

ESCUELA INTERNACIONAL DE POSGRADO

MAES
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Javier Manzano Zambruno

**EL CONOCIMIENTO DEL PROFESORADO DE
BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE SECUNDARIA
SOBRE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Dirigido por

Paula Daza Navarro

Hortensia Morón Monge

Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria
Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y
Enseñanzas de Idiomas



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Sevilla

2022

ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Marco teórico	4
2.1. Estudios previos sobre la enseñanza de la teoría de la evolución	4
2.2. Antecedentes directos del presente estudio	6
2.3. El tratamiento de la teoría de la evolución desde el currículum de Educación Secundaria	7
2.4. Modelo comunicativo de la enseñanza como marco para justificar nuestro estudio	9
3. Propósito del estudio	12
4. Metodología	14
4.1. Procedimiento de recogida de documentos y criterios de análisis de contenido relativos a los planes de estudio de distintos Grados en Biología	15
4.2. Procedimiento de recogida y análisis de datos relativos al profesorado de Biología y Geología	17
5. Resultados y discusión	20
5.1. Análisis cuantitativo de contenido de los planes de estudio de distintos Grados en Biología	20
5.2. Análisis estadístico a través de un cuestionario sobre aceptación y conocimiento de la teoría de la evolución para profesorado en formación	22
5.3. Análisis estadístico a través de un cuestionario sobre aceptación y conocimiento de la teoría de la evolución para profesorado en ejercicio	25
5.4. Triangulación de los resultados	28
6. Conclusiones	29
7. Bibliografía	31
ANEXO I. Cuestionario empleado	37

1. INTRODUCCIÓN

La evolución biológica constituye una teoría ampliamente probada y consolidada en el ámbito científico, que estructura el saber biológico y explica multitud de fenómenos de gran importancia (Futuyma, 1998); sin embargo, hoy en día es todavía un tema controvertido para la opinión pública.

En un sondeo del British Council con motivo del segundo centenario del nacimiento de Charles Darwin en 2009, se revelaba que, en cuatro de las diez naciones estudiadas, un 43-50% de la población afirmaba que los seres vivos habían existido siempre en su forma actual. Mientras en algunos de estos países como Egipto, India o Sudáfrica esto parece deberse a un desconocimiento de la idea de la evolución biológica, en otros como EEUU, las causas tienen un cariz religioso. Y es que, a pesar de que en 1996 el Papa Juan Pablo II ya afirmara que la evolución biológica es compatible con la creencia en Dios para la Iglesia Católica (Agence France-Presse, 1996), para otras instituciones religiosas no es así y casi un tercio de la población estadounidense continúa considerando este fenómeno biológico contrario a su fe (British Council, 2009; Milosevic-Brockett, 2004).

A este respecto, el caso de España es diferente. Aunque la teoría causó controversia con su llegada a finales del siglo XIX y fue activamente perseguida y confrontada a la fe católica durante la dictadura franquista (Blázquez Paniagua, 2011), ya en la pasada década solo un 18% de las personas encuestadas en el mencionado estudio británico defendía la inmutabilidad de las especies (British Council, 2009) y, más recientemente, en 2020, en otro sondeo entre estudiantado universitario se probaba que la aceptación de la teoría de la evolución (en adelante, TE) alcanza valores en torno al 87,2% (Gefuell *et al.*, 2020).

El mayor escollo en nuestro caso no parece ser, por tanto, este grado de aceptación, sino el nivel de conocimiento sobre la evolución biológica; ya que, incluso en dicha muestra constituida por alumnado de educación superior, la puntuación media obtenida en un test estandarizado sobre el grado de conocimiento es de un 5,4/10 (Gefuell *et al.*, 2020). Ante este dato, la comunidad científica reclama una mayor presencia de la evolución en los *currícula*, llegando incluso a la redacción de un manifiesto por parte de la SESBE (Sociedad Española de Biología Evolutiva) y suscrito por multitud de otras sociedades científicas a nivel nacional (Varias sociedades científicas españolas, 2020).

Con todo y con eso, la necesidad de reforzar el contenido que sobre la evolución biológica se imparte en las aulas españolas no tiene únicamente una justificación social, sino también didáctica. Desde una perspectiva constructivista del aprendizaje, se defiende que un contenido idóneo es aquel que cuenta con significatividad lógica y psicológica; es decir, que establece relaciones coherentes con el resto de contenidos y con las ideas previas del alumnado, respectivamente (Ausubel *et al.*, 1993). Y la evolución biológica, tal y como explicamos a continuación, se vuelve a revelar en este sentido como un contenido idóneo.

En primer lugar, en cuanto a la significatividad lógica, la teoría evolutiva ha sido ya señalada numerosas veces como una de las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2010), central o estructuradora de todo el saber biológico, dando lugar a citas célebres, como la de Theodosius Dobzhansky (1973), que aseguraba que «nada tiene sentido en la Biología excepto bajo el prisma de la evolución»; u otra de Francisco José Ayala, defendiendo que «la teoría de la evolución [...] ocupa una posición central en la Biología» (Soler, 2003). A pesar de ello, la Biología se presenta a

menudo como una ciencia descriptiva y dogmática, construida por el compendio de innúmeros estudios de casos aislados, privándola así de la estructura lógica, más próxima al conocimiento científico real, que podría otorgarle la TE (Barberá, 1992).

En segundo lugar, sobre la significatividad psicológica, cabe decir que también existe la necesidad de otorgar a la evolución una mayor presencia y centralidad en la enseñanza de la Biología para poder encauzar ideas alternativas del alumnado, más próximas al lamarquismo, que se ha constatado que posee ya desde edades tempranas (Ceballos *et al.*, 2017). Lo que no nos debe extrañar, pues el fenómeno evolutivo es un tema lógicamente muy presente, que se trata con poco rigor en medios de divulgación científica audiovisual (Gamonal y Poyato Ariza, 2018), cuanto más en otro tipo de textos. Además, la TE es una realidad que afecta a nuestra vida de forma cotidiana, algo que los propios alumnos y alumnas reconocen (Rivas y González García, 2016) y que denota un cierto grado de motivación e interés por este contenido que contribuye también a reforzar su significatividad psicológica.

Por estos motivos, más allá de los investigadores e investigadoras de las Ciencias de la Vida, también se insta a una revisión del tratamiento de la evolución biológica en las aulas desde la Didáctica de las Ciencias, pues su presencia tanto en el currículo, como en los libros de texto parece ser insuficiente en todos los niveles educativos (Barberá *et al.*, 2011; Castro Nogueira, 2007; Sánchez *et al.*, 2017; Vázquez Ben y Bugallo Rodríguez, 2020).

En resumen, observamos una preocupación común en estudios previos sobre la enseñanza de la TE y, en particular, sobre su tratamiento en los libros de texto y en el currículum. Sin embargo, no encontramos estudios que analicen la formación del profesorado (en formación y en ejercicio) y sus ideas previas, las posibles causas de este tratamiento curricular por parte de la Administración, el contexto de los centros a este respecto, los recursos empleados para la impartición de estos contenidos, cómo trata la nueva ley educativa LOMLOE esta temática, etcétera. Es por ello que este Trabajo Fin de Máster (en adelante TFM) pretende indagar acerca de la formación del profesorado de Educación Secundaria sobre la TE, qué saben sobre evolución los docentes de Educación Secundaria en ejercicio y qué factores condicionan su grado de conocimiento.

2. MARCOTEÓRICO

2.1. Estudios previos sobre la enseñanza de la teoría de la evolución

Como ya se ha expuesto en la introducción, existe una preocupación por el tratamiento actual de la TE en las aulas españolas que se manifiesta también en una serie de estudios que sobre el tema se han venido realizando desde finales de la década de los 90 en nuestro país (ver Tabla 1).

Por orden cronológico, se describen algunos de los estudios más relevantes en este campo. Podemos considerar a Banet Hernández y Ayuso Fernández de la Universidad de Murcia como los primeros en tratar el tema en artículos sobre la enseñanza de la genética y la evolución de forma conjunta en 1998 (Ayuso Fernández y Banet Hernández, 1998, 2002, 2009; Ayuso Fernández, 2000).

Tabla 1. Principales estudios sobre la enseñanza de la TE en nuestro país.

UNIVERSIDAD	AUTORES/AS	PERIODO DE PUBLICACIÓN	TIPOLOGÍA DE PUBLICACIONES	TEMÁTICA
Universidad de Murcia	Banet Hernández y Ayuso Fernández	Desde 1998 hasta 2009	Tesis y artículos	Herencia biológica y evolución
Universitat de València	Barberá Marco	Desde 2009 hasta 2011	Artículos y contribuciones en congresos	Conceptos y teorías en la Biología
Universidad de Granada	González García	Desde 2015	Artículos	Conceptos de Biología en la educación obligatoria
Universidade da Coruña	Bugallo-Rodríguez y Vázquez-Ben	Desde 2015 hasta 2018	Tesis, artículos y contribuciones en congresos	Análisis del currículo
Universidade de Vigo	Gefaell	Desde 2020	Artículos	Grado de aceptación y conocimiento sobre la TE

Algo más adelante, en 2003, se editó un libro titulado *Evolución: La Base de la Biología* (Soler, 2003) con el fin de ser el primer manual para la enseñanza de la Biología Evolutiva en las universidades españolas. En su prólogo, escrito por el célebre evolucionista Francisco José Ayala, ya se compara la educación superior estadounidense con la española a este respecto y se reclama una mejora de esta.

Más tarde, Barberá Marco (2011) retomaría el estudio de la cuestión en una serie de artículos en los que presentaba el papel de las teorías y conceptos en la Biología. No obstante, hasta 2015 no apareció un grupo de investigación en la Universidad de La Coruña especializado sobre el tema y compuesto por Bugallo Rodríguez y Vázquez Ben, que revisan los currículos de la Educación Primaria y Secundaria en profundidad y plantean propuestas para implementar en las distintas enseñanzas (Vázquez Ben y Bugallo Rodríguez, 2015, 2017, 2018a, 2018b, 2020, 2022). Entre tanto, también otros autores, como González García (2016, 2017) se dedicaron concretamente al estudio de la enseñanza de la evolución biológica en nuestro país.

Por otra parte, en 2017, se celebra en Sevilla el X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias en cuyas actas encontramos multitud de contribuciones sobre el tema, en concreto, sobre la presencia del contenido en el currículum o las percepciones del alumnado de Educación Primaria y Secundaria y de los/as maestros/as (Martínez Rivera, 2016). En ese mismo año, Sanchís Borrás (2017) publica su tesis doctoral *Un estudio sobre el tratamiento de la evolución biológica en Educación Secundaria. Situación actual y propuestas de mejora*.

Debemos mencionar también las importantes contribuciones de la SESBE. En su página web y en su boletín podemos encontrar referencias a varios artículos sobre la enseñanza de la evolución y algo de contenido que nos podría ayudar a emprender la tarea de impartirla. Además, ya recientemente, en 2020, encontramos un estudio de Gefaell *et al.*, impulsado por la sociedad, sobre la aceptación y el grado de conocimiento de la teoría en alumnado universitario y un manifiesto ulterior en el que expresan «la necesidad de una revisión de los contenidos sobre evolución en los planes de enseñanza preuniversitarios» (Varias sociedades científicas españolas, 2020).

Por último, señalamos también como antecedentes los trabajos realizados anteriormente por parte del autor y las autoras de este TFM, que han contribuido igualmente al estudio de la enseñanza de la TE. Les dedicamos a continuación un espacio separado por su mayor influencia en el presente estudio.

2.2. Antecedentes directos del presente estudio

El estudio de la enseñanza de la TE ha sido, desde hace algunos años, un tema de interés para el equipo de trabajo de este TFM. Atestiguan este interés una serie de textos que cuentan con una implicación especial en el presente estudio y que describimos en las siguientes líneas.

En primer lugar, el Trabajo Fin de Grado (en adelante, TFG) de Zambruno (2021), titulado *¿Cómo enseñar la evolución?*, en el que se plantea una propuesta educativa sobre la enseñanza de la TE en forma de unidad didáctica, destinada a los primeros cursos del Grado en Biología. En dicha unidad, se presentan de forma sintética los aspectos más relevantes de la teoría, en base a una revisión exhaustiva de diferentes manuales de referencia.

En segundo lugar, encontramos diferentes TFFGG dirigidos por Paula Daza Navarro, como *Coeducación y ciencia: una programación de evolución en Educación Primaria* (Cantos Muñoz y Daza Navarro, 2014), *Evolución, darwinismo social y Educación Especial* (Boza Ramírez y Daza Navarro, 2016) o *El conocimiento de la teoría de la evolución por el estudiantado de la Universidad de Sevilla* (García de Augusto y Daza Navarro, 2020). En este último estudio, se pasa un cuestionario a 263 alumnos y alumnas de la Universidad de Sevilla, pertenecientes a distintos grados (Biología, Bioquímica, Ingeniería de la Salud, Filología, Psicología Y Educación Primaria), y se analizan las ideas y conocimientos de los participantes sobre la TE, comprobando en qué medida la condición religiosa puede determinar dichas ideas. Consideramos este TFG de especial importancia porque, como veremos más adelante, emplea el mismo instrumento de recogida de datos que el presente TFM. De hecho, como también veremos más adelante, los datos correspondientes a una de nuestras muestras han sido directamente extraídos de este estudio.

Finalmente, también consideramos como antecedente directo, la reciente contribución en el XXX Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales donde se investiga acerca de los Grados en Biología de las universidades españolas a partir del análisis de contenido en los planes de estudio (Zambruno, Morón Monge y Daza Navarro, 2022).

