



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

EL ORIGEN DE LA VIDA A TRAVÉS DEL LABORATORIO: UNA EXPERIENCIA CIENTÍFICA EN EL AULA

Alumno/a: Ibáñez Herranz, Miriam

Tutor/a: Prof. D. Mario Sánchez Gómez

Dpto: Geología

Junio, 2020

ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	2
2. INTRODUCCIÓN	4
3. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA	6
3.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	6
3.1.1 RECORRIDO HISTÓRICO SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA.....	6
3.1.2 CONCEPTOS CLAVE.....	13
3.1.3 HIPÓTESIS ACTUALES	16
3.1.4 SUMARIO TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA	24
3.2 ENFOQUE DIDÁCTICO Y SU UTILIDAD PRÁCTICA	25
4. PROYECCIÓN DIDÁCTICA.....	27
4.1 INTRODUCCIÓN	27
4.2 LEGISLACIÓN EDUCATIVA DE REFERENCIA	29
4.2.1 A NIVEL NACIONAL (BOE).....	29
4.2.2 A NIVEL AUTONÓMICO (BOCYL)	29
4.3 CONTEXTUALIZACIÓN DEL CENTRO ESCOLAR	30
4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO	30
4.3.2 DESCRIPCIÓN DEL AULA	32
4.4 ASPECTOS PSICOLÓGICOS Y PEDAGÓGICOS DEL ALUMNADO DE LA ENSEÑANZA..	33
4.5 ELEMENTOS CURRICULARES	34
4.5.1 OBJETIVOS	34
4.5.2 COMPETENCIAS.....	37
4.5.3 CONTENIDOS.....	41
4.5.4 METODOLOGÍA	43
4.5.5 MEDIDAS DE ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD	50
4.5.6 INTERDISCIPLINARIEDAD.....	52
4.5.7 EVALUACIÓN	53
5. INNOVACIÓN	60
6. CONCLUSIÓN.....	62
7. BIBLIOGRAFÍA	63
8. ANEXOS	70

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

RESUMEN

En el presente Trabajo Fin de Máster se ha pretendido dar un nuevo enfoque al estudio de las ciencias mediante el uso de una temática relacionada con el origen de la vida, usando esta como base para el desarrollo de una Unidad Didáctica enfocada hacia los estudiantes de 4º de la ESO que cursen la asignatura de Biología y Geología.

A lo largo de la historia del ser humano, el origen de la vida se ha postulado como incógnita capaz de llamar la atención tanto de personas más cultivadas como filósofos o científicos, como de aquellos con menor trayectoria académica. Sin embargo, siendo un tema tan atractivo y controvertido para el alumnado en formación, pocas veces se aprovecha y profundiza lo suficiente.

Es por esto que a lo largo de este trabajo se ha pretendido desarrollar una metodología didáctica capaz de captar la atención del estudiante, motivando su implicación en la asignatura e impulsando el desarrollo de una visión global y realista de la labor y el mundo científico. Para ello, y aprovechando la sencillez que presentan los experimentos asociados a esta temática, se ha recurrido al Aprendizaje Basado en Proyectos como principal herramienta de trabajo.

PALABRAS CLAVE: Origen de la Vida, LUCA, Enseñanza de las ciencias, Educación Secundaria Obligatoria, Unidad Didáctica, ABP.

ABSTRACT

In the present Master's Thesis, it is intended to give a new approach to the study of science by using a theme related to the origin of life, using this as the basis for the development of a Didactic Unit focused on 10th grade students of Compulsory Secondary Education who were studying Biology and Geology subject.

Throughout human history, origin of life has been postulated as an unknown theme capable of attracting the attention of cultured people such as philosophers or scientist, as well as those with less academic experience. However, even when this is such an attractive and controversial topic for students in training, it seldom exploited and explored enough.

This is way throughout this work it has been tried to develop a didactic methodology capable of capturing the attention of the student, motivating his involvement in the subject and encouraging the development of a global and realistic vision of the scientific work and its world. To this effect, plus taking advantage of the simplicity of the experiments associated with this topic, Project-Based Learning has been used as main working tool.

KEYWORDS: Origin of Life, LUCA, Science Education, Compulsory Secondary Education, Didactic Unit, PBL.

2. INTRODUCCIÓN

La incógnita acerca del origen de los seres vivos ha estado presente a lo largo de toda la historia de la humanidad, abarcando tanto a grandes pensadores de la antigua Grecia como a importantes científicos del mundo actual. Como resultado de este interés por parte de las diferentes áreas del intelecto humano (la filosofía, la ciencia e incluso la religión), las diferentes hipótesis y explicaciones que se han ido sucediendo han aumentado cada vez más su complejidad en función de los nuevos avances científicos y tecnológicos que se iban desarrollando.

Este carácter histórico y cambiante es un fiel reflejo del funcionamiento del mundo científico, donde encontrar una única respuesta válida que se mantenga inmutable a lo largo del tiempo resulta demasiado utópico. Además, las teorías desarrolladas actualmente acerca del tema pueden otorgar a los alumnos una visión interdisciplinar de las ciencias, donde todo está relacionado; pudiendo, incluso, ayudarles a implementar dicha interrelación de conceptos en su vida personal y académica.

De igual forma, no solo resultaría útil esta aproximación al tema, si consideramos que la mayoría de experimentos relacionados con las primeras teorías propuestas (basadas en la Generación Espontánea), son bastante sencillos de comprender y realizar, nos encontraríamos ante una posibilidad metodológica fascinante para aplicar en el aula. Este hecho representa para los alumnos una oportunidad excepcional para empezar a trabajar de manera crítica el método científico y sentirse así identificados con el proceso de creación de conocimiento actual.

Además, si englobamos este tipo de actividades en el laboratorio dentro de una unidad didáctica cuya principal metodología sea el Aprendizaje Basado en Proyectos o PBL (a partir de sus siglas en inglés), obtenemos un método de trabajo ideal para que el estudiante adquiera conocimientos básicos de la materia y reflexione acerca de ellos, favoreciendo a su vez el desarrollo de una visión global y realista de la labor y el mundo científico. Así mismo, el resto de tareas realizadas durante su desarrollo contribuirán a la enseñanza y fomento de actitudes tales como el compañerismo, la tolerancia, el trabajo cooperativo y la interdisciplinariedad; complementando de esta forma la consecución del objetivo principal perseguido por este trabajo, que el alumno alcance un tipo de aprendizaje que sea significativo.

Sin embargo, y pese a este conjunto de características que hacen del origen de la vida un tema paradójico y potencialmente apasionante, ha sido subestimado sistemáticamente a lo largo de la educación básica, tanto por las autoridades competentes como por el propio sistema escolar. Tal y como se refleja en la legislación abordada a lo largo

del trabajo, así como en los principales libros de texto usados por los alumnos. En el aula, únicamente se ven las acepciones más básicas relativas a las tres principales explicaciones de esta materia, sin llegar a profundizar más en el tema ni aprovecharlo correctamente para el adecuado desarrollo del alumnado (Clemente-Roca *et al.*, 2017; Pedrinaci *et al.*, 2018).

Finalmente, la exposición del contenido teórico y práctico de este trabajo quedaría dividida en una primera parte de fundamentación epistemológica (entendida como marco teórico que abarca el desarrollo conceptual del tema y su encuadre en el panorama educativo), seguida de su correspondiente proyección didáctica (comprendiéndose como la definición, desarrollo y contextualización de la unidad didáctica *per se*).

3. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA

3.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1.1 RECORRIDO HISTÓRICO SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA

Cómo, cuándo y dónde se originó la vida en nuestro planeta han sido cuestiones que siempre han suscitado mucho interés, es por esto que a lo largo de la historia del ser humano se han ido sucediendo diversas teorías que intentaban dar respuesta a estas incógnitas.

Las primeras hipótesis que han llegado hasta nuestros días serían las dadas por los filósofos griegos presocráticos, siendo las siguientes las más representativas (Kirk *et al.*, 2014):

- Anaximandro (s. VII-VI a.C.): afirmaba que los primeros seres vivos surgían del “limo” gracias al efecto del calor procedente del Sol. También conjeturó que la “Tierra primitiva” sería bastante húmeda y, como consecuencia, los primeros seres vivos en generarse serían los procedentes del mar. Como vemos, Anaximandro creía en el origen de la vida de manera espontánea (pese a considerar la necesidad de un aporte de energía externo, en este caso procedente del Sol), donde de la nada se generarían seres vivos pluricelulares completamente funcionales.
- Jenófanes de Colofón (s. VI a.C.): este autor secundaba la hipótesis de Anaximandro, a la cual añadió la existencia de organismos fósiles como prueba que ratificaba la generación espontánea de la vida a partir del “limo” en un ambiente marino.
- Empédocles de Agrigento (s. V a.C.): basándose en la hipótesis de que el cosmos estaba conformado por el “amor” y el “odio”, definió el origen la vida en base a diferentes etapas. La etapa inicial se caracterizaría por la aparición de los elementos que componen los seres vivos, los cuales darían lugar a organismos per sé. Posteriormente se hubiera pasado a una etapa reinada por “monstruos” surgidos de la fusión de los elementos anteriormente mencionados. Finalmente entraríamos en la fase en la que nos encontraríamos actualmente, donde la fusión de elementos habría dado lugar a “seres armónicos” capaces de reproducirse entre sí para generar más organismos. En este caso, el autor pensaba que la vida se originaba espontáneamente de manera continuada, hasta que finalmente se alcanzaba la complejidad suficiente como para que pudiera generarse nueva vida por medio de la reproducción.

Finalmente fue Aristóteles (s.IV a.C) quién dio forma a la hipótesis de la Generación Espontánea, entendiendo que los organismos vivos se originan espontáneamente desde la materia inorgánica (Lennox, 1982). Esta teoría acabo siendo la explicación más extendida y aceptada hasta mediados de siglo XIX. No obstante, durante la Edad Media (s. V – s. XV d.C.) sufrió algunas variaciones relacionadas con la intervención o voluntad divina como causa principal para el surgimiento de la vida, adquiriendo el sobrenombre de Creacionismo.

La primera vez que se puso en duda la Generación Espontánea fue en 1668 gracias a los experimentos llevados a cabo por Francesco Redi (1626-1697). Como se muestra en la *Figura 1*, Redi preparó varios recipientes con muestras de carne (dejando algunos expuestos al ambiente y otros tapados) y tal y como él esperaba, al pasar el tiempo aparecieron gusanos únicamente en los recipientes sin protección (donde las moscas habían podido depositar sus huevos). Este resultado demostraba que la materia prima (en este caso la carne) no era lo único necesario para que se generaran nuevos organismos (Bardell, 1985; Parke, 2014).

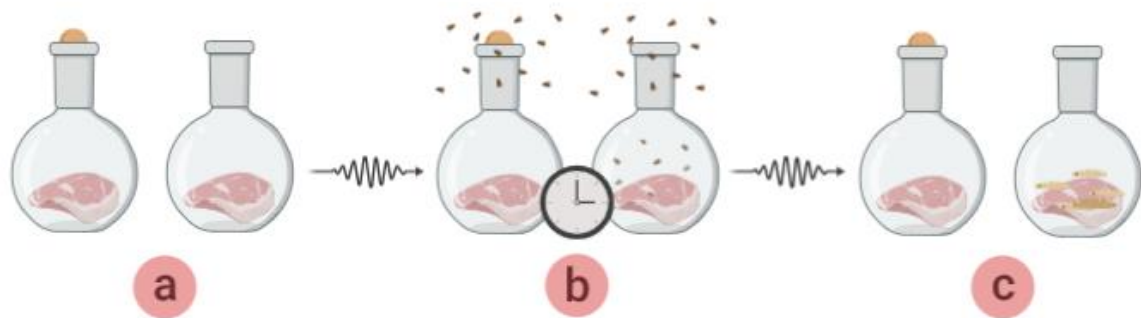


Figura 1. Interpretación del experimento de Redi en donde se muestra la situación inicial (a), el desarrollo (b) y el resultado (c) del mismo.

Pese a esto, la idea de que los organismos se generaban espontáneamente siguió predominando en la sociedad. Redi incluso llegó a afirmar que la aparición de nuevos organismos dependía de las circunstancias en las que se diera dicha creación, dando a entender que eventualmente sí sería posible de manera espontánea (Levine & Evers, 1999).

Esta afirmación se debió, sobre todo, a que en aquel momento la teoría de la Generación Espontánea estaba adquiriendo una nueva acepción (que más tarde se conocería como teoría de la Epigénesis), en la que se afirma que la vida se genera a partir de células o partículas en estado vegetativo (generadas por Dios en el momento de la creación o procedentes de organismos vivos que se reproducían de esta manera). Incluso se llegaba

a declarar que dichas células podían ser de tipo vegetal y acabar dando lugar a vida animal, y que de igual forma ocurriría de manera inversa (Bardell, 1985; Roe, 1983; Parke, 2014).

En 1748, John Needham (1713-1781) quiso demostrar la hipótesis en la que había estado trabajando junto con Georges L. Leclerc (1707-1788), en donde los organismos microscópicos se originaban espontáneamente durante la descomposición de la materia y que, por lo tanto, no procedían de “partículas” o insectos que estuvieran presentes en el aire como se había estado comentando hasta el momento. Para ello hirvió caldo de pollo, lo colocó en un matraz e introdujo cenizas de su chimenea dentro; después colocó un corcho como tapón del matraz, asumiendo que el calor de las cenizas sería suficiente para eliminar cualquier resto de vida que quedara dentro del mismo y que el tapón aislaría por completo la prueba. Tras un tiempo miró una muestra al microscopio y observó la presencia de microorganismos (*Figura 2*), tomando este resultado como la confirmación final de la Generación Espontánea (Needham, 1748; Roe, 1983).

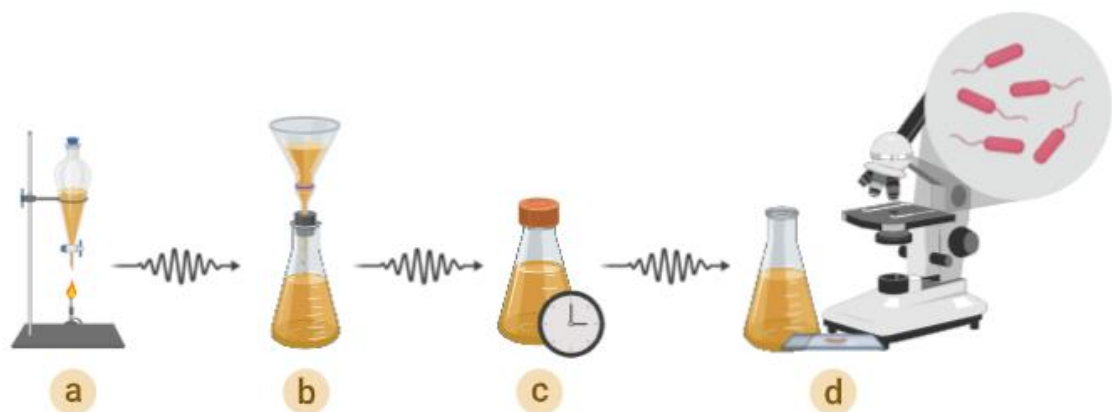


Figura 2. Interpretación del experimento de Needham en donde se muestra el inicio (a, b), el desarrollo (c) y el resultado (d) del mismo.

