,	CD.	
		d,f,			20,	20.1,	CPAA,	
		g,h			21,	21.1,	SIE,	
					22,	22.1,	CEC	
			23,	23.1,				

---

24,	24.1,
25,	25.1,

---

**Tabla 18:** Ficha resumen de la actividad de refuerzo.

### **7.6. Anexo VI**

Anexo en el que aparece el examen de recuperación para aquellos alumnos que no hayan sido capaces de superar la unidad didáctica.

1. Señala las diferencias entre el fijismo y el evolucionismo. Indica algunos defensores de dichas teorías.
2. Explica desde un punto de vista lamarkista, un hipotético caso, en el que la descendencia de un campeón de halterofilia gana durante posteriores generaciones los campeonatos del mundo de esta disciplina. Teniendo en cuenta la teoría neodarwinista, desmiente ahora tu primera explicación.
3. Explica los principales puntos de la teoría de la selección de Darwin.
4. Explica qué son los órganos homólogos, análogos y vestigiales. Pon un ejemplo de cada uno.
5. Darwin no pudo explicar cómo se originaba la variabilidad de los individuos. Resume los mecanismos de variabilidad que conoces.
6. Explica la teoría sintética de la evolución.
7. Explica brevemente dos teorías que son alternativas a la teoría sintética.