2.3. El tratamiento de la teoría de la evolución desde el currículum de Educación Secundaria

Según Blázquez Paniagua (2011), la evolución biológica aparece por primera vez en los currículos educativos españoles para la «segunda enseñanza» durante la dictadura de Primo de Rivera en 1927, aunque el contenido es rápidamente retirado hasta 1934 cuando, entrada la Segunda República, vuelve a aparecer.

En el cuestionario oficial de 1935 el tema se trata ampliamente para, de nuevo, censurarse por completo durante las cuatro décadas de régimen franquista hasta llegar a 1975, por incompatibilidad con el dogma católico. En ese momento, el plan de estudios de la LGE (Ley General de Educación), aunque promulgada durante la dictadura, ya incluía un epígrafe dedicado a «la evolución y el origen del hombre» en 1º de BUP. Tres años más tarde, ya en los albores de la democracia, el currículo para COU también incorporó someramente la evolución entre sus contenidos (Blázquez Paniagua, 2011).

Hasta este momento, los contenidos relacionados con la TE se remitieron a la educación postobligatoria, para los itinerarios especializados en ciencias experimentales. Sin embargo, la LOGSE (Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo), la primera ley educativa de la democracia, ya incluyó un bloque dedicado a «Genética y Evolución» al final del temario de la asignatura de Biología y Geología, de carácter obligatorio en 4º de la ESO en su última versión del currículo para esta etapa (Real Decreto del 3 de agosto de 2001). De esta misma manera, lo hacía dos años más tarde la LOCE (Ley Orgánica de Calidad de la Educación), aunque sin llegar nunca a implantarse (Real Decreto del 27 de junio de 2003).

Es a partir de 2006 y hasta nuestros días, con la LOE (Ley Orgánica de Ordenación de la Educación) y la LOMCE (Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa), cuando se da un *paso atrás*; puesto que en ambas se recoge para 4º de ESO un bloque que trata con cierta profundidad el fenómeno biológico, pero en una asignatura de carácter optativo y, por tanto, únicamente cursada los alumnos y alumnas del itinerario de ciencias (Marco Castaño y Ordóñez Rodríguez, 2009; Vázquez Ben y Bugallo Rodríguez, 2020).

Llegados a la actualidad más reciente, vemos como en el presente año se promulgan los reales decretos que concretan la ley educativa que comenzará a estar vigente el próximo curso escolar, la LOMLOE (Ley Orgánica de Mejora de la Ley de Ordenación de la Educación). En ellos, los contenidos relativos a la TE para la Educación Secundaria vuelven a relegarse a un único bloque de contenidos en el que conviven «Genética y evolución» que se imparte en las aulas de cuarto curso, cuando la materia de Biología y Geología es de carácter optativo (Real Decreto del 29 de marzo de 2022).

A pesar de este currículo ser redactado con posterioridad a la publicación del ya mencionado manifiesto en el que multitud de sociedades científicas españolas instan a la ampliación de estos contenidos (Varias sociedades científicas españolas, 2020), el texto parece consolidar una tendencia que se ha venido observando desde la LOE: reducir los contenidos relativos a la TE al último tema de uno de los últimos bloques de una asignatura optativa del último curso de la ESO, en vez de otorgarles un papel central y estructurador de la materia desde el primer curso de la secundaria (ver Tabla 2). A continuación, podemos ver cómo, por ejemplo, quedan equiparadas en importancia «las teorías evolutivas de mayor relevancia» con «las principales investigaciones en el campo de la astrobiología» (Real Decreto del 29 de marzo de 2022):

«Asimismo, en la materia en 4º curso se incorporan dos bloques. Por un lado, el bloque 'Genética y evolución', donde se tratan las leyes y los mecanismos de herencia genética, la expresión génica, la estructura del ADN, las teorías evolutivas de mayor relevancia y la resolución de problemas donde se apliquen estos conocimientos. Y, por otro lado, el bloque 'La Tierra en el universo' que incluye los saberes relacionados con el estudio de las teorías más relevantes sobre el origen del universo, las hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra y las principales investigaciones en el campo de la astrobiología.»

Por otra parte, si realizamos nuestro análisis tomando como referencia el conjunto de la asignatura, nos vuelve a parecer contradictorio el lugar asignado a la TE, pues, aunque en dicho documento no aparezca apenas de forma explícita, sí encontramos multitud de elementos curriculares cuya consecución implica necesaria o facultativamente la enseñanza de la misma. Hasta cuatro de las seis competencias específicas de Biología y Geología pueden ser adquiridas con mayor facilidad conociendo la evolución biológica -aunque sea a un nivel elemental- al igual que los criterios de evaluación asociados (ver Tabla 2).

Tomando como ejemplo la competencia específica número cinco (C.E.5. en la Tabla 2), podemos imaginar que nos será más fácil entender los efectos de las acciones humanas en el medioambiente si entendemos el papel del ambiente en la determinación de las distribuciones biogeográficas de las especies; o que nos será más fácil entender la generación de resistencia a los antibióticos si entendemos el mecanismo de la selección natural; ambos fenómenos directamente relacionados con la evolución biológica.

Tabla 2. Síntesis de la presencia en el currículo de elementos relativos a la TE.

BLOQUE DE CONTENIDOS	Bloque D. Genética y Evolución. Se tratan las leyes y los mecanismos de herencia genética, la expresión génica, la estructura del ADN, las teorías evolutivas de mayor relevancia y la resolución de problemas donde se apliquen estos conocimientos.
SABERES BÁSICOS	<p>Relación entre las mutaciones, la replicación del ADN, el cáncer, la evolución y la biodiversidad.</p> <p>El proceso evolutivo de las características de una especie determinada a la luz de la teoría neodarwinista y de otras teorías con relevancia histórica (lamarckismo y darwinismo).</p>
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS (RELACIONADAS)	<p>C.E.1. Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.</p> <p>C.E.2. Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.</p> <p>C.E.4. Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología</p> <p>C.E.5. Analizar los efectos de determinadas acciones sobre el medio ambiente y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas y de la Tierra, para promover y adoptar hábitos que eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, sean compatibles con un desarrollo sostenible y permitan mantener y mejorar la salud individual y colectiva.</p>

**CRITERIOS DE
EVALUACIÓN
(RELACIONADOS)**

C.E.1.3. Analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos representándolos mediante el diseño y la realización de modelos y diagramas y utilizando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería (identificación del problema, exploración, diseño, creación, evaluación y mejora).

C.E.2.2 Contrastar la veracidad de la información sobre temas biológicos y geológicos o trabajos científicos, utilizando fuentes fiables y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, etc

C.E.3.1 Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas utilizando métodos científicos, en la explicación de fenómenos biológicos y geológicos y la realización de predicciones sobre estos.

C.E.3.4 Interpretar y analizar los resultados obtenidos en un proyecto de investigación utilizando, cuando sea necesario, herramientas matemáticas y tecnológicas y obteniendo conclusiones razonadas y fundamentadas o valorar la imposibilidad de hacerlo.

C.E.4.1 Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información proporcionados por el docente, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o recursos digitales.

C.E.4.2 Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos biológicos y geológicos, cambiando los procedimientos utilizados o las conclusiones si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados con posterioridad.

2.4. El modelo comunicativo de la enseñanza como marco para justificar nuestro estudio

A continuación, presentamos un modelo de la enseñanza que, desde la perspectiva de la comunicación, subdivide el acto didáctico en una serie de agentes y textos, consiguiendo facilitar el análisis del estado de la enseñanza de cualquier tema. Por ello, nos servirá para justificar la elección de los objetivos de este TFM más adelante.

Comenzamos contextualizando el modelo. Desde la propia perspectiva de la Biología Evolutiva, la enseñanza en sí puede ser considerada como una forma de herencia que puede aportar elementos que ayuden a una mejor adaptación al medio y a la supervivencia. Ya J. M. Baldwin (1896) diferenciaba dos formas mediante las cuales podemos heredar de individuos existentes funciones que nos ayuden a sobrevivir: la herencia biológica, que se corresponde con el conjunto de caracteres congénitos, y la herencia social, que comprende todas esas características que modifican la probabilidad de sobrevivir y que no son expresamente congénitas, sino fruto de la interacción con otros individuos y la plasticidad fenotípica. Así, los individuos pueden aprehender elementos no congénitos que no podrán transmitir, llegado el momento, a su propia descendencia, a no ser que recreen las condiciones del medio en las que ellos los adquirieron; *i.e.*, propiciando la imitación de conductas, la vivencia de ciertas experiencias, la realización de ciertos razonamientos...

Este tipo de interacciones entre individuos de la misma especie, dentro del cual parece razonable que sean incluidos los procesos educativos en el caso de los seres humanos, constituye en muchos casos un proceso comunicativo con todos los elementos que tradicionalmente se

describen para este desde la semiótica (véase Figura 1; Rodríguez Diéguez, 1985). Por ejemplo, a través de una serie de pautas prefijadas (código) de distinta naturaleza (canales), promoviendo la imitación y la práctica sucesiva con incrementos progresivos de complejidad, suricatos adultos de la especie *Suricata suricatta* (emisores) enseñan a sus jóvenes descendientes (receptores) a capturar e ingerir escorpiones venenosos de manera tal que consigan evitar su efecto ponzoñoso (mensaje; Davis *et al.*, 2012).

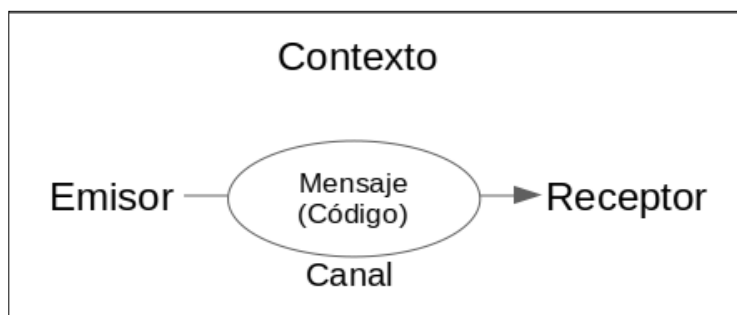


Figura 1. El proceso comunicativo (modificado de Rodríguez Diéguez, 1985).

En consonancia con esta concepción biológica de la enseñanza y el aprendizaje, cabría considerar entonces que estos procesos pueden describirse en el caso de los humanos de la misma forma que para el resto de los seres vivos, como procesos comunicativos que implican una ganancia de función en el receptor del mensaje, aunque asumiendo un mayor grado de complejidad.

En este sentido, las tesis defendidas por J. L. Rodríguez Diéguez (1985) parecen las más adecuadas para guiar el presente estudio. Este autor propone la enseñanza, o acto didáctico, como una actividad concreta dentro de la educación y ésta, a su vez, como un proceso comunicativo (ver figura 2). En concreto, define el acto didáctico como «todo proceso comunicativo con finalidad perfecta y realizado en situación controlada e institucional».

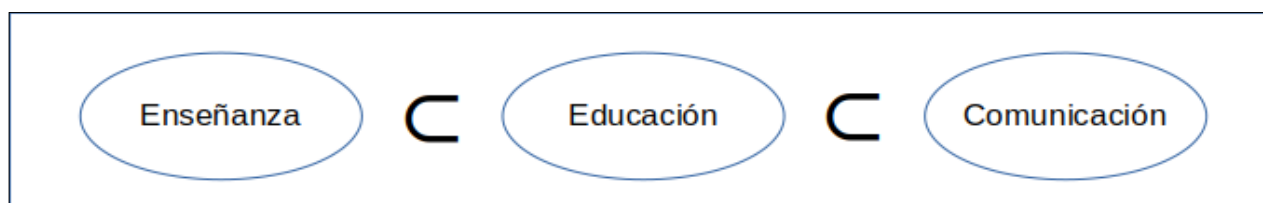


Figura 2. La enseñanza como acto educativo y comunicativo (tomado de Rodríguez Diéguez, 1985).

Esta definición permite analizar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la misma forma que se analizan los procesos comunicativos, identificando los elementos anteriormente especificados en la figura 1 y preguntándose por la ilocución (intención del emisor) y la perlocución (efecto en el receptor) de dicho acto comunicativo (Rodríguez Diéguez, 1985).

Al igual que en el caso de la representación de una obra teatral, en la que el autor escribe la obra que el director lee y adapta en un cuaderno que entrega a los actores que la interpretan para el público, se podría entender la enseñanza como un extenso acto comunicativo dividido en sucesivos pasos. En cada paso se transmite un mensaje diferente que, por su finalidad perfecta, puede quedar bien representado por una lista de méritos esperados o currículo.

De esta manera, tal y como podemos observar en la Figura 3, la Administración se comunica con el profesorado a través de la redacción de un texto legislativo denominado currículum-oficial y el profesorado transforma este texto, elaborando un segundo en consecuencia, que transmite al alumnado, el currículum-práctico (Postner, 1998).

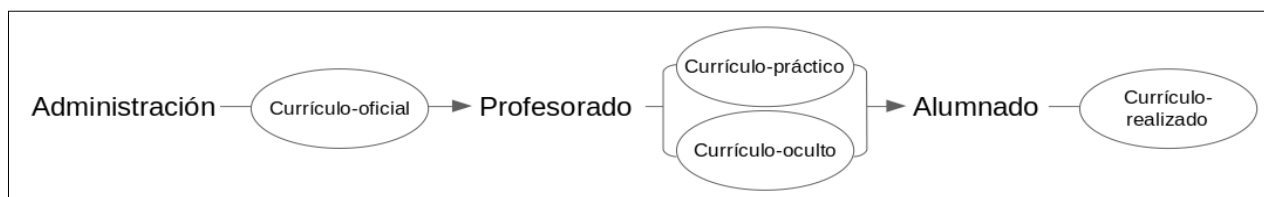


Figura 3. Los elementos del acto didáctico (elaboración propia).