Años más tarde, en 1765, Lazzaro Spallanzani (1729-1799) repitió el experimento de Needham con algunas modificaciones, pues dudaba de la validez del mismo. Esta vez introdujo el caldo en el matraz y lo selló, tras lo que procedió a extraer el aire que pudiera haber quedado en el interior. Una vez hecho este vacío puso a hervir el caldo, de forma que eliminó la posibilidad de que los microorganismos que surgieran en el caldo hubieran llegado al mismo después de que se hirviera. Tras un tiempo observó una muestra al microscopio y no constató la presencia de microorganismos (*Figura 3*). Aunque esto hubiera servido como refutación de la Generación Espontánea, parte de la comunidad científica del momento lo tomó más como una demostración de que el aire era necesario para que se generara vida y que hacía falta desarrollar más investigación relacionada con este hecho (Horowitz & Miller, 1962; Roe, 1983; Capanna, 1999).

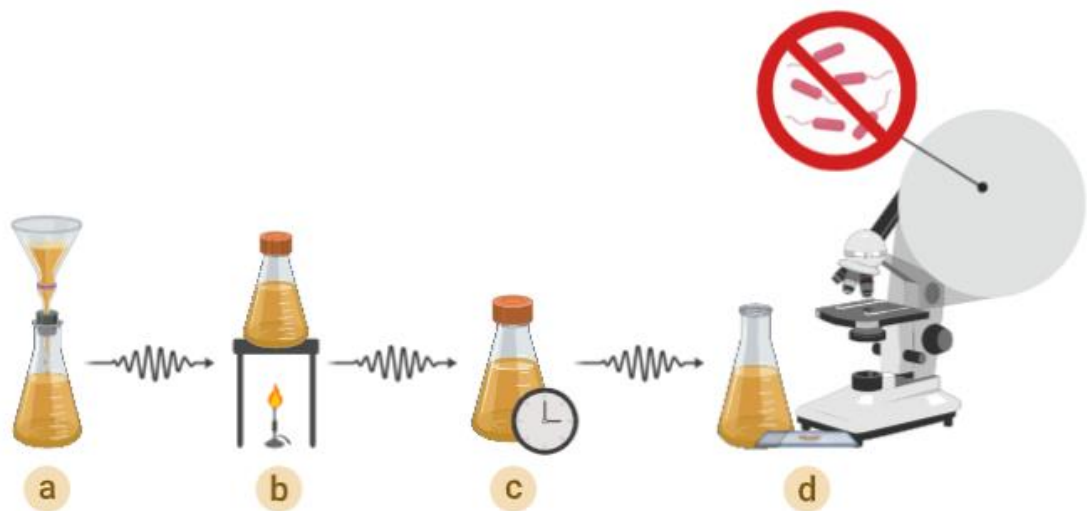


Figura 3. Interpretación del experimento de Spallanzini en donde se muestra el inicio (a, b), el desarrollo (c) y el resultado (d) del mismo.

Este tipo de experimentación siguió generando grandes debates dentro de la comunidad científica hasta 1859, momento en el que la Academia de las Ciencias Francesa pretendió terminar con el mismo mediante un concurso en el que se premiaría al mejor experimento, bien fuera a favor o en contra de la Generación Espontánea (Roll-Hansen, 2018).

Luis Pasteur (1822-1895) acabó ganando este concurso en 1864 gracias a su versión de los experimentos de Needham y Spallanzani. Colocó caldo de carne en un matraz y calentó el cuello del mismo en una llama hasta que se volvió maleable y le dio forma de S, tras lo que procedió a hervirlo. De esta forma el aire podría entrar al matraz, pero los microorganismos se quedarían en el cuello, días después ningún microorganismo había aparecido en la muestra (*Figura 4*). Habiendo comprobado esto, inclinó el matraz de manera que el caldo tocara la parte más baja del cuello (donde estarían depositadas las partículas y microorganismos), y observó como rápidamente aparecía vida en él (Pasteur, 1864; Roll-Hansen, 2018). Este experimento fue, finalmente, el suceso que marcó el rechazo definitivo de la Generación Espontánea como explicación válida para el origen de la vida dentro de la comunidad científica.

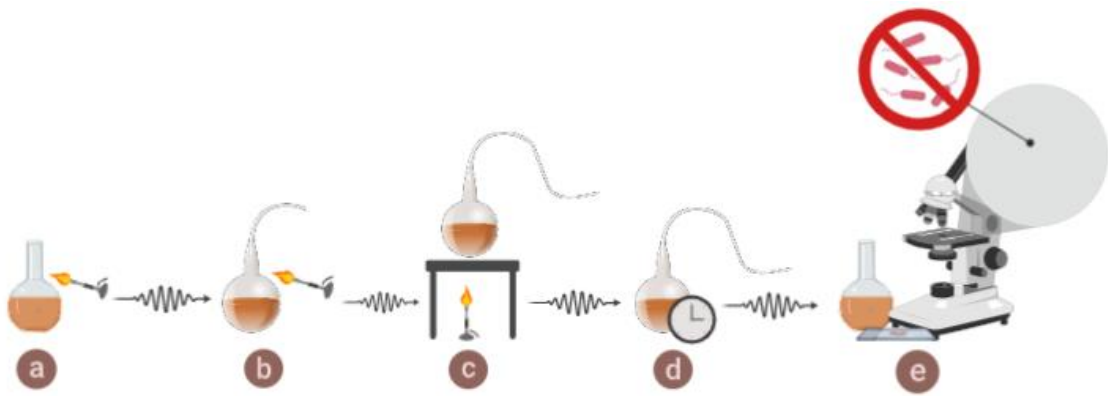


Figura 4. Interpretación del experimento de Pasteur en donde se muestra el inicio (a, b, c), el desarrollo (d) y el resultado (e) del mismo.

Simultáneamente al desarrollo de los experimentos de Pasteur, más concretamente en 1858, Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Wallace (1823-1913) publicaron casi simultáneamente sus teorías sobre la evolución de las especies. Ambas coincidían en la existencia de un único origen en común para todas las especies, lo que supuso un cambio en la perspectiva científica relacionada con el origen de la vida (Horowitz & Miller, 1962). Dejó de buscarse el cómo se creaba cada organismo para poder centrarse en cómo surgió el primero, al que actualmente conocemos por el acrónimo L.U.C.A. (*Last Universal Common Ancestor*).

En 1868, Haeckel sugirió que los componentes orgánicos presentes en la materia viva (como las proteínas) debían de haberse formado a partir de materiales inorgánicos precursores, tales como el dióxido de carbono o las sales de amoníaco, que debían de encontrarse en la atmósfera e hidrosfera primitivas, afirmando que dicho ambiente debía ser muy diferente al actual (Dose, 1981). Esta idea reflejaba el comienzo de las hipótesis que se estaban desarrollando, centradas en la posibilidad de que el primer organismo vivo hubiera surgido espontáneamente a partir de la materia inorgánica, tal y como se muestra en la *Figura 5*.