Las intenciones de la Administración (la primera ilocución) con la redacción del currículum-oficial (regular la enseñanza, generar un determinado perfil ciudadano...) ven sus primeros efectos (la primera perlocución) en la suma del currículum-práctico y el currículum-oculto («actitudes y valores captados y compartidos por los alumnos y maestros en la atmósfera escolar») del profesorado. A su vez, el profesorado cuenta con una serie de intenciones (la segunda ilocución) en la redacción de su currículum-práctico que ven sus efectos en el currículum-realizado del alumnado (la segunda perlocución), es decir, en los logros conseguidos por el mismo (Postner, 1998; Rodríguez Diéguez, 1985).

En resumen, desde esta perspectiva, si se desea estudiar el estado de la enseñanza de un determinado aspecto, se debería analizar la forma en la que este es transmitido a lo largo de todo el proceso comunicativo descrito; o sea, se deberían analizar tanto los emisores (Administración y profesorado) y sus intenciones, como los mensajes emitidos (los distintos currículos), los canales y códigos empleados para ello, el contexto en el que se produce la transmisión o los propios receptores (profesorado y alumnado) y los efectos del mensaje en los mismos. En la tabla 3 se explicita qué es lo que habría que estudiar en cada uno de los casos.

Finalmente, desde esta perspectiva biológica y comunicativa, podemos entender como el aprendizaje puede definirse como la modificación de la conducta en base a las experiencias vividas, siendo la enseñanza en términos generales un tipo de actividad comunicativa natural, cuyo estudio puede ser realizado de forma rigurosa, si se entiende como un gran acto comunicativo.

Tabla 3. Posibles objetos de estudio para cada uno de los currículos del acto didáctico.

TEXTO	Currículo-oficial	Currículo-práctico	Currículo-oculto
EMISOR	Las características de la Administración competente	Las características del profesorado	Las características del profesorado
ILOCUCIÓN	Los objetivos y justificaciones del texto	Los objetivos y justificaciones del texto	Los valores y concepciones del profesorado
MENSAJE	El propio currículum-oficial	El propio currículum-práctico	La práctica docente

CANAL	Los boletines oficiales y los medios por los que llegan al profesorado	Los materiales y métodos empleados para la enseñanza	Los materiales y métodos empleados para la enseñanza
CÓDIGO	La lengua española	Los códigos empleados en la práctica docente (verbales y no verbales)	Los códigos empleados en la práctica docente (verbales y no verbales)
CONTEXTO	El contexto social (nacional, autonómico y global) y el contexto laboral del profesorado	Los centros educativos y el contexto local	Los centros educativos y el contexto local
RECEPTOR	Las características del profesorado	Las características del alumnado	Las características del alumnado
PERLOCUCIÓN	El currículo-práctico y el currículo-oculto	El currículo-realizado	El currículo realizado
TEXTO	Currículo-oficial	Currículo-práctico	Currículo-oculto

3. PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Con la finalidad de justificar la elección de los objetivos de nuestro estudio, a continuación vamos a intentar enfrentar distintas informaciones dadas a lo largo del marco teórico.

Para empezar, según el modelo comunicativo de la enseñanza expuesto, si pretendemos estudiar exhaustivamente el estado de la enseñanza de un determinado tema, debemos analizar todos los agentes y textos reflejados en la figura 3. Sin embargo, esta labor de investigación conllevaría una dedicación, en tiempo y esfuerzo, que excede la correspondiente a un TFM. Además, atendiendo a los estudios previos que ya han sido realizados sobre esta temática, podemos comprobar que algunos de estos elementos ya han sido estudiados anteriormente (véase Figura 4), por ejemplo: el currículo-oficial para todas las etapas, las ideas previas del alumnado de Educación Primaria o el nivel de conocimiento y aceptación del alumnado universitario. Por tanto, lo que parece más razonable es elegir un único elemento para una única etapa, de entre los aspectos que no han sido todavía estudiados, y contribuir con su análisis a la búsqueda de soluciones frente al problema expuesto en la introducción.

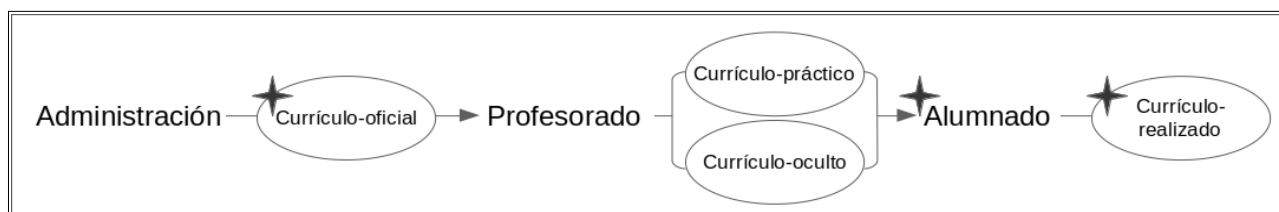


Figura 4. Los elementos del acto didáctico. Marcados con una estrella aquellos que ya han sido estudiados para la enseñanza de la TE.

De esta manera, en consonancia con nuestro marco teórico, enumeramos de forma sintética sobre qué aspectos o temáticas relativos a la enseñanza de la TE es todavía necesario indagar o seguir profundizando en nuestro país (ver figura 4):

- i. La Administración emisora del currículo, sus características y motivaciones.
- ii. Los canales y el código empleados para la transmisión del currículo-oficial.
- iii. El contexto social de los distintos textos.
- iv. El profesorado.
- v. El currículo-práctico, programaciones didácticas reales.
- vi. El currículo-oculto, mediante observación de la práctica docente.
- vii. El contexto de los centros educativos.
- viii. Los materiales y métodos empleados para la enseñanza.

Seguimos escogiendo una de estas distintas cuestiones de estudio. En el presente trabajo vamos a estudiar el profesorado (punto iv), centrándonos en su grado de conocimiento, por considerar que es uno de los elementos de mayor relevancia dentro de esta lista. Y, por último, acotamos a una etapa educativa: la Educación Secundaria; dado que, tal y como se ha expuesto anteriormente, es únicamente en esta etapa donde el currículo-oficial contempla explícitamente la TE. Aunando estos elementos, podemos por tanto formular la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué grado de conocimiento sobre la TE posee el profesorado de secundaria que la enseña y qué factores lo condicionan?

Para dar respuesta a esta pregunta principal de investigación, la hemos desglosado en varias sub-preguntas, poniendo el foco en la formación inicial y seleccionando una serie de posibles factores relacionados con esta:

P1. ¿En qué medida se estudia la TE en el Grado de Biología de las universidades españolas?

P2. ¿Cuál es el grado de conocimiento sobre la TE con el que accede el docente de secundaria del área de Biología y Geología (profesores en formación)? ¿Depende de la titulación universitaria que cursa, de su edad o de su grado de aceptación de la propia teoría?

P3. ¿Cuál es el grado de conocimiento sobre la TE que posee el profesorado de secundaria del área de Biología y Geología (profesores en ejercicio)? ¿Depende de la titulación universitaria que cursó, de su edad o de su grado de aceptación de la propia teoría?

P4. ¿Cómo afecta la formación inicial recibida? ¿En qué medida existen diferencias entre el profesorado en formación y en ejercicio?

En consecuencia, nos marcamos igualmente cuatro grandes objetivos de este estudio, en los cuales el objetivo último (O4), nos permite interpretar los resultados en base a los datos obtenidos en las sub-cuestiones anteriores. En la Tabla 4, se recoge de forma esquemática la relación de las preguntas de investigación y objetivos, así como sus instrumentos de recogida y análisis de datos.

- ✓ **O1.** Analizar los planes de estudio de los Grados con los que acceden a ser docentes de secundaria, centrándonos en el Grado de Biología.
- ✓ **O2.** Identificar el grado de conocimiento sobre la TE del profesorado de secundaria de Biología y Geología en formación y si ello depende de la titulación que cursa, de su edad o de su grado de aceptación de la propia teoría.
- ✓ **O3.** Identificar el grado de conocimiento sobre la TE del profesorado de secundaria de Biología y Geología en ejercicio y si ello depende de la titulación que cursó, de su edad o de su grado de aceptación de la propia teoría.
- ✓ **O4.** Contrastar diferencias significativas entre ambos grupos de docentes para determinar posibles necesidades educativas.

Tabla 4. Relación entre las preguntas de investigación, los objetivos del trabajo e instrumentos de recogida de datos y análisis

PREGUNTA	OBJETIVO	INSTRUMENTO DE RECOGIDA DE DATOS	INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS
P1.	O.1	Criterios de selección de asignaturas	Análisis de contenido y estadísticos descriptivos
P2.	O.2	Cuestionario de preguntas cerradas	Estadísticos descriptivos y prueba T de comparación de medias de dos muestras
P3.	O.3	Cuestionario de preguntas cerradas	Estadísticos descriptivos y prueba T de comparación de medias de dos muestras
P4	O.4	Triangulación de los datos obtenidos en P1, P2, P3 e interpretación de los mismos en base a la bibliografía	

El atender a estos objetivos nos permitirá aproximarnos al nivel de conocimiento que posee el profesorado de secundaria y comprobar si los factores estudiados afectan o no al mismo, con la finalidad última de contribuir al estudio del estado de la enseñanza de la TE en nuestro país.

4. METODOLOGÍA

Antes de describir los instrumentos y métodos empleados en este TFM, comenzaremos señalando el área concreta de investigación a la que pertenece. Como puede deducirse a partir de todo lo descrito anteriormente, nuestro estudio versa sobre la enseñanza de la TE, una teoría científica. Es decir, estudiamos una temática específica de las Ciencias Experimentales, pero la abordamos desde el ámbito educativo. Por ello, nuestra investigación se enmarca dentro de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, una disciplina incluida en las Ciencias Sociales.

En la investigación dentro de este área existen tres enfoques: el positivista, el humanista y el crítico (Ortiz Ocaña, 2015); no obstante, tal y como defiende Bericat Alastuey (1998), lo más recomendable es imbricar unos y otros para enriquecerlos. Por ende, nos hemos decantado por emplear metodologías más próximas al paradigma cuantitativo, pero desde un enfoque

humanista o interpretativo, pues estudiamos una realidad social concreta y la interpretamos en base a un marco teórico propio (Rodríguez y Valldeorola, 2007).

Con relación a los métodos e instrumentos de análisis empleados, distinguimos entre aquellos de carácter cualitativo e interpretativo y aquellos de carácter descriptivo y cuantitativo, tal y como se detallan en la Tabla 4. Cabe señalar que, en aquellos casos en los que se realiza un análisis estadístico, se siguieron los procedimientos recomendados en el manual de estadística de Pérez Santamaría *et al.* (1993).

A continuación, atendiendo a los objetivos de nuestro estudio, presentamos el proceso de recogida de datos, así como de criterios seguidos para el análisis de los planes de estudio del Grado en Biología y para el análisis del grado de conocimiento del profesorado (en formación y en ejercicio) de Biología y Geología en Educación Secundaria.

4.1. Procedimiento de recogida de documentos y criterios de análisis de contenido relativos a los planes de estudio de distintos Grados en Biología

Con el fin de caracterizar la formación inicial en Biología Evolutiva de los profesores y profesoras de Biología y Geología de ESO, realizamos un análisis cuantitativo de contenido de los planes de estudio de los Grados en Biología, mediante el establecimiento de una serie de criterios que se especifican más adelante, en busca de contenidos relacionados con la TE (López Noguero, 2002). Escogimos esta titulación por ser la que *a priori* puede tomarse como referente para la enseñanza de la evolución biológica.

En primer lugar, acotamos la búsqueda a estudios de Grado en Biología ofertados en el territorio español y únicamente de universidades públicas, ya que según los datos del Ministerio de Universidades del 2021 el 96,74% del estudiantado, que se matriculó el pasado curso 2020-21 en estudios de la rama de ciencias, fue en este tipo de universidades. Gracias a la utilidad de «Consulta de universidades» del Registro de universidades, centros y títulos del Ministerio de Universidades del Gobierno de España (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2022) se obtuvo el catálogo de todas las universidades públicas del país, obteniendo un total de 56 universidades, 24 de las cuales ofertan el «Grado en Biología» (véase Figura 5).

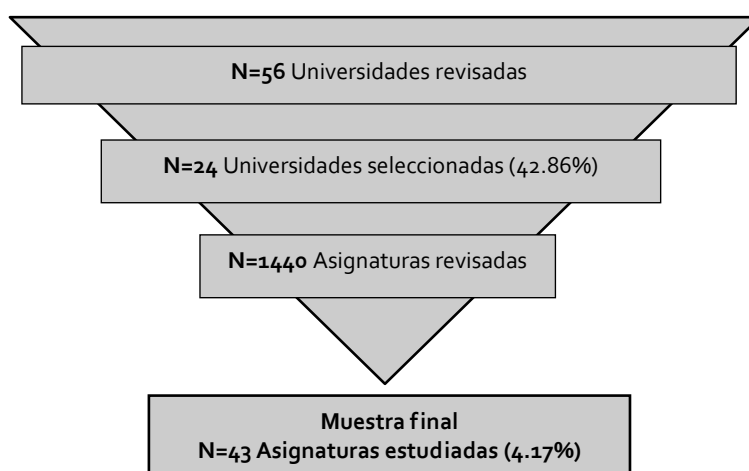


Figura 5. Proceso de selección de la muestra final.