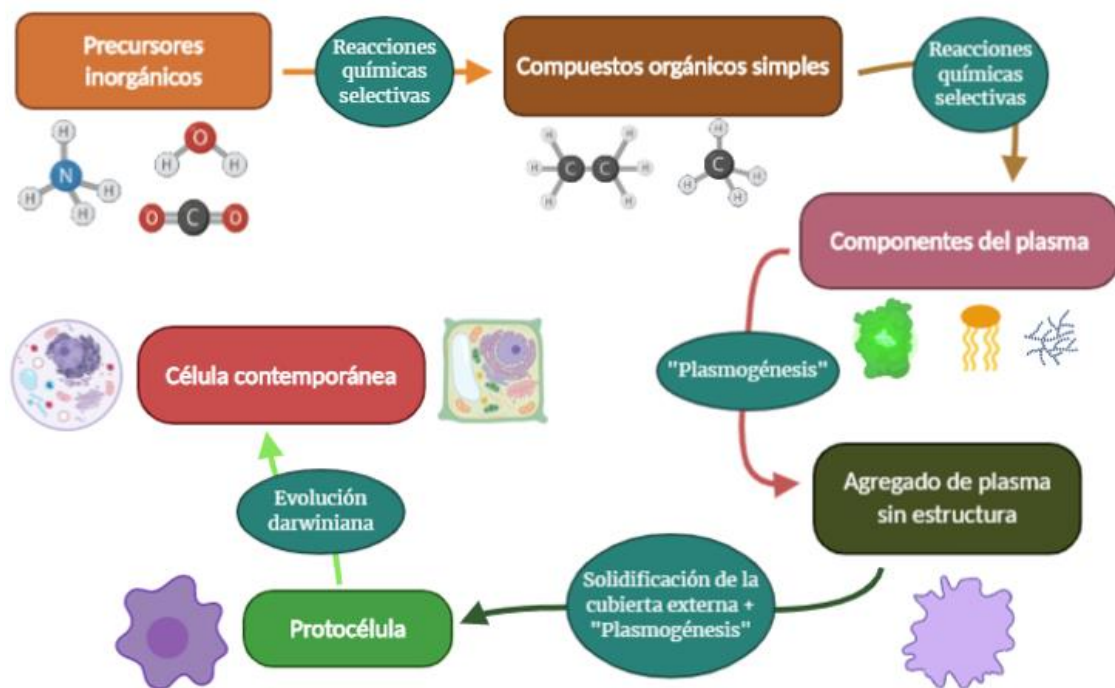


Figura 5. Esquema de la hipótesis de Haeckel sobre el origen de la vida, modificado de Dose (1981).

Inmerso en este contexto, Thomas Huxley (1825-1895) acuña en el 1870 los términos Biogénesis y Abiogénesis para distinguir las nuevas corrientes de pensamiento de la ya rechazada Generación Espontánea. La hipótesis de la Biogénesis estaría influida por el experimento de Pasteur, afirmando que toda la materia viva procede de otra materia viva anterior. Por otro lado, se encontraría la Abiogénesis (denominada más tarde como Arquebiosis por Haeckel), que enuncia que la materia viva puede haberse producido a partir de materia no viva, haciendo especial referencia al surgimiento del primer organismo (Huxley, 1870). Posteriormente, esta última hipótesis se desarrolló hasta dar lugar a la Abiogénesis Evolutiva, teoría que afirma que la vida tuvo que surgir de manera espontánea a partir de materia inorgánica y posteriormente evolucionar hasta alcanzar la complejidad actual (Tirard, 2010).

Un año después de la contribución de Huxley, en una carta dirigida a Joseph D. Hooker, Darwin hace mención de su idea del “pequeño charco cálido” donde afirmaba que en la actualidad sería imposible recrear las condiciones primitivas en las que surgió la vida, ya que los organismos actuales eliminarían este primer individuo instantáneamente (Peretó *et al.*, 2009; Tirard, 2010).

Para inicios del siglo XX esta teoría se había desarrollado asumiendo que las primeras formas de vida debían de ser organismos con la capacidad de fijar CO₂ atmosférico a la

par que utilizar agua, para poder sintetizar componentes orgánicos de los que alimentarse. En 1902, Alfonso L. Herrera (1868-1942) aunó estas ideas bajo la teoría de la Plasmogénesis o teoría Autotrófica, donde se asume que L.U.C.A. sería un organismo fotosintético primitivo (Lazcano, 2010).

En 1924, teniendo como premisa el gran desarrollo vivido a finales del siglo XIX en la síntesis de compuestos orgánicos a partir de inorgánicos mediante el uso de descargas eléctricas, Alexander Oparin (1894-1980) publica su propia teoría sobre el origen de la vida y el ambiente en el que debió suceder (Lazcano, 2010). En esta publicación reinterpretó los pensamientos de Haeckel y Darwin, afirmando que los primeros organismos habrían sido precedidos de una etapa evolutiva prebiótica durante la que se generaron compuestos orgánicos de manera abiótica en un ambiente muy reductor. Además, también argumentaba que este primer organismo debía ser una bacteria heterotrófica completamente dependiente del material orgánico presente en el medio primitivo. De esta manera separó la idea del origen a partir de generación espontánea, del origen químico y bioquímico de la vida, dando paso al desarrollo de la Hipótesis Heterotrófica sobre L.U.C.A. (Lazcano, 2016).

Cinco años después, John Haldane (1892-1964) publicó de manera independiente una idea bastante similar sobre la posibilidad de que se diera una síntesis de componentes orgánicos previa al origen de la vida, basándose sobre todo en los experimentos del químico Edwar C.C. Baly (1871-1948) sobre la síntesis de aminoácidos bajo la influencia de radiación ultravioleta (Lazcano, 2016). Otra gran aportación de Haldane al tema fue la acuñación del término “sopa prebiótica” para hacer referencia al océano primitivo en el que se originó la primera molécula (Tirard, 2010).

Sin embargo, no fue hasta 1953 que estas teorías se llevaron a la práctica, cuando Stanley Miller (1930-2007) realizó un experimento en el que simuló la posible interacción entre la atmósfera y el océano primitivo (*Figura 6*). Para ello proyectó periódicamente descargas eléctricas sobre varias mezclas de metano, amoníaco, hidrógeno y agua. Finalmente consiguió sintetizar componentes orgánicos, proporcionando así una demostración experimental a la teoría de Oparin y Haldane (Lazcano, 2010).



Figura 6. Imagen del aparato usado por Miller para llevar a cabo su experimento (Lazcano & Bada, 2003).

Por último, también debemos de tener en cuenta que, durante el siglo XIX, paralelamente al desarrollo de estas teorías, autores como Hermann von Helmholtz (1821-1894) o Lord Kelvin (1824-1907) habían planteado la posibilidad de que la vida no se hubiera originado en la Tierra, si no en el espacio (Lazcano, 2010). Svante A. Arrhenius (1859-1927) acabó por darle forma con la hipótesis de la Panspermia, donde las “semillas” que dan lugar a la vida se encuentran en el espacio y únicamente germinan en aquellos planetas con condiciones favorables para ello (Horowitz & Miller, 1962; Sadlok, 2020).