Tras esto, pasamos a consultar los planes de estudio de las 24 universidades obtenidas. En segundo lugar, para seleccionar las asignaturas de los distintos grados en Biología, atendimos a tres grandes criterios:

- **Criterio (i).** Aquellas asignaturas que estrictamente en sus títulos hicieran alusión de forma *explícita* a términos relacionados con la TE («evolución» o cualquier otra forma léxica) y sin entrar a revisar sus proyectos docentes.
- **Criterio (ii).** Igualmente, aunque el primer criterio no lo cumplieren asignaturas como «Conceptos básicos de la Biología» o «Biología General» también fueron revisadas, dado que la evolución es reconocida como uno de los saberes básicos de la Biología (Futuyma, 1998; Soler, 2003). Por tanto, en estos casos en particular, sí accedimos a los proyectos docentes para revisar si aparecía (o no) contenido explícito sobre la TE y, en caso afirmativo, pasar a incluir la asignatura en el cómputo.
- **Criterio (iii).** Asignaturas *relacionadas* con la TE, como aquellas cuyo nombre hiciera referencia directa al fenómeno de la *adaptación* o a la *filogenia*.

Señalar que en esta revisión no se hicieron distinciones entre títulos en castellano, catalán o gallego. De esta forma, de las 1440 asignaturas revisadas de las 24 universidades seleccionadas, solo un 4,17% (n=43) cumple alguno de estos tres criterios de selección, quedando recogidos sus títulos y frecuencia en la Tabla 5. La Universidad de Sevilla fue la única universidad que quedó fuera de la muestra, al no encontrarse ninguna asignatura que cumpliera los criterios anteriores. Además, de estas 43 asignaturas se anotó su carácter (obligatoria u optativa), el número de créditos ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*) correspondientes, el número de créditos ECTS totales del Grado en el que es impartida (240 créditos en todos los casos estudiados) y la universidad a la que pertenecía.

Tabla 5. Títulos y frecuencias de las asignaturas seleccionadas como muestra de estudio.

Nombre de la asignatura	Frecuencia
Evolución	7
Biología Evolutiva	6
Genética Evolutiva	5
Evolución Humana	3
Genética de Poblaciones y Evolución	2
Adaptaciones Fisiológicas al Medio	1
Adaptaciones Funcionales al Medio	1
Evolución Animal	1
Evolución Molecular	1
Evolución, Diversidad y Actividades Microbianas	1
Herencia y Evolución	1
Historia de la Biología y Evolución	1
Inmunología Evolutiva y Sanitaria	1
Paleoecología, Macroevolución y Diversificación	1
Palentología y Evolución	1
Prácticas de Evolución	1
Principals Transicions Evolutives	1
Processos i Mecanismes Evolutius	1
TOTAL	43

4.2. Procedimiento de recogida y análisis de datos relativos al profesorado de Biología y Geología

4.2.1. Participantes y contexto

En este estudio hemos considerado dos muestras diferentes: una de profesores y profesoras de Biología y Geología de secundaria en ejercicio y otra de estudiantes de grados universitarios afines a la disciplina que pueden considerarse como profesorado en formación. En ambos casos, se trata de una muestra de conveniencia, recogida a lo largo del curso académico 2021-2022. A continuación, pasamos a describirlas por separado:

Profesores en formación. Han participado 101 personas (53 mujeres, 45 hombres y tres personas que se adscribieron a respuestas alternativas en esta pregunta) cuyas edades se encuentran comprendidas entre los 18 y los 29. Todas son estudiantes de la Universidad de Sevilla de los grados en Biología, Bioquímica o Ingeniería de la Salud que, por tanto, poseen como mínimo un título de estudios secundarios por el itinerario de Ciencias Experimentales, Ciencias Sociales y/o Humanas y Tecnológico. Estos y otros datos sobre la muestra se reflejan en la Tabla 6.

Tabla 6. Descripción de la muestra «profesores en formación».

Tamaño muestral	101 personas
Rango de edad	18-29 años
Distribución del género	53 mujeres (52,48%), 45 (44,55%) hombres y 3 (2,97%) respuestas alternativas
Distribución de la condición religiosa	69 no practicantes religiosos (68,32%) y 32 practicantes religiosos (31,68%)
Nivel académico	Estudios secundarios
Itinerario académico	86 (85,15%) estudiantes de Ciencias Experimentales, 1 (0,99%) estudiante de Ciencias Sociales y/o Humanas y 15 (14,85%) estudiantes de Tecnología
Estudios universitarios que cursan	Biología, Bioquímica o Ingeniería de la Salud

Profesores en ejercicio. Han participado 26 personas (10 hombres y 16 mujeres) cuyas edades se encuentran comprendidas entre los 26 y los 69 años. Todas son profesionales de la enseñanza en la ESO que imparten o han impartido la asignatura de Biología y Geología en centros educativos de Andalucía y cuyos estudios de Licenciatura o Grado fueron realizados en todos los casos en universidades públicas españolas. Resaltamos también que más de un tercio (11/26) de las personas encuestadas son egresados del Grado en Biología de la Universidad de Sevilla y que cerca de un tercio de la muestra se identifica como «practicante religioso». Toda esta información queda recogida en la Tabla 7.

Tabla 7. Descripción de la muestra «profesores en ejercicio».

Tamaño muestral	26 personas
Rango de edad	26-69 años
Distribución del género	16 mujeres (61,5%) y 10 hombres (38,5%)
Distribución de la condición religiosa	10 no practicantes (69,2%) y 8 (30,8%) practicantes religiosos
Nivel académico	Superior o igual a licenciado o graduado
Profesión	Docente de Biología y Geología en ESO

4.2.2. Instrumento de recogida de datos

Para explorar las ideas previas en ambas muestras, hemos seleccionado un cuestionario de preguntas cerradas extraído de Gefaell *et al.* (2020). Tal y como señala Cubero (2000) para el caso del alumnado, el cuestionario de preguntas cerradas puede inducir a respuestas caprichosas y, en comparación con otros instrumentos de indagación, aporta poca información, pues las respuestas están completamente condicionadas al formato y opciones ofrecidos. No obstante, dicho instrumento es también una herramienta muy ágil que permite recoger cómodamente un gran número de respuestas y cuantificar fácilmente los resultados, características muy convenientes dada la naturaleza del colectivo al que nos proponíamos encuestar.

Por otra parte, en lugar de emplear un cuestionario de creación propia, se decidió traducir y utilizar aquel diseñado por Gefaell *et al.* (2020) por dos motivos. En primer lugar, dicha encuesta combina preguntas de otras dos encuestas preexistentes con cierto respaldo en la literatura, *MATE* (*Measure of Acceptance of the Theory of Evolution*; Rutledge y Warden, 1999) y *KEE* (*Knowledge of Evolution Exam*; Moore *et al.*, 2009), que permiten conocer simultáneamente el grado de aceptación y el grado de conocimiento de la TE de los participantes, respectivamente. En segundo lugar, al tratarse de cuestionarios estandarizados y empleados en estudios anteriores, permiten el contraste de los resultados y, por tanto, un mejor análisis posterior. Cabe mencionar que la traducción del cuestionario ya ha sido validada en el estudio de García de Augusto y Daza Navarro (2020).

En resumen, el instrumento empleado finalmente consiste en un cuestionario en castellano de treinta y tres ítems (ver ANEXO I y Tabla 8). Las primeras ocho preguntas están destinadas a identificar las respuestas y caracterizar a los individuos (iniciales, edad, género, nivel e itinerario académico, universidad, titulación y condición religiosa). De estas variables, haremos uso más adelante únicamente del nivel de estudios y de la edad, pues son las que nos pueden ayudar a responder a los objetivos del estudio, al estar más relacionadas con la formación del profesorado. El nivel de estudios se ignoró por ser el mismo para prácticamente la totalidad de los encuestados, es decir, el profesorado en formación proviene del bachillerato y el profesorado en ejercicio es graduado o licenciado.

Las siguientes 17 cuestiones, de tipo escala Likert (valoración del grado de acuerdo del 1 al 5) están destinadas a conocer el grado de aceptación de la TE y giran en torno a seis temas: procesos evolutivos, validez científica de la teoría, evolución humana, visión de la comunidad científica y edad de la Tierra. Finalmente, las últimas ocho preguntas, cuyo objetivo es conocer el nivel de conocimiento de la TE, plantean a los participantes una serie de interrogantes para cada uno de los cuales proporcionan cinco posibles respuestas.

Tabla 8. Estructura del cuestionario.

SECCIÓN	PREGUNTAS	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA
Datos personales	1-8	Edad, género, nivel académico...	Respuesta abierta
Grado de aceptación	9-25	Preguntas procedentes del test <i>MATE</i>	Escala de Likert
Grado de conocimiento	25-33	Preguntas procedentes del test <i>KEE</i>	Respuesta múltiple con cinco opciones

Para hacer más cómoda su realización, el cuestionario fue introducido en la plataforma Formularios de Google (docs.google.com/forms/) y se hizo llegar a los participantes mediante un enlace a través de correo electrónico o Whatsapp.

Complementariamente, en el caso del profesorado en ejercicio, el cuestionario también fue impreso y repartido a alumnado del MAES y personal docente de la Universidad de Sevilla para su posterior entrega a conocidos, profesores y profesoras en ejercicio de Biología y Geología en la ESO.

Cabe señalar que los datos relativos a la primera muestra (profesores en formación) provienen de un estudio anterior del mismo grupo de investigación, el estudio de García de Augusto y Daza Navarro (2020). En él, se encuestaron un total de 263 personas; sin embargo, ahora hemos excluido los datos correspondientes a titulaciones no afines a la disciplina y el resto han sido retomados y analizados nuevamente para este TFM.

4.2.3. Análisis estadístico de los datos

Una vez recogidos los datos, para el análisis de los mismos, se generaron dos hojas de LibreOffice Calc donde se introdujeron separadamente los correspondientes a cada muestra. En el caso de los profesores en ejercicio, se incluyeron indistintamente aquellos datos procedentes de Formularios de Google, que la aplicación los descarga automáticamente en un fichero .xls, y de las encuestas en papel, que se introdujeron manualmente.

Posteriormente, se calcularon las puntuaciones individuales para las preguntas extraídas del test *MATE* y del test *KEE* por separado, siguiendo el mismo procedimiento de Moore *et al.* (2009) y Romine *et al.* (2018), respectivamente. Con el objetivo de facilitar la interpretación de los resultados, más adelante estas puntuaciones se tradujeron proporcionalmente a una escala de 0 a 100.

Por último, empleando las funciones y los filtros automáticos de LibreOffice Calc, se calcularon los valores de distintos parámetros estadísticos (media aritmética y desviación típica) para el total de la muestra y para un par de subgrupos establecidos según las respuestas al primer bloque de preguntas del cuestionario y en consonancia con los objetivos del trabajo. *I.e.*: licenciados/as o graduados/as en Biología y personas con titulaciones diferentes a esta. Más tarde, asumiendo la normalidad de los datos, las muestras se compararon con una prueba T de Student para la comparación de medias de dos muestras independientes.

Además, se elaboraron tres rectas de regresión para cada muestra: puntuación en el test *MATE* frente a la edad, puntuación en el test *KEE* frente a la edad y puntuación en el test *MATE* frente a la puntuación en el test *KEE*. También se evaluó la dispersión en los valores de las respuestas a cada una de las preguntas del cuestionario con el fin de evidenciar aquellas más controvertidas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, presentamos los resultados obtenidos atendiendo a los distintos análisis realizados. Se muestran en primer lugar los resultados del análisis cuantitativo de contenido de los planes de estudio de distintos Grados de Biología y, separadamente, también los del análisis estadístico de los datos relativos al cuestionario sobre aceptación y conocimiento de la TE para profesorado en formación y en ejercicio.

5.1. Análisis cuantitativo de contenido de los planes de estudio de distintos Grados en Biología

En este estudio tan sólo se han empleado técnicas descriptivas de análisis cuantitativo (media, rango y desviación típica). Para ello, se elaboró una matriz con los datos recogidos (véase Figura 6) de las 43 asignaturas revisadas en los planes de estudios de las distintas universidades. Dicha matriz constaba de los siguientes campos: carácter (obligatoria u optativa), número de créditos ECTS y porcentaje de créditos sobre el total del Grado (240 créditos en todos los casos).

ASIGNATURA	UNIVERSIDAD	CARÁCTER	CRÉDITOS	PORCENTAJE
Biología Evolutiva	Alcalá	Optativa	6	2,5
Evolución	→ ...	→ ...	→ ...	→ ...

Figura 6. Ejemplo de la matriz de datos generada.

Posteriormente, estos datos por asignatura fueron agrupados por universidades para agilizar su análisis. La Tabla 9 recogen de forma sintética los resultados medios obtenidos de las 24 universidades estudiadas, desglosando también el rango y la desviación típica de cada conjunto de datos. Se observa, en relación con la frecuencia de asignaturas, que los rangos oscilan entre 0 y 4; esto significa que como máximo podemos encontrar universidades que ofrezcan cuatro asignaturas relacionadas con la TE, lo que supondría aproximadamente un 10% de los créditos del Grado; mientras que otras no ofertan ninguna de estas asignaturas. *A priori*, esta variación puede parecer alta. Sin embargo, a partir de la desviación típica, se observa que la variación es relativamente moderada. Por otra parte, con respecto a los valores medios, podemos decir que en un Grado en Biología de una universidad pública española se ofertan de media una asignatura cuatrimestral obligatoria y otra optativa directamente relacionadas con la TE.