3.1.2 CONCEPTOS CLAVE

Como cualquier materia de estudio en ciencias, el origen de la vida ha implementado en su desarrollo varios conceptos cuyo significado es de suma importancia a la hora de comprender las implicaciones de las teorías propuestas. Entre estos términos, teniendo en cuenta el curso para el que está planteado este temario, se destacarían los presentados en este apartado:

➤ Vida

Para comenzar se debe tener en cuenta y saber a qué nos referimos cuando hablamos de vida, para posteriormente poder entender el punto evolutivo en el que consideramos que se ha originado. Aunque esta cuestión genere grandes debates debido a su complejidad y ambigüedad (Ruiz-Mirazo, 2004; Mariscal *et al.*, 2019), vamos a entender la vida según ha sido definida recientemente por Tetz & Tetz (2020):

“La vida es materia organizada capaz de tener un metabolismo en base a información genética”.

De esta manera las teorías sobre el origen de la vida tendrían que perseguir como objetivo principal el explicar la aparición del primer organismo capaz de cumplir esa definición.

➤ LUCA vs. FUCA

Cuando Darwin propuso el término **LUCA** para hacer referencia al primer organismo vivo, únicamente tuvo en cuenta la raíz que origina el árbol de la vida que conocemos actualmente.

Sin embargo, hoy sabemos que la posibilidad de que conocer este organismo no nos facilite respuestas sobre el origen de la vida en la Tierra es bastante alta. Sobre todo teniendo en cuenta que han surgido estudios que proponen que los

primeros organismos vivos podrían haber sido antecesores de los virus (los cuales no estarían clasificados en esa genealogía) y que, realizando estudios sobre estos, se podría llegar a conocer información genética perteneciente a un mundo “vivo” anterior al de LUCA (Morange, 2011).

Por problemas como este, algunos autores han sugerido la utilización del término **FUCA** (*First Universal Common Ancestor*) como sustituto para LUCA, haciendo referencia a una entidad u organismo no celular que poseyera un mecanismo de traducción genético (Prosdocimi *et al.*, 2018). De esta manera sería FUCA el primer organismo o entidad capaz de evolucionar (Preiner *et al.*, 2020).

➤ Anaerobio vs. Aerobio

Desde el punto de vista de la respiración celular (mecanismo por el que los organismos degradan compuestos químicos para obtener energía), los organismos pueden clasificarse en base a si pueden realizar esta función con oxígeno (O₂) o no. Los **anaerobios** serían aquellos que no lo pueden usar, y cuyo crecimiento normalmente se ve inhibido en presencia del mismo; por el contrario, un organismo **aerobio** sería aquel capaz de respirar oxígeno (Madigan *et al.*, 2018).

Teniendo presente esta diferenciación y la descripción del ambiente en el que se originaría el primer ser vivo, es sencillo llegar a la conclusión de que este debía de ser obligatoriamente anaerobio. Sin embargo, el cómo obtendría la energía y el carbono necesarios para sobrevivir sería otra cuestión.

➤ Autótrofo vs. Heterótrofo

Como hemos visto en el primer apartado, las teorías propuestas a lo largo de la historia han ido variando en cuanto a cuál podría ser la forma de obtención de carbono más primitiva. Saber si esta fue la heterotrofia o la autotrofia es algo importante a tener en cuenta, sobre todo al considerar que el carbono es la base principal de los organismos para la síntesis de nuevo material orgánico (Nelson & Cox, 2017). Ahora bien, ¿cuál es la diferencia entre un organismo autótrofo y uno heterótrofo?

Según Madigan *et al.* (2018) un organismo **heterótrofo** sería aquel cuyo carbono celular es obtenido de cualquier compuesto orgánico. Así mismo, los organismos **autótrofos** serían aquellos que usan compuestos inorgánicos en su lugar, normalmente procedentes del dióxido de carbono (CO₂).

Aunque algunas teorías apoyarían el origen heterótrofo, donde el aporte de carbono de los primeros organismos dependería de las moléculas orgánicas existentes en el ambiente (bien sean sintetizadas *in situ* o procedentes del espacio); actualmente parece haber un consenso más de acuerdo con la perspectiva autótrofa (Martin & Preiner, 2017).

➤ Fotótrofos vs. Quimiótrofos

Una vez entendida la clasificación de los organismos en base a su forma de obtener carbono, tendremos que diferenciarlos en base a la fuente de energía que utilizan para ello.

En este caso vemos que aquellos organismos que son capaces de convertir la radiación solar en energía son conocidos como **fotótrofos**, y que aquellos capaces de conservar la energía desprendida al oxidar enlaces químicos serían los **quimiótrofos** (Madigan *et al.*, 2018).

Pese a que los fotótrofos pueden ser tanto heterótrofos como autótrofos, dentro de los quimiótrofos únicamente vamos a encontrar organismos heterótrofos (tal y como se muestra en la *Figura 7*). Sin embargo, podemos diferenciar a estos últimos entre **organótrofos**, aquellos que usan la energía generada a partir de compuestos orgánicos, y **litótrofos**, los que aprovechan la energía de los compuestos inorgánicos (Nelson & Cox, 2017).

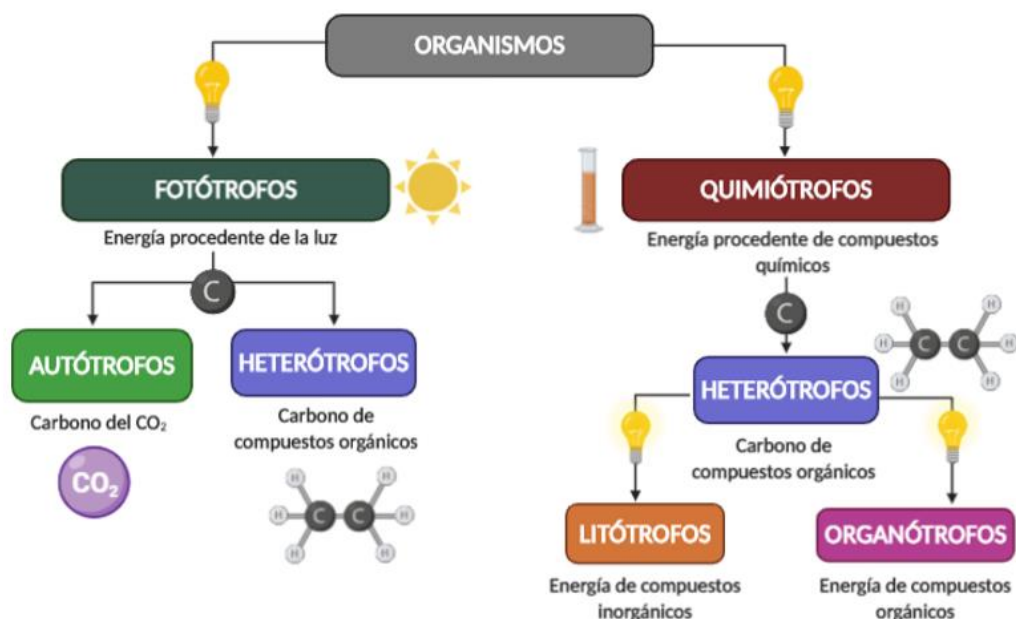


Figura 7. Esquema sobre los distintos tipos de organismos en base a su forma de obtener energía y carbono, modificado de Nelson & Cox (2017).

3.1.3 HIPÓTESIS ACTUALES

En este apartado se abordarán las hipótesis o teorías más populares actualmente, sin embargo, se hará una aproximación a las mismas desde varios interrogantes:

3.1.3.1 ¿CUÁNDO SE ORIGINÓ?

Como se ha mencionado en la introducción del apartado anterior, la vida surgió una vez que se dieron las condiciones adecuadas para ello en la Tierra. No obstante, antes de puntualizar en qué momento se dieron dichas circunstancias, habría que visualizar la evolución vivida por nuestro planeta desde su nacimiento hasta su estabilización.