Tabla 9. Resultados medios de las universidades estudiadas.

	Asignaturas por universidad			Créditos por universidad			Porcentaje de créditos en el Grado		
	Media	Rango	σ	Media	Rango	σ	Media	Rango	σ
<i>Totales</i>	1,79	0-4	0,98	10,81	0-24	5,77	4,51	0-10	2,40
<i>Obligatorios</i>	1,08	0-2	0,72	6,50	0-12	4,19	2,71	0-5	1,75
<i>Optativos</i>	0,71	0-4	1,40	4,31	0-24	6,37	1,80	0-10	2,65

Para conocer la frecuencia de asignaturas relacionadas con la TE de cada universidad, la Figura 7 recoge en detalle y ordenado de forma ascendente este dato, comparando las asignaturas optativas y las obligatorias. La Universidad de Barcelona es la que proporciona una mayor formación en cuanto a la TE en su plan de estudios, con dos asignaturas obligatorias de un total de cuatro; seguida de la de Murcia (dos asignaturas obligatorias de tres totales). Por el contrario, en las universidades andaluzas esta temática tiene una menor representación. En concreto, la Universidad de Granada con dos asignaturas obligatorias, es la que tiene mayor representación; las universidades de Jaén y Córdoba presentan una y dos asignaturas optativas relacionadas con la evolución y la Universidad de Sevilla no presenta ninguna asignatura.

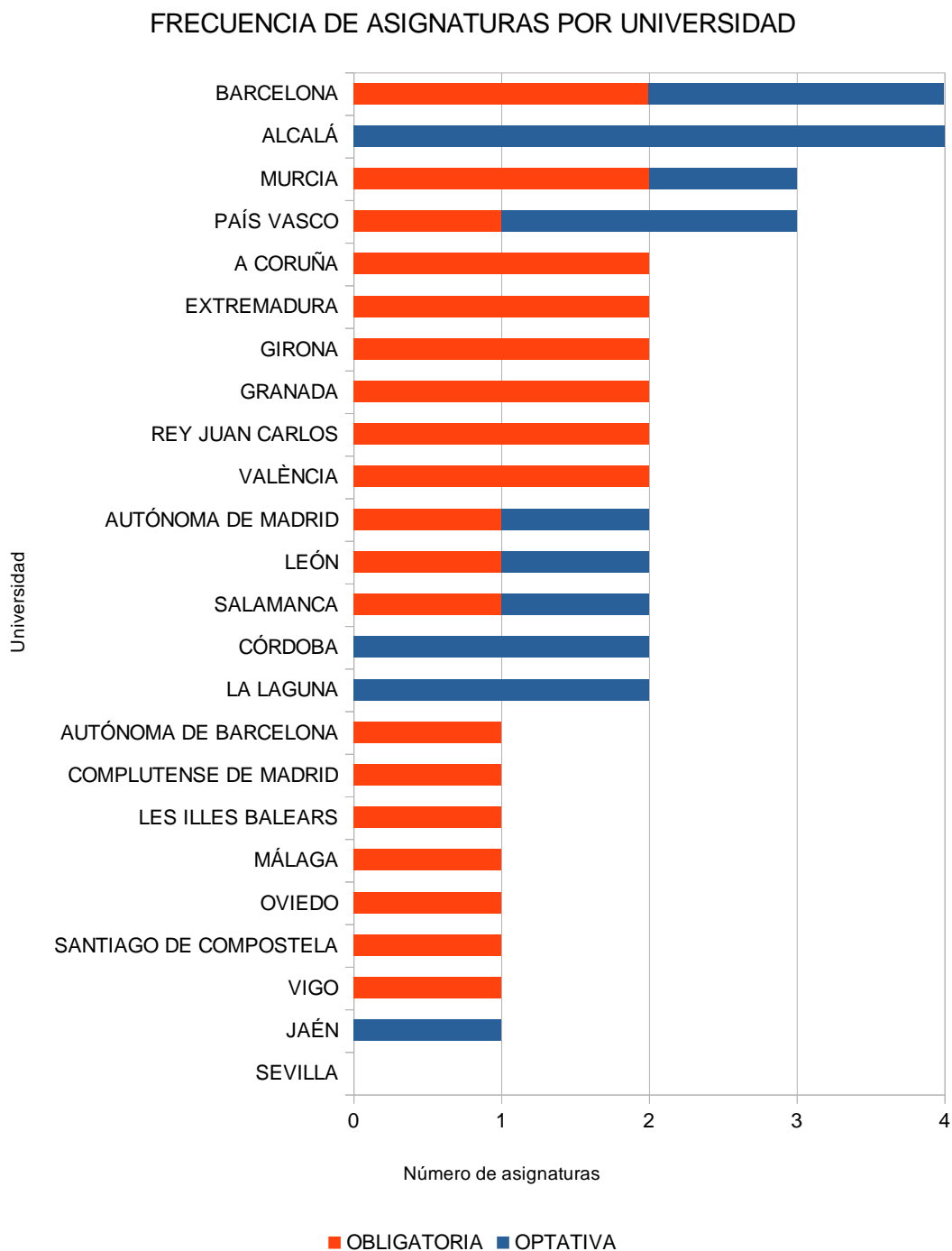


Figura 7. Frecuencia de asignaturas (totales en azul y obligatorias en naranja) por universidad.

Aunque a la vista de los datos anteriores podamos pensar que la situación nacional a este respecto no es preocupante, si los relativizamos con respecto al total de asignaturas de un Grado, nos damos cuenta de que de media en los Grados en Biología de España se dedica menos de un 3% de sus créditos ECTS a asignaturas que expliciten en su título una vinculación a contenidos directamente relacionados con la TE. Esto ya puede parecer insuficiente, teniendo en cuenta que estos contenidos han sido definidos como un saber estructurador y central, frente al que se articulan todos los conocimientos de la disciplina (Futuyma, 1998; Soler, 2003).

Con estos primeros resultados, desde la formación del futuro docente de Biología y Geología de ESO, podemos inferir que, ya a nivel cuantitativo, el tratamiento que se ofrece de la TE es escaso en todo el territorio español y diverso en función de la universidad que oferte el Grado.

5.2. Análisis estadístico a través de un cuestionario sobre aceptación y conocimiento de la teoría de la evolución para profesorado en formación

Dado que el cuestionario empleado estaba compuesto únicamente por preguntas de respuesta cerrada, el análisis en este caso vuelve a ser de tipo cuantitativo y descriptivo, mediante el cálculo de parámetros estadísticos sencillos, como la media o la desviación típica.

En primer lugar, atendemos a las puntuaciones medias de la muestra en los dos tests incluidos en nuestro cuestionario. Como se puede observar en la Tabla 10, esta es bastante alta para el test *MATE*, aunque algo más baja para el test *KEE*. En segundo lugar, mientras la desviación es baja en nuestro primer test, en el segundo es mayor. Por tanto, podríamos concluir que, en general, los participantes demuestran de forma generalizada un alto grado de aceptación de la TE, pero que en lo que respecta al grado de conocimiento el nivel es menor y varía más dentro del grupo. Destacamos que únicamente un 3,96% de los encuestados (4/101) obtuvieron la puntuación máxima en el test *KEE*, un test ideado en un inicio precisamente para alumnado universitario de primer curso (Moore *et al.*, 2009).

Tabla 10. Resumen general de los resultados del cuestionario para profesorado en formación. Medias y desviación típica de los resultados en las preguntas del cuestionario correspondientes con el test *MATE* y el test *KEE* por separado.

	Puntuación test <i>MATE</i>	Puntuación test <i>KEE</i>
MEDIA	88,165 /100	66,460 /100
DESVIACIÓN TÍPICA	7,039	21,208

Más adelante, se pasó a buscar diferencias significativas entre los participantes que dependieran de la titulación que cursaban. Para ello, se establecieron dos subgrupos, estudiando el Grado en Biología y estudiando otra titulación, y se calculó de nuevo para cada uno de ellos la media y la desviación típica. Se realizó una prueba T de comparación de medias de dos muestras y se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, tanto para el test *MATE* ($t= 3,223$; $p<0,05$) como para el test *KEE* ($t=4,76$; $p<0,05$). Esto quiere decir que efectivamente la titulación universitaria que se cursa influye en el resultado del test en nuestra muestra. En este caso, el estudiantado del Grado en Biología obtiene cerca de diez puntos porcentuales más que el estudiantado de otras titulaciones para el test de grado de conocimiento (véase Figura 8).

PUNTUACIÓN EN EL CUESTIONARIO SEGÚN LA TITULACIÓN

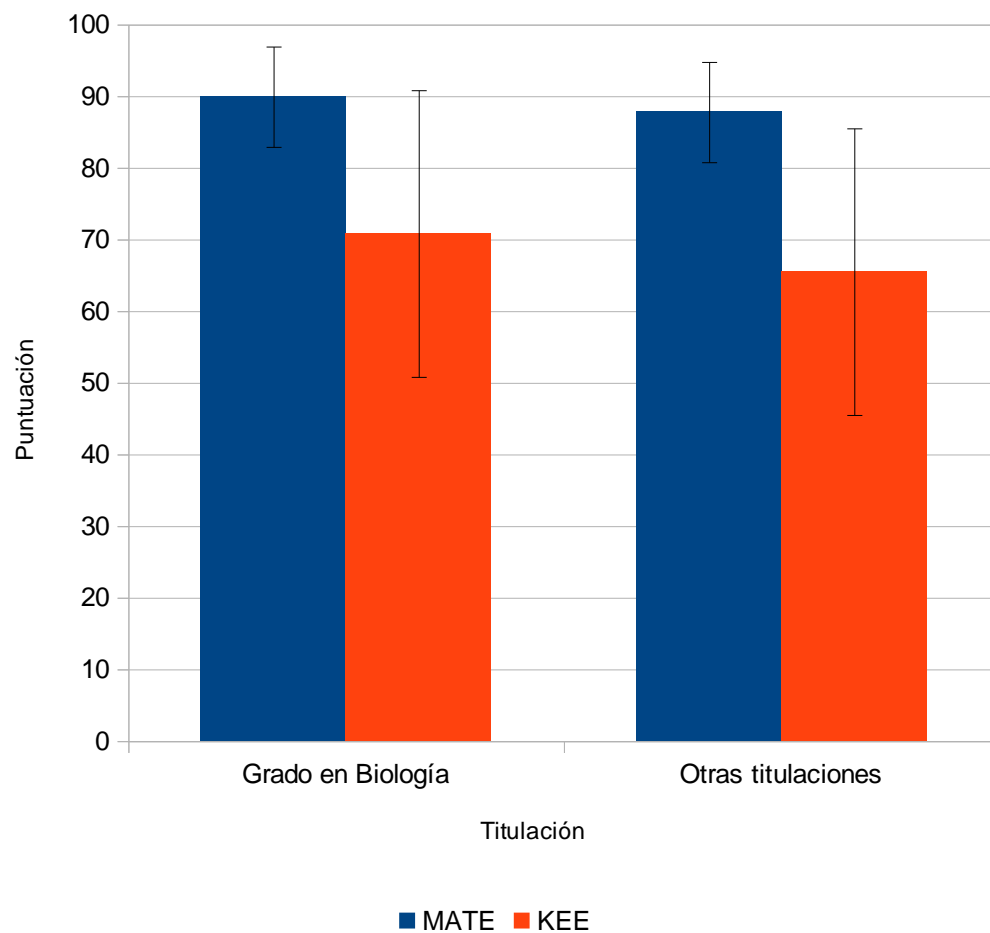


Figura 8. Puntuación en el cuestionario para profesorado en formación según la titulación. Se muestra separadamente la puntuación obtenida en el test MATE (en azul) y test KEE (en naranja). Las líneas de error sobre las barras indican valores de desviación típica aproximados.

Adicionalmente, se calculó la r de Pearson para comprobar si las puntuaciones de los tests *MATE* y *KEE* mostraban una relación entre sí estadísticamente significativa, y así fue ($r= 0,438$; $tc= 4,85$; $p<0,05$). La Figura 8 muestra esta relación positiva: mayores puntuaciones de un test se asocian con también mayores puntuaciones en el otro.

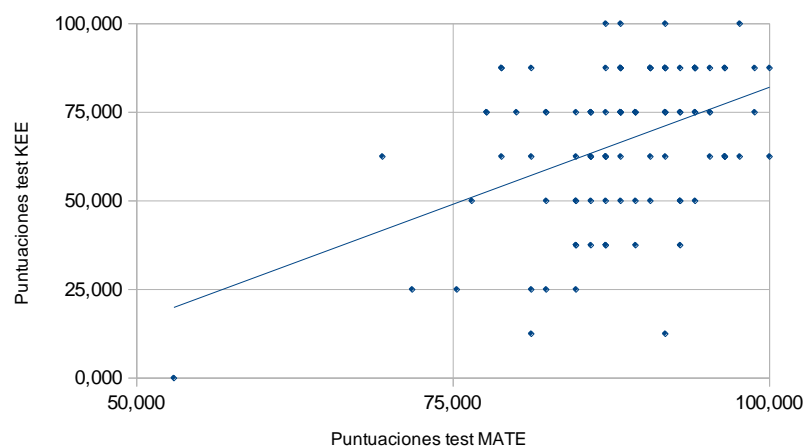


Figura 9. Recta de regresión para la puntuación en el test *KEE* frente a la puntuación en el test *MATE*. En el recuadro la ecuación de dicha recta y su r^2 .