La Tierra se formó, a la par que el Sistema Solar, gracias a una explosión estelar alrededor de 4.570 millones de años atrás. Durante sus inicios, se caracterizó por presentar su superficie fundida y sometida a un constante bombardeo de meteoritos y cuerpos espaciales (*Figura 8*), por lo que su temperatura era muy elevada y únicamente daba lugar a la existencia de componentes inorgánicos (entendiendo como tales los componentes cuya base no es el carbono). Una forma de visualizar la gran magnitud de estos bombardeos podría ser la comprensión de cómo uno de ellos fue el causante de la creación de nuestro satélite, la Luna (Anguita, 2002; Pedrinaci, 2010).

Fue así como la Tierra vivió el Eón Hádico, que abarca desde sus inicios hasta el cese del bombardeo espacial, unos 3800 millones de años atrás. Una vez que la temperatura de la superficie se estabilizó, pudo aparecer sobre la corteza terrestre agua en estado líquido, bien procedente del interior de la Tierra (como consecuencia de la desgasificación volcánica) o bien procedente de cometas y asteroides helados (Madigan, 2018; Vert, 2018).



Figura 8. Representación de la Tierra durante el periodo Hádico (De Lima, 2019).

En este nuevo Eón, denominado Arcaico (que abarcaría desde los 3800 hasta los 2500 millones de años atrás) el ambiente se encontraría estabilizado, con agua líquida (requisito esencial para el surgimiento de organismos vivos) y una gran incidencia de radiación ultravioleta procedente del Sol. Estas características podrían haber dado lugar al establecimiento de las condiciones idóneas para que apareciera la materia orgánica, entendiéndose esta como aquella cuya base molecular son los átomos de carbono (Vert, 2018; Tirard, 2017).

Además, los elementos químicos más abundantes en este momento serían el azufre, el carbono, el hidrógeno, el fósforo, el nitrógeno y el oxígeno; este último hubiera sido el único elemento que no podría haberse presentado de manera individual (puesto que su aparición está bastante relacionada con la actividad de los primeros organismos vivos). Siendo importante, ya que entre estos elementos se encuentran aquellos que son más abundantes en la materia orgánica actual: carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno (Vert, 2018; Nelson & Cox, 2017).

Sin embargo, y pese a que tenemos algunos restos litológicos de esta época, es una tarea sumamente difícil encontrar algún remanente de este primer organismo, por lo que en su lugar se ha procedido a buscar el momento en el que se establecieron las condiciones adecuadas para el surgimiento de la vida (Anguita, 2002; Knoll, 2004):

- Presencia de agua líquida: gracias a estudios realizados sobre circones datados hace 4400m.a. se ha descubierto que para ese entonces la Tierra ya tendría una temperatura relativamente baja y la corteza sería rica en agua. Sin embargo, esto

no tiene que ser necesariamente compatible con la vida al tener en cuenta que el bombardeo meteorítico aún estaba sucediendo (Pedrinaci, 2010). Sin embargo, algunos autores opinan que la vida podría haber surgido en pequeños remanentes de agua subterránea estable existente en el interior de algunas rocas o minerales, lo que implicaría que la vida habría surgido hace 4300 millones de años, momento en el que el calor dejado por los bombardeos espaciales se hubiera estabilizado lo suficiente para permitir que estas reservas de agua no se evaporaran (Sleep, 2010; Knoll, 2004).

- Temperatura adecuada: como hemos mencionado, esta variable no solo es importante en relación a la presencia de agua, sino como determinante para la vida. En la Tierra este hecho depende de varios factores como la química atmosférica, la radiación solar o la propia dinámica interna del planeta. Se cree que desde su origen, la temperatura en la superficie de la Tierra se fue enfriando poco a poco, hasta que en algún punto entre los 4400 y los 3500 millones de años atrás se habría enfriado lo suficiente como para permitir la condensación de agua líquida, rondando aun así los 50-70°C (Huber *et al.*, 2012; Cleaves, 2018).
- Aporte de energía: se han barajado tres posibles fuentes de energía que dieran lugar a la aparición del primer organismo; siendo estas el calor, la energía química, las descargas eléctricas o la radiación solar (Cleaves, 2018). De entre estas la más problemática podría haber sido la última, puesto que podría haber existido una capa de polvo en la atmosfera que rodeara el planeta como consecuencia de los bombardeos y las erupciones volcánicas de la época. Sin embargo, no hay evidencias de que dicha nube de polvo evitara la llegada de la radiación a la superficie terrestre (Pedrinaci, 2010).
- Existencia de campo magnético: La precipitación de hierro desde el núcleo externo al núcleo interno de la tierra da como resultado esta actividad magnética que rodea al planeta. Actualmente es sumamente importante, puesto que nos ofrece cierta protección frente a la radiación capaz de disociar el agua, evitando que la atmosfera se degrade y haciendo así al planeta un lugar más habitable. Como vemos, es una característica sumamente importante, por lo que conocer si estaba presente o no cuando surgió la vida podría tener varias implicaciones importantes (Tang *et al.*, 2018). Sin embargo, no se han podido obtener resultados concluyentes de la existencia de dicho campo más allá de los 3500 millones de años atrás (Borlina *et al.*, 2020).

- Primeros indicios de vida: conocer aquellos organismos más antiguos cuya presencia ha llegado hasta la actualidad resulta conveniente para poder tener una referencia con la que trabajar. En base a esto, vemos que en el Registro Fósil la datación más antigua hasta la fecha sería la dada por los estromatolitos del afloramiento rocoso de Isua (Groenlandia), que datan de hace 3700 millones de años. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los estromatolitos no son restos de organismos unicelulares per sé, sino que se corresponderían con restos de ecosistemas bacterianos (Nutman *et al.*, 2016). Además, dentro de este mismo afloramiento rocoso, también se encontraron restos litológicos en los que la composición isotópica demostraba una mayor abundancia de C^{12} (carbono típicamente fijado por seres vivos) frente a C^{13} (carbono típicamente procedente de ambientes abióticos). Estos restos, datados hace 3800 millones de años serían la huella más antigua que implicara la existencia de actividad biológica (Schidlowski, 2001).

Tras analizar este conjunto de datos, podemos entender el por qué la mayoría de los autores no se arriesgan a establecer una fecha o periodo más concreto para datar el origen de la vida. Sin embargo, la gran mayoría coinciden en que este hecho debió ocurrir hace algo más de 4000 millones de años (Cantine & Fournier, 2017).

Además, podemos comprobar como desde esta aproximación del surgimiento de la vida a la aparición de ecosistemas, tales como los estromatolitos, hay relativamente poco tiempo. Esto nos demostraría que una vez que se dieron las condiciones adecuadas, la vida se desarrolló extremadamente rápido, dejando poco tiempo a estos primeros organismos para que produjeran una huella más perdurable en el planeta (*Figura 9*).

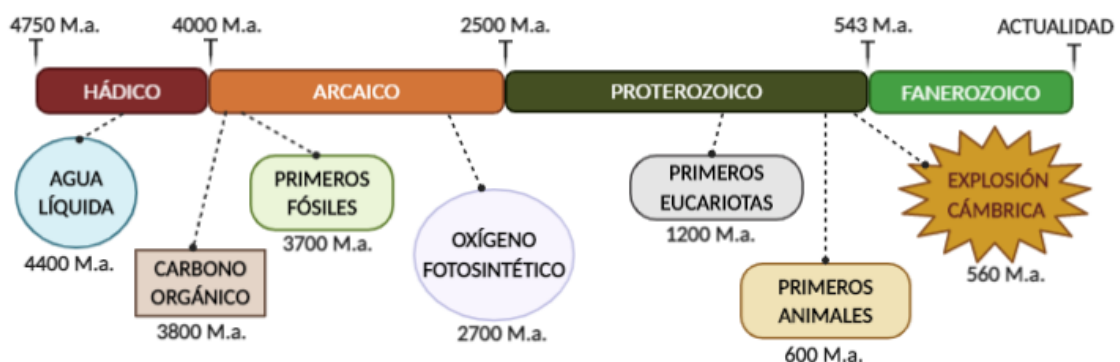


Figura 9. Esquema de algunos hitos relevantes en la historia de la Tierra, modificado de Knoll et al. (2016).

3.1.3.2 ¿CÓMO Y DÓNDE APARECIÓ?

De entre las dos maneras más comunes para aproximarse a este aspecto, se va a seguir la corriente “*Bottom-Up*” (Mariscal *et al.*, 2019; Preiner *et al.*, 2020), yendo por tanto de lo más primitivo a lo más moderno en todos los modelos mencionados:

- *ORIGEN SUPERFICIAL:*

Este modelo surge de la hipótesis de Oparin y Haldane, que más tarde fue demostrada experimentalmente por Miller. Químicamente se basa en que la atmósfera de la Tierra fuera reductora (sin oxígeno) y que la materia orgánica que surgiera lo haría en base a carbono reducido procedente del CO₂. La energía existente surgiría de la radiación ultravioleta, el calor y posiblemente la energía eléctrica. Finalmente, todo esto daría lugar a la formación de un caldo o sopa primitiva, en donde se sintetizaría una gran cantidad de monómeros (moléculas orgánicas simples) que irían agrupándose y desarrollándose hasta dar lugar a polímeros o moléculas más compleja (Erastova *et al.*, 2017).

Como vemos, este modelo situaría el origen de la vida en la superficie del agua (más concretamente en la interfaz aire-agua), en lugares tales como charcos, lagunas o mares. Sin embargo, actualmente se ha refinado hasta asumir que dicha interfaz se daría en el interior de minerales hidratados, de manera que estos ofrecerían cierta protección frente a los efectos nocivos que pudieran derivarse de la radiación; además de permitir que se dieran ciclos de “humedad-sequedad”. Serían estos ciclos (siendo más plausibles los explicados por oscilaciones diurnas de la temperatura frente a los dados por periodos de lluvias) los que permitirían que se aglomerasen los monómeros al reducirse la cantidad de agua y que se dieran las concentraciones adecuadas para que surgieran los biopolímeros (Campbell *et al.*, 2019; Preiner *et al.*, 2020).

- *ORIGEN EN ARCILLAS:*

Más recientemente algunos autores han estado estudiando arcillas de silicatos que presentan hidróxidos dobles en capas, entre las que podrían haberse dado las mismas condiciones que el modelo anterior (Erastova *et al.*, 2017). Sin embargo, este modelo parece ofrecer un peor ajuste que el anterior ante los posibles problemas de “sobredilución” que podrían aparecer en los periodos más húmedos de los ciclos de humedad-sequedad (Campbell *et al.*, 2019).

Pese a esto, hay quien llega a afirmar que estas capas podrían haber tenido una implicación importante en la aparición de las primeras membranas como bicapas lipídicas (Bernhardt, 2019).

- *ORIGEN EN SURGENCIAS HIDROTERMALES:*

Dentro de este modelo se han sugerido como posible origen varias localizaciones que compartirían características similares, tales como la presencia de un solvente líquido (como el agua) y de elementos como carbón, nitrógeno y fósforo; además de un aporte de energía tanto térmico como químico. De entre los lugares propuestos acabarían destacando las fumarolas marinas y las calderas hidrotermales (*Figura 10*). La similitud de ambos ha llevado a los científicos a pensar que podrían haber surgido biomoléculas de manera independiente en estos lugares y luego haberse encontrado en la localización final en la que surgiría la primera célula (Preiner *et al.*, 2020).

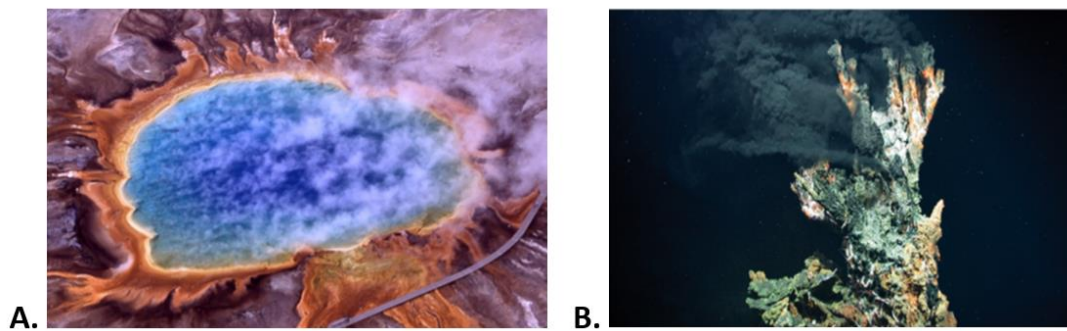


Figura 10. Imágenes de una caldera hidrotermal del Parque Nacional de Yellowstone (A) y de una fumarola submarina (B) actuales (Omran & Pasek, 2020).

La principal diferencia entre las calderas y las fumarolas sería que las primeras estarían sometidas a los ciclos de humedad-sequedad ya mencionados, teniendo una mayor facilidad para alcanzar una fase “protobionte” con una estructura parecida al plasma celular. Las fumarolas, por otro lado, parecen ofrecer una explicación al surgimiento del metabolismo celular gracias a la existencia de complejos de Hierro-Azufre (Martin *et al.*, 2008; Omran & Pasek, 2020).

Cabe destacar también que este modelo se volvió bastante popular gracias a que algunos estudios filogenéticos han llegado a inferir que LUCA tendría que ser un organismo hidrotermal, por lo que no sería descabellado pensar que sus ancestros moleculares también (Weiss *et al.*, 2016).

Por último, mencionar que dentro de este modelo podrían encontrarse las hipótesis relacionadas con un posible origen de la vida en los volcanes de lodo de serpentinita que surgen en las zonas de subducción (Fryer *et al.*, 2020); no obstante, aún no está muy claro que el sistema de placas tectónicas estuviera ya presente durante el Hádico (Brown *et al.*, 2020).

- *ORIGEN EXTRATERRESTRE:*

A este modelo se le conoce más comúnmente como la hipótesis de la Panspermia. Sugiere que la síntesis de monómeros orgánicos podría haber ocurrido en otra parte del universo y luego haber alcanzado la Tierra durante el bombardeo meteorítico del Hádico. Esta teoría se sustenta gracias a la presencia de materia orgánica en otras partes del universo (como Marte) y a diferentes experimentos llevados a cabo sobre la viabilidad y resistencia de las biomoléculas ante semejante trayectos (McSweeney, 2018; Kawaguchi, 2019).

Dentro de este modelo podríamos ver dos teorías diferentes, una que afirma que la vida llegó directamente a la Tierra colonizándola, y otra indirecta en la que se piensa que lo que llegó fue una gran cantidad de materia orgánica junto con agua. Actualmente se están desarrollando proyectos que intenten demostrar la viabilidad de esta primera aproximación (Sadlok, 2020).