También se calculó la *r* de Pearson para comprobar si las puntuaciones de los tests *MATE* y *KEE* estaban relacionadas con la edad, pero el resultado reveló que no era así.

En último lugar, para discernir cuáles de las preguntas del cuestionario eran más controvertidas entre los participantes y en cuáles había un mayor consenso, se estudió la variabilidad de las respuestas pregunta a pregunta. Se halló la desviación típica del conjunto de las puntuaciones obtenidas por los participantes para cada ítem del cuestionario y se ordenaron los ítems de mayor a menor desviación, de forma separada para cada uno de los dos tests. Tras esto, se seleccionaron las tres preguntas con una mayor desviación, y por tanto más controvertidas, del test *MATE* y del test *KEE*. En la Tabla 11 se pueden leer estas preguntas.

Tabla 11. Preguntas clasificadas como controvertidas en el cuestionario para profesorado en formación.

Nº	TEST	ENUNCIADO
5	MATE	Los datos existentes son ambiguos o poco claros sobre la validez de la Teoría de la Evolución
6	MATE	La edad de la Tierra es de menos de 20000 años
10	MATE	La edad de la tierra es al menos 4 mil millones de años
20	KEE	¿Cuál de los siguientes casos sería más eficaz en términos evolutivos? Un león muy eficiente capturando presas, pero sin descendencia / Un león con muchos descendientes y 8 de ellos llegan a la adultez / Un león que sobrevive a una enfermedad y que deja tres descendientes / Un león con un harén de leonas que deja solo un descendiente / Un león que cuida muy bien de su prole y que tres de sus descendientes llegan a la adultez
21	KEE	¿Cómo explicaría un biólogo/a porqué un pájaro ha desarrollado un pico más grande? El pico mayor aparece como una mutación en cada miembro de la población de pájaros / Los antecesores encontraron una nueva fuente de comida (semillas más grandes) y empezaron a desarrollar un pico más grande también para adaptarse / En la población había pájaros con distintos picos y como los que tenían picos mayores comían mejor esa nueva fuente de semilla, dejaron más descendencia, así cambió la frecuencia del pico grande / Un antecesor encontró semillas más grandes, y tratando de comérselas, el pico cambió / Ninguna es cierto
24	KEE	¿Cuál de las siguientes frases que relacionan Selección Natural y evolución es correcta? La Selección Natural es un proceso que produce evolución / La Selección Natural es un proceso que puede producir cambios a pequeña escala en las poblaciones mientras que la evolución produce cambios a gran escala / La Selección Natural es un proceso aleatorio mientras que la evolución es dirigida / La Selección Natural es la supervivencia de las poblaciones o grupos, resultando en la evolución de individuos aislados / Son términos equivalentes que describen el mismo proceso

5.3. Análisis estadístico a través de un cuestionario sobre aceptación y conocimiento de la teoría de la evolución para profesorado en ejercicio

Para comenzar, atendemos a las puntuaciones medias de la muestra en los dos tests incluidos en nuestro cuestionario. Como se puede observar en la Tabla 12, esta es bastante alta en ambos casos: un 89,05 para el test *MATE* y un 83,654 para el test *KEE*, sobre 100. Por otra parte, en ambos casos la desviación toma valores bajos. Por tanto, podríamos concluir que, en general, los participantes demuestran tanto un alto grado de aceptación de la TE como un alto grado de conocimiento y que la muestra es bastante homogénea. Cabe destacar que casi un tercio de los encuestados (7/26) obtuvieron la puntuación máxima en el test *KEE*.

Tabla 12. Resumen general de los resultados del cuestionario para profesorado en ejercicio. Medias y desviación típica de los resultados en las preguntas del cuestionario correspondientes con el test *MATE* y el test *KEE* por separado.

	Puntuación test <i>MATE</i>	Puntuación test <i>KEE</i>
MEDIA	89,050 /100	83,654 /100
DESVIACIÓN TÍPICA	5,664	13,119

PUNTUACIÓN EN EL CUESTIONARIO SEGÚN LA TITULACIÓN

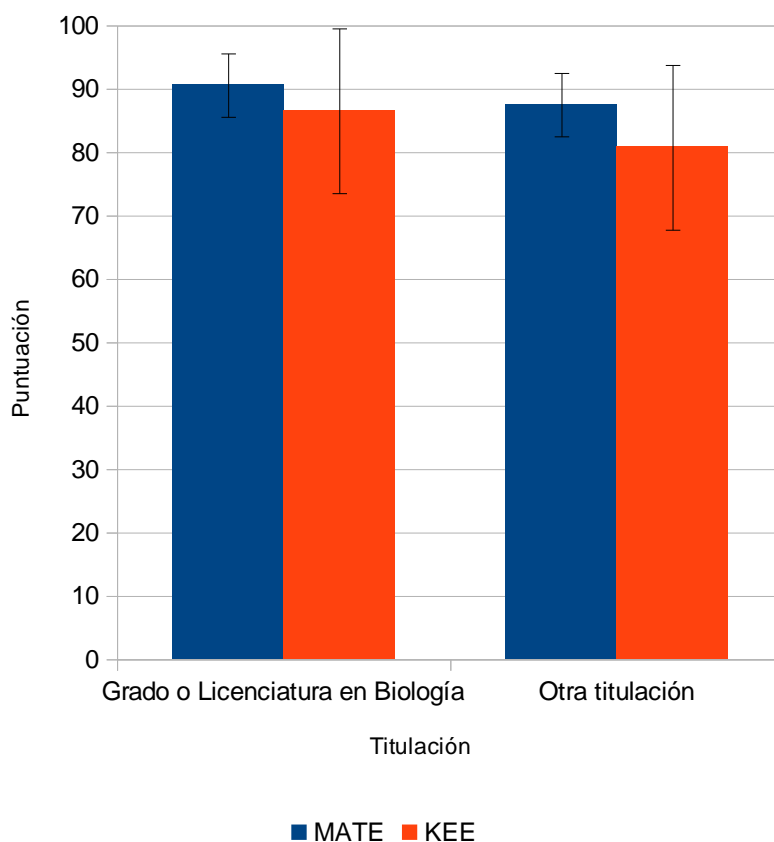


Figura 10. Puntuación en el cuestionario para profesorado en ejercicio según la titulación. Se muestra separadamente la puntuación obtenida en el test *MATE* (en azul) y test *KEE* (en naranja). Las líneas de error sobre las barras indican valores de desviación típica aproximados.

A continuación, se pasó a buscar diferencias significativas entre los participantes que dependieran de la titulación que cursaban. Para ello, se establecieron dos subgrupos (con Grado o Licenciatura en Biología y con otra titulación) y se calculó de nuevo para cada uno de ellos la media y la desviación típica. Se realizó una prueba T de comparación de medias de dos muestras y se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, tanto para el test *MATE* ($t= 3,339$; $p<0,05$) como para el test *KEE* ($t=4,078$; $p<0,05$). Así, observamos que en nuestra muestra el profesorado egresado de un Grado o Licenciatura en Biología obtiene mayor puntuación que el resto (véase Figura 10).

Por otra parte, se consideró también la posible influencia de la edad en las puntuaciones. Para ello, se procedió de forma diferente. Se generaron dos rectas de regresión: una que representaba las puntuaciones en el test *MATE* y otra que representaba las puntuaciones en el test *KEE*, ambas frente a la edad (véase Figura 11). Mientras que en el primero de los casos no se observa una tendencia destacable, sí podemos decir que en el segundo caso podemos observar cierta correlación entre la edad y la puntuación en el test que además se demuestra estadísticamente significativa tras una prueba de significación con el estadístico de contraste de la t de Student ($t=1,84$; $p<0,05$). Esto quiere decir que, en la muestra de nuestro estudio, los participantes de mayor edad tienden a poseer un mayor grado de conocimiento de la TE frente a los más jóvenes.

También se calculó la r de Pearson para comprobar si las puntuaciones de los tests *MATE* y *KEE* mostraban una relación entre sí, pero el resultado reveló que no era así ($t=0,255$; $p>0,05$).

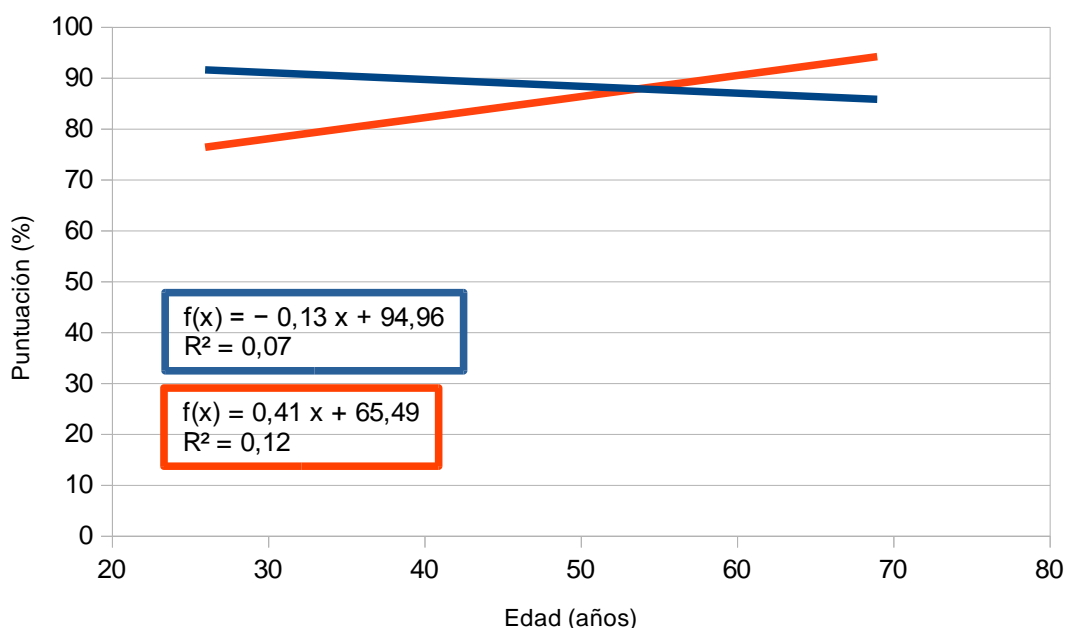


Figura 11. Rectas de regresión para la puntuación en el test *MATE* (en azul) y la puntuación en el test *KEE* (en rojo) frente a la edad. En los recuadros del mismo color se especifican las ecuaciones de las rectas y el valor de r^2 .

En último lugar, se procedió al igual que en el caso del profesorado en formación para discernir cuáles de las preguntas del cuestionario eran más controvertidas entre los participantes. En la Tabla 13 se pueden leer estas preguntas.

Tabla 13. Preguntas clasificadas como controvertidas. En negrita, las respuestas entre las cuales se halla la controversia en el caso de las cuestiones del test *KEE*.

Nº	TEST	ENUNCIADO
1	MATE	Los seres vivos que pueblan el planeta son el resultado de procesos evolutivos que han ocurrido durante millones de años
6	MATE	La edad de la Tierra es de menos de 20000 años
14	MATE	La Teoría de la Evolución se apoya en hechos históricos y datos de laboratorio
20	KEE	¿Cuál de los siguientes casos sería más eficaz en términos evolutivos? Un león muy eficiente capturando presas, pero sin descendencia / Un león con muchos descendientes y 8 de ellos llegan a la adultez / Un león que sobrevive a una enfermedad y que deja tres descendientes / Un león con un harén de leonas que deja solo un descendiente / Un león que cuida muy bien de su prole y que tres de sus descendientes llegan a la adultez
23	KEE	Un cambio en el material genético a lo largo del tiempo es: Radiación Adaptativa / Evolución Biológica / Evolución Lamarckista / Selección Natural / Recombinación Genética
24	KEE	¿Cuál de las siguientes frases que relacionan Selección Natural y evolución es correcta? La Selección Natural es un proceso que produce evolución / La Selección Natural es un proceso que puede producir cambios a pequeña escala en las poblaciones mientras que la evolución produce cambios a gran escala / La Selección Natural es un proceso aleatorio mientras que la evolución es dirigida / La Selección Natural es la supervivencia de las poblaciones o grupos, resultando en la evolución de individuos aislados / Son términos equivalentes que describen el mismo proceso

Como resultado de esta ordenación de las preguntas, podemos decir que en nuestra muestra el conocimiento sobre ciertos aspectos básicos de la Biología Evolutiva como la edad de Tierra o la naturaleza epistemológica de la TE no es tan generalizado como el de otros aspectos.

Cabe también mencionar tres preguntas, incluidas en el test *KEE*, cuyas respuestas han sido unánimes (ver Tabla 14). Atendiendo a los enunciados, podemos deducir que, en nuestra muestra, tanto las llamadas evidencias de la TE como ejemplos del mecanismo de la selección natural son conocimientos consolidados.

Tabla 14. Preguntas con respuesta unánime. En negrita, la opción seleccionada por toda la muestra.

N.º	TEST	ENUNCIADO
18	KEE	¿Cuál de las siguientes OBSERVACIONES ayuda a comprender la Teoría de la Evolución? Todas las anteriores (La selección artificial como análoga de la selección natural, la comparación de los genomas de las especies, las estructuras vestigiales y la embriología comparativa)
21	KEE	¿Cómo explicaría un biólogo/a porqué un pájaro ha desarrollado un pico más grande? En la población había pájaros con distintos picos y como los que tenían picos

mayores comían mejor esa nueva fuente de semilla, dejaron más descendencia, así cambió la frecuencia del pico grande

25

KEE

La jirafa tiene el cuello largo porque:

En la población había jirafas con distintos cuellos y como los que tenían cuellos más largos comían mejor de las copas, porque abajo no había comida, dejaron más descendencia, así cambió la frecuencia al cuello largo.

5.4. Triangulación de los resultados

Comparamos ambas muestras para ver si existen diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones obtenidas por los profesores y profesoras en formación y en ejercicio y observamos que, mientras no existen para *MATE* ($t=-1,650$; $p>0,05$), sí existen para *KEE* ($t=-20,340$; $p<0,05$). Es decir, el grado de aceptación no es significativamente mayor en el profesorado en ejercicio frente al profesorado en formación, pero sí el grado de conocimiento (véase Figura 11). Pasamos a continuación a comparar las relaciones entre factores observadas en cada muestra.

PUNTUACIONES EN EL CUESTIONARIO SEGÚN EL TIPO DE PROFESORADO

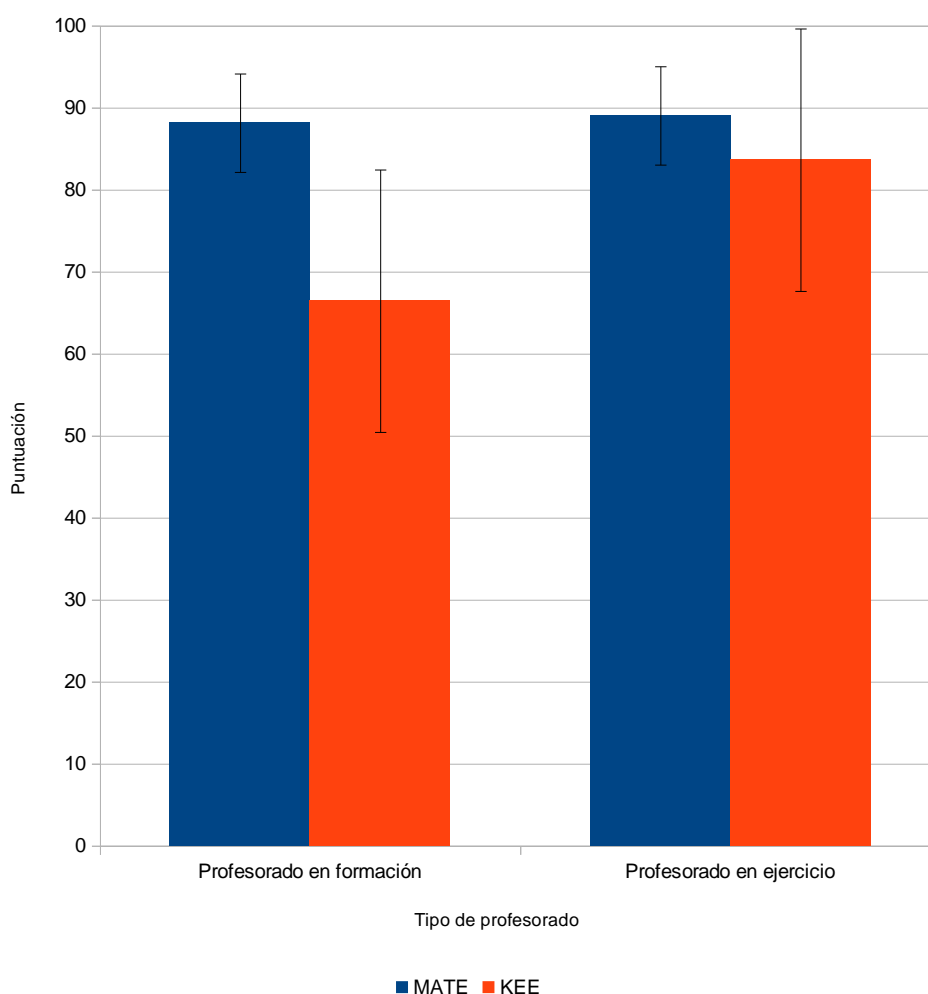


Figura 11. Puntuación en el cuestionario según el tipo de profesorado. Se muestra separadamente la puntuación obtenida en el test MATE (en azul) y test KEE (en naranja). Las líneas de error sobre las barras indican valores de desviación típica aproximados.

Comenzando por las diferencias, vemos que, mientras que la edad es un factor que influye el grado de conocimiento en el caso del profesorado en ejercicio, no es así para el profesorado en formación. Y al contrario ocurre con la correlación entre el grado de aceptación y el grado de conocimiento, que parecen estar únicamente relacionados en el caso del profesorado en formación.

Siguiendo con las similitudes, podemos destacar que, en ambos casos, el Grado estudiado influye positivamente: el estudiantado o los egresados y egresadas de un Grado en Biología presentan puntuaciones más altas que en el caso de los otros grados. Esto está en consonancia con las conclusiones a las que llegaron Gefaell *et al.* (2020), pues también relacionaban estadísticamente el Grado que se cursa con la puntuación en los tests.

Otra de las similitudes entre ambas muestras que podemos observar en nuestro estudio son algunas de las preguntas más controvertidas: podemos ver que tanto la pregunta 6, como la 20 y la 24, son de las más controvertidas para profesores en formación y en ejercicio. Debemos suponer pues que ni la formación ni la experiencia docente no ayuda en este caso a consolidar conocimientos sobre la edad de la Tierra o los conceptos de eficacia biológica o selección natural.

Una posible explicación que daría sentido a esta serie de resultados sería la siguiente: durante su formación inicial, el grado de conocimiento del profesorado de Biología y Geología depende de su grado de aceptación; sin embargo, al cabo de los años, tras acabar la formación inicial, éste pasa a depender de la edad, pues debido al propio ejercicio de su profesión y a la formación continua (autónoma o reglada) termina por aprender algunos elementos clave de la misma; no obstante, otros continúan sin ser interiorizados, como pueden ser aquellos revelados como controvertidos en los tests.

6. CONCLUSIONES

El presente TFM se proponía responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué conocimientos sobre la TE posee el profesorado de secundaria que la enseña y qué factores lo condicionan? Para ello, hemos analizado los planes de estudio de los Grados en Biología en nuestro país y hemos determinado el conocimiento que posee el profesorado durante su formación y durante el ejercicio de su profesión, a partir de un cuestionario estandarizado. Tras esto, hemos concluido que:

- ✓ La formación inicial que recibe el futuro docente de Biología y Geología en materia de Biología Evolutiva es por lo general escasa y varía considerablemente dependiendo de la universidad.
- ✓ El grado de conocimiento es medio-alto en profesorado en ejercicio y medio-bajo en profesorado en formación.
- ✓ El grado de conocimiento parece depender del grado de aceptación para el profesorado en formación; mientras que parece depender de la edad en el caso del profesorado en ejercicio.
- ✓ En ambos casos, el grado de conocimiento está relacionado con la titulación que se cursa, siendo típicamente mayor en el caso de los Grados en Biología.
- ✓ La controversia sobre ciertas cuestiones, en torno a la edad de la Tierra o a conceptos básicos de la TE, se mantienen tanto en profesores en formación como en ejercicio.

De esta manera, podemos decir que, en gran medida, hemos conseguido responder a nuestra pregunta de investigación. Sin embargo, son varias las críticas que podemos hacer al presente trabajo. En primer lugar, sabiendo ya gracias a estudios previos (British Council 2009; Gefaell *et al.*, 2020) que el grado de aceptación de la TE en el caso español es alto generalmente y teniendo por objetivo principal de la investigación «determinar el grado de conocimiento», podría haberse seleccionado o elaborado un test que se centrara en esta última cuestión y que la tratase más profundamente; pues el test empleado fue ideado en un primer momento para estudiantado universitario de primeros cursos del Grado en Biología (Moore *et al.*, 2009) y, además de no tratar la TE en todo su rango, posee un formato más académico que exploratorio. Por ello, sería recomendable que en futuras investigaciones que tengan por objetivo ahondar en esta temática, se elaborasen cuestionarios propios que midiesen exclusivamente el grado de conocimiento de la TE de una forma más exhaustiva y no de forma complementaria al grado de aceptación. No obstante, otra posibilidad que podría resultar igualmente provechosa sería incorporar metodologías cualitativas, como la entrevista abierta a profesorado en ejercicio, que podrían arrojar mucha más información acerca de las causas que provocan este grado de conocimiento, más allá de los estudios cursados.

Por otra parte, debemos tener en cuenta que la finalidad última del presente estudio era contribuir al estudio global del estado de la enseñanza de la TE en nuestro país y, en consecuencia, identificar deficiencias y proponer soluciones. Para ello, incorporaremos nuestros resultados a los de investigaciones previas, retomando el modelo comunicativo descrito en nuestro marco teórico e intentando ofrecer una visión global.

Enmarcamos pues nuestros resultados dentro de dicho modelo comunicativo de la enseñanza y nos damos cuenta de que, con los resultados de esta investigación y de otras anteriores (véase Figura 12), ya podemos caracterizar con cierta precisión el estado de la enseñanza de la TE en España. Siguiendo los sucesivos pasos del proceso comunicativo, vemos que:

- La Administración emite un currículo-oficial en el que la presencia de la TE es muy escasa, pues sólo está presente en uno de los últimos temas de una asignatura optativa del último curso de ESO (Barberá *et al.*, 2011; Castro Nogueira, 2007; Sánchez *et al.*, 2017; Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2020).
- Este currículo-oficial es recibido por el profesorado encargado de su enseñanza. Este profesorado cuenta con una formación también escasa sobre el tema, en base a lo cual emite un currículo-práctico que aplica en sus clases con el alumnado.
- Y este mismo alumnado, que ya demuestra ideas alternativas erróneas desde edades muy tempranas (Ceballos *et al.*, 2017), tras superar educación obligatoria, llega a la universidad demostrando un nivel de conocimientos medio-bajo sobre la TE (Gefaell *et al.*, 2020).

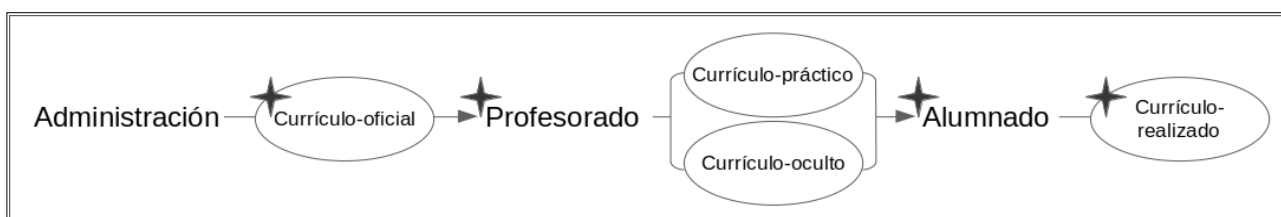


Figura 12. Los elementos del acto didáctico, con una estrella aquellos aspectos ya estudiados (elaboración propia).

Para concluir, explicamos las recomendaciones que desde aquí cabe hacer a los distintos agentes de este proceso didáctico-comunicativo para, teniendo en mente el panorama que estos resultados dibujan, mejorar la enseñanza de la TE. En primer lugar, es necesario que la Administración aumente la presencia de la TE en el currículo-oficial a todos los niveles; puesto que, como ya se ha defendido a lo largo del trabajo, es una de las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2010) y debería ser entendida como un conocimiento básico para la ciudadanía. En último lugar, también cabría ofertar algún tipo de formación para el profesorado ya en ejercicio sobre el tema, con el objetivo de complementar dicha modificación en el currículo-oficial.

Resulta pertinente concluir el presente TFM resaltando el gran aprendizaje que ha supuesto para el alumno autor del mismo, ya que ha sido su primer contacto con la Investigación Educativa y, en general, con la investigación en ciencias sociales. Sin duda, sus futuras experiencias en este y en otros campos se verán influenciadas positivamente.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agence France-Presse (1996). El Papa acepta que el evolucionismo es conciliable con el dogma católico. *El País*. https://elpais.com/diario/1996/10/24/sociedad/846108007_850215.html

Ausubel, D. P., Novak J. y Hanesian, H. (1993). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Ayuso Fernández, G. E. (2000). *La enseñanza de la herencia biológica y la evolución de los seres vivos. Fundamentación, planificación, aplicación y evaluación de una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria* [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.

Ayuso Fernández, G.E. y Banet Hernández, E. (1998). Relaciones genética-evolución en la Educación Secundaria. *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, 2, 43-54.

Ayuso Fernández, G.E. y Banet Hernández, E. (2002). Pienso más como Lamarck que como Darwin. *Revista Alambique de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 32, 39-47.

Ayuso Fernández, G.E. y Banet Hernández, E. (2009). Diseño, aplicación y evaluación del módulo «Herencia genética y evolución». En A. J. De Pro Bueno (Ed.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias* (pp. 183-234).

Baldwin, J. M. (1896). A New Factor in Evolution. *American Naturalist*, 30, 441-451.

Barberá, O. (1992). El papel que desempeñan las teorías en la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 32-36.

Barberá Marco, O., Sanchis Borrás, J.M. y Sendra Mocholí, C. (2011). La evolución biológica en los libros de texto de Educación Secundaria y Bachillerato. Situación actual. En M. González Montero de Espinosa y A. Baratas Díaz, A. (Eds.). *Investigación y Didáctica para las aulas del siglo XXI*. Madrid: Santillana.

Bericat Alastuey, E. (1998). *La integración de los métodos cuantitativo y cualitativo en la investigación social*. Barcelona: Ariel.

- Blaázquez Paniagua, F. (2011). La evolución biológica en los cuestionarios oficiales de bachillerato en España (1927-1978). *eVOLUCIÓN, Boletín de la SESBE*, 6(1), 39-44.
- Boza Ramírez, R. y Daza Navarro, P. (2016). *Evolución, Darwinismo Social Y Educación Especial* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad de Sevilla.
- British Council (2009). *Results of British Council Darwin International Survey*. XDOC.MX <https://xdoc.mx/preview/results-of-british-council-darwin-international-5f8d11a07e6e3>
- Cantos Muñoz, V. y Daza Navarro, P. (2014). *Coeducación Y Ciencia: una programación de evolución en Educación Primaria* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad de Sevilla.
- Castro Nogueira, L. (2007). Docencia y evolución: la biología evolutiva en la enseñanza secundaria. *eVOLUCIÓN, Boletín de la SESBE*, 2(1), 63-66.
- Ceballos, M., Vílchez, J. E. y Escobar, T. (2017). La enseñanza de la evolución en Primaria. Opinión del profesorado y exploración de ideas inadecuadas en los niños. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección aula, museos y colecciones*, 4, 55-68.
- Cubero, R (2000). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Díada Editora.
- Davies, N. B., Krebs, J. R., West S. A., Davies, H. B., Krebs, N. R. y West, A. (2012). *Introduction to Behavioural Ecology*. Wiley-Blackwell.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 125-129.
- Futuyma, D.J. (1998). *Evolutionary Biology*. Massachusetts: Sinauer Associates.
- Gamonal, A., Poyato Ariza, F.J. (2018). Interpretaciones evolutivas en medios de divulgación científica audiovisual. *eVOLUCIÓN, Boletín de la SESBE*, 13(2), 5-20.
- García de Augusto, B. y Daza Navarro, P. (2020). *El conocimiento de la teoría de la evolución por el estudiantado de la Universidad de Sevilla* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad de Sevilla.
- Gefael, J., Prieto, T., Abdelaziz, M., Álvarez, I., Antón, J., Arroyo, J., Bella J. L., Botella, M., Bugallo, A., Claramonte, V., Gijón, J., Lizarte, E., Maroto, R.M., Megías, M., Milá, B., Ramón, C., Vila, M. y Rolán-Alvarez, E. (2020). Acceptance and knowledge of evolutionary theory among third-year university students in Spain. *PLOS ONE* 15: e0238345.
- González García, F. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? Un estudio en bachillerato y universidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 248-263.
- González García, F. (2017). Evolución y Educación: semejanzas y diferencias entre Argentina, Chile y España. *eVOLUCIÓN, Boletín de la SESBE*, 12(2), 45-52.

- Harlen, W. (coord.) (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Hants: Ashford Colour Press.
- López Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI, Revista de Educación*, 167-179.
- Marco Castaño, S., Ordóñez Rodríguez, M. (2009). La evolución biológica en la educación secundaria. *Eubacteria. Especial Darwin*.
- Martínez Rivera, C. A. (2016). X Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: una invitación para pensar los desafíos de la educación científica y de la práctica docente. *Nodos y Nudos*, 4(40), 153-157.
- Milosevic-Brockett, M. (2004). La enseñanza de la evolución, una perspectiva cristiana. *Pasajes*, 14.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2022). *Registro de universidades, centros y títulos*. Ministerio de Universidades. Gobierno de España.
<https://www.educacion.gob.es/ruct/consultauniversidades?actual=universidades>
- Moore, R., Cotner, S., Bates, A. (2009). The influence of religion and high school biology courses on students' knowledge of evolution when they enter college. *J Effect Teach.* 9, 4-12.
- Ortiz Ocaña, A. (2015). *Enfoques y métodos de investigación en las Ciencias Sociales y Humanas*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Pérez Santamaría, F.J., Camacho M. Vara del Rey, C., Fazelli Khalili, H. y Manzano Arrondo, V. (1993). *Teoría y práctica de la Estadística aplicada a las Ciencias Humanas (I)*. Universidad de Sevilla.
- Posner, G. (1998). *Análisis del currículo*. Bogotá: McGraw Hill.
- Real Decreto 937/2001, de 3 de agosto, por el que se modifica el real decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, modificado por el Real Decreto 1390/1995, de 4 de agosto, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 7 de septiembre de 2001, 215: 33735.
- Real Decreto 831/2003, de 27 de junio, por el que se establece la ordenación general y las enseñanzas comunes de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 3 de julio de 2003, 158: 25683-25743.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 30 de marzo de 2022, 76:33-42.
- Rivas, M. L. y González García, F. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? Un estudio en bachillerato y universidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13, 248-263.

- Rodríguez Diéguez, J.L. (1985). *Currículum, acto didáctico y teoría del texto*. Madrid: Anaya.
- Rodríguez, D. y Valdeorola, J. (2007). *Métodos y técnicas de investigación en línea*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Romine, W. L., Todd, A. N. y Walter, E. M. (2018). A closer look at the items within three measures of evolution acceptance: analysis of the MATE, I-SEA, and GAENE as a single corpus of items. *Evolutionary Education Outreach*, 11, 17.
- Rutledge, M. L. y Warden, M.A. (1999). The development and validation of the measure of acceptance of the theory of evolution instrument. *School Science and Mathematics*, 99, 13–8.
- Sánchez, J. S., Conde, M. C. y Zapata, V. (2017). Concepciones alternativas sobre evolución. Un estudio en futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias*, 2219-2224.
- Sanchis Borrás, J. M. (2017). *Un estudio sobre el tratamiento de la evolución biológica en Educación Secundaria. Situación actual y propuestas de mejora* [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia.
- Soler, M. (2003). *La evolución y la biología evolutiva. Evolución la base de la Biología*. Granada: Proyecto sur de ediciones, SL.
- Varias sociedades científicas españolas (2020). *Manifiesto sobre la necesidad de una revisión de los contenidos sobre evolución en los planes de enseñanza preuniversitarios*. Sociedad Española de Biología Evolutiva. <https://sesbe.org/manifiesto-sobre-la-necesidad-de-una-revision-de-los-contenidos-sobre-evolucion-en-los-planes-de-ensenanza-preuniversitarios/>
- Vázquez Ben, L. (2015). La evolución biológica en la Educación Primaria española, un contenido pendiente. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, 6, 153-157.
- Vázquez Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2017). El modelo de evolución en Educación Primaria: Desafíos identificados por expertas y expertos. *Enseñanza de las ciencias*, 4293-4297.
- Vázquez Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2018a). El modelo de evolución biológica en la Educación Primaria: ¿qué contenidos abordan los programas curriculares en las Comunidades Autónomas? En C. Martínez Losada y S. García Barros (Eds.). *28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. A Coruña: Servicio de Publicaciones Universidade da Coruña.
- Vázquez Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2018b). El modelos de evolución biológica en el el *currículum* de Educación Primaria: Un análisis comparativo en distintos países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3101.
- Vázquez Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2020). Estado actual de la teoría de la evolución en la normativa educativa curricular española. *eVOLUCIÓN, Boletín de la SESBE*, 14(2), 47-59.
- Vázquez Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2022). ¿Qué saben niños y niñas sobre evolución? Diseño y aplicación de un modelo científico escolar de evolución para educación primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 110201-110219.

Zambruno, J. M. (2021). *¿Cómo enseñar la evolución?* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad de Sevilla.

Zambruno, J.M., Morón Monge, H. y Daza Navarro, P. (2022). ¿En qué medida se estudia la teoría de la evolución en el Grado de Biología? Un estudio exploratorio. *3o Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.

Javier Manzano Zambruno

EL CONOCIMIENTO DEL PROFESORADO DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA
DE SECUNDARIA SOBRE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

2021-22

Dirigido por
Paula Daza Navarro
Hortensia Morón Monge

CUESTIONARIO SOBRE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

INICIALES O NOMBRE:

SEXO:

EDAD:

NIVEL ACADÉMICO:

Estudios secundarios (bachillerato, módulos, otros)

Estudios universitarios

Doctor

ITINERARIO ELEGIDO EN BACHILLERATO Y/O MÓDULO:

Ciencias

Tecnología

Humanidades

Ciencias sociales

Arte

UNIVERSIDAD:

GRADO:

CURSO:

PRACTICANTE RELIGIOSO:

Si

No

SECCIÓN I

1.- Los seres vivos que pueblan el planeta son el resultado de procesos evolutivos que han ocurrido durante millones de años:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

2.- La teoría de la evolución no puede ser probada científicamente:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

3.- Los humanos modernos somos el fruto de la evolución de millones de años:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

4.- La mayoría de los científicos/as aceptan que la teoría de la evolución está probada científicamente:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

5.- Los datos existentes son ambiguos o poco claros sobre la validez de la teoría de la evolución:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

6.- La edad de la Tierra es de menos de 20000 años:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

7.- Hay muchísimos datos que apoyan la teoría de la evolución:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

8.- Los seres vivos del planeta son los mismos de siempre y no han cambiado nada a lo largo del tiempo:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

9.- La teoría de la evolución actual es fruto de los trabajos de Darwin y de la Genética moderna:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

10.- La edad de la tierra es al menos 4 mil millones de años:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

11.- La teoría de la evolución genera predicciones comprobables a partir de las características de la vida:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

12.- La teoría de la evolución no puede ser correcta ya que está en contra de la historia bíblica de la creación:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

13.- Los humanos somos exactamente igual a como hemos sido siempre:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

14.- La teoría de la evolución se apoya en hechos históricos y datos de laboratorio:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

15.- La teoría de la evolución da respuesta a las diversas características observadas en los seres vivos:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

16.- Casi todos los organismos de la Tierra surgieron a la vez:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

17.-La evolución es una teoría científica válida:

- A) Totalmente en desacuerdo
- B) En desacuerdo
- C) No sé
- D) De acuerdo
- E) Completamente de acuerdo

SECCIÓN II

18.- ¿Cuál de las siguientes observaciones ayuda a comprender la teoría de la evolución?

- A) La selección artificial como análoga de la selección natural
- B) La comparación de los genomas de las especies
- C) Las estructuras vestigiales
- D) La embriología comparativa
- E) Todo es cierto

19.- La reciente aparición de resistencia a los insecticidas en varias especies de insectos se debe a:

- A) El aumento de mutaciones
- B) La alteración del medioambiente por parte de los humanos y ellos han evolucionado por selección natural
- C) Que las nuevas especies no evolucionan por selección natural
- D) La mejora de las condiciones de los humanos y, por tanto, los insectos también
- E) Que los insectos son más inteligentes que los humanos

20.- ¿Cuál de los siguientes casos sería más eficaz en términos evolutivos?

- A) Un león muy eficiente capturando presas, pero sin descendencia
- B) Un león con muchos descendientes y 8 de ellos llegan a la adultez
- C) Un león que sobrevive a una enfermedad y que deja tres descendientes
- D) Un león con un harén de leonas que deja solo un descendiente
- E) Un león que cuida muy bien de su prole y que tres de sus descendientes llegan a la adultez

21.- ¿Cómo explicaría un biólogo/a porqué un pájaro ha desarrollado un pico más grande?

- A) El pico mayor aparece como una mutación en cada miembro de la población de pájaros
- B) Los antecesores encontraron una nueva fuente de comida (semillas más grandes) y empezaron a desarrollar un pico más grande también para adaptarse
- C) En la población había pájaros con distintos picos y como los que tenían picos mayores comían mejor esa nueva fuente de semilla, dejaron más descendencia, así cambió la frecuencia del pico grande
- D) Un antecesor encontró semillas más grandes, y tratando de comérselas, el pico cambió
- E) Nada es cierto

22.- Todos los organismos comparten el mismo código genético; esto es una prueba de que...

- A) La evolución sigue ocurriendo
- B) Ha ocurrido la evolución convergente
- C) La evolución ocurre de manera gradual
- D) Todos los organismos proceden de un antecesor común
- E) La vida comenzó hace billones de años

23.- Un cambio en el material genético a lo largo del tiempo es:

- A) Radiación adaptativa
- B) Evolución biológica
- C) Evolución lamarckista
- D) Selección natural
- E) Recombinación genética

24.- ¿Cuál de las siguientes frases que relacionan selección natural y evolución es correcta?

- A) La selección natural es un proceso que produce evolución
- B) La selección natural es un proceso que puede producir cambios a pequeña escala en las poblaciones mientras que la evolución produce cambios a gran escala
- C) La selección natural es un proceso aleatorio mientras que la evolución es dirigida
- D) La selección natural es la supervivencia de las poblaciones o grupos, resultando en la evolución de individuos aislados
- E) Son términos equivalentes que describen el mismo proceso

25.- La jirafa tiene el cuello largo porque:

- A) Lo fue estirando cada vez más para llegar alto y poder comer de las copas de los árboles.
- B) En la población había jirafas con distintos cuellos y como los que tenían cuellos más largos comían mejor de las copas, porque abajo no había comida, dejaron más descendencia, así cambió la frecuencia al cuello largo.
- C) Los antecesores encontraron una nueva fuente de comida (en las copas de los árboles) y empezaron a desarrollar un cuello más grande también para adaptarse
- D) Un antecesor encontró comida en las copas de los árboles, y tratando de comérsela, el cuello cambió
- E) Nada es cierto