Finalmente, aunque hemos visto varios posibles orígenes para la vida en la Tierra, todos coinciden en que la evolución desde la química orgánica a la bioquímica debe haber seguido un esquema parecido al reflejado en la *Figura 11*.

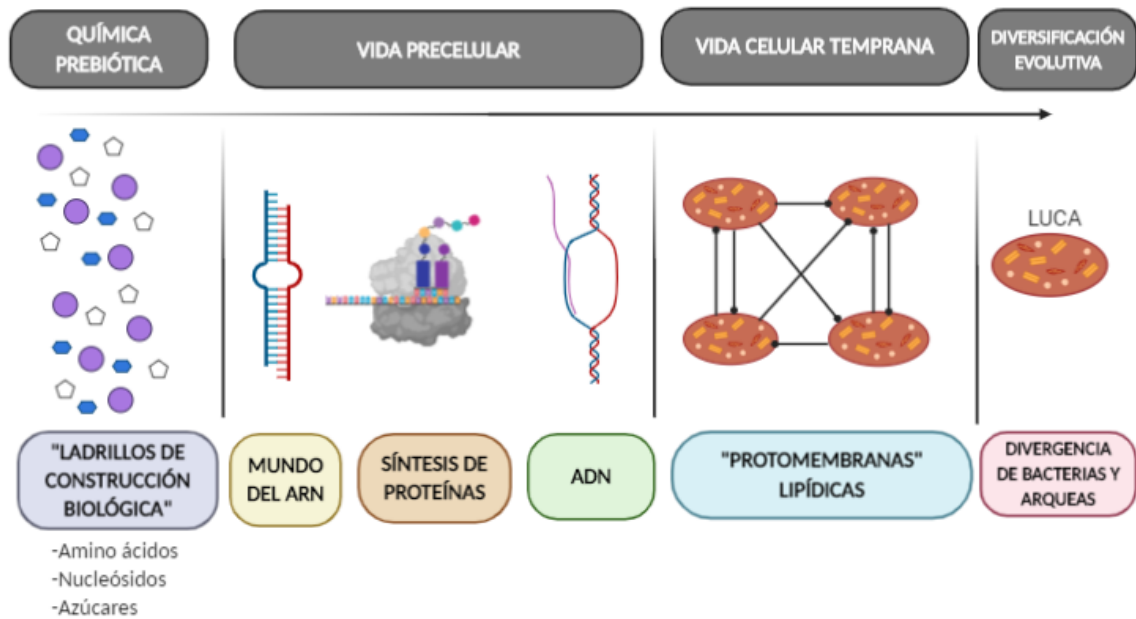


Figura 11. Esquema de eventos que habrían precedido al origen de la primera célula hipotéticamente, modificado de Madigan et al. (2018).

3.1.3.3 ¿POR QUÉ SURGIÓ?

Aunque responder a esta pregunta es sumamente complicado desde un punto de vista meramente biológico, actualmente se distinguen dos corrientes que intentan abordar esta cuestión.

Por un lado, se encontrarían aquellos que creen que la vida se originó como consecuencia de la evolución química en el planeta, alegando por tanto una causa determinista, en donde no se contempla ninguna otra posibilidad. Se ve la vida como un proceso tan altamente probable que hubiera ocurrido de cualquier forma posible (De Duve, 2011).

Por otro lado, encontraríamos una corriente más contingente, que opina que la vida surgió de manera azarosa, siendo así una de las muchas posibilidades que hubieran podido pasar en nuestro planeta (Annala & Annala, 2008).

Actualmente, la mayor parte de la comunidad científica aboga por la visión determinista, asumiendo que el surgimiento de la vida era un hecho inevitable una vez que se hubieran dado las condiciones idóneas para ello (Nakazawa, 2018).

3.1.4 SUMARIO TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA

Una vez comprendida toda la información vista hasta ahora podemos empezar a dilucidar por qué el origen de la vida es una incógnita tan complicada de resolver. Además, encontrar una solución definitiva que satisfaga al completo de la comunidad científica parece una misión imposible debido a las dificultades dadas para su comprobación. A lo que habría que sumar la posibilidad de que no existiera una única solución factible, sino que todas ellas hayan podido ocurrir de manera más o menos simultánea (Lu *et al.*, 2017).

Finalmente, a modo de resumen, podríamos englobar toda la información en base a las teorías más importantes históricamente hablando, considerando como totalmente refutada a la primera expuesta y como aceptadas a las siguientes:

- GENERACIÓN ESPONTÁNEA: dentro de esta teoría se encontrarían todas aquellas variantes dadas hasta el experimento de Pasteur, que afirmaban que los organismos vivos podían surgir espontáneamente de materia inorgánica, orgánica o incluso de una mezcla de ambas (Needham, 1748; Parke, 2014; Roll-Hansen, 2018).
- PANSPERMIA: esta hipótesis propone que la vida en la Tierra (directa o indirectamente) procede de cualquier lugar del universo, habiendo llegado hasta aquí a través de cometas, asteroides y meteoritos (Lazcano, 2010; Sadlock, 2020).
- ABIOGÉNESIS O SÍNTESIS PREBIÓTICA: dentro de esta teoría podríamos englobar el resto de las hipótesis mencionadas, siendo actualmente las más aceptadas. Todas ellas mantendrían en consenso la necesidad de que se diera una transición desde material inorgánico a moléculas orgánicas, y un posterior desarrollo hasta alcanzar el estadio celular y su consecuente evolución hasta lograr la enorme biodiversidad presente actualmente en nuestro planeta (Tirard, 2010; Lazcano, 2016).

3.2 ENFOQUE DIDÁCTICO Y SU UTILIDAD PRÁCTICA

La propuesta didáctica descrita en este trabajo tiene como objetivo principal la correcta comprensión por parte del alumnado de las principales hipótesis y pruebas relacionadas con el origen de la vida, así como el entendimiento del proceder científico actual.

Para el correcto desarrollo de esta unidad didáctica tenemos que tener en cuenta el entorno educativo en el que nos encontramos. Ya a principios de la década de los 90, varios investigadores se dieron cuenta de que el método tradicional de enseñanza (basado principalmente en la exposición oral del contenido por parte del docente) no estaba logrando que el alumnado aprendiera de manera significativa por sí solo, ni siquiera aquellos que eran considerados como mejores alumnos (Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Fue, como medida para intentar paliar este hecho, que se empezaron a desarrollar varias metodologías que pretendían que el alumnado se volcará más en el currículum, tratando de reducir la brecha que había estado apareciendo entre el ámbito escolar y la cultura juvenil (García *et al.*, 2007). Entre estas nuevas formas de enseñar surgió el Aprendizaje Basado en Proyectos o PBL, cuyo fin era conseguir que el alumno aprendiera a la par que aplicaba las ideas curriculares a la construcción de un producto final. De esta manera el alumno se comprometería realmente con actividades similares a las dadas en el mundo laboral adulto, lo que llamaría aún más su atención (Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019).

Entendemos, por tanto, que dicho PBL se definiría como una metodología centrada en el aprendizaje activo del alumno, caracterizada por la autonomía del mismo, la investigación constructiva, la consecución de objetivos, colaboración, comunicación y reflexión mediante la ejecución de prácticas relacionadas con el mundo real (Díaz Barriga, 2003; Kokotsaki *et al.*, 2016).

Son muchos los estudios que reflejan el buen funcionamiento del PBL al implantarlo en las aulas, por lo que unir este tipo de aprendizaje con el desarrollo de prácticas de laboratorio relacionadas con el tema elegido, podría tener muy buen resultado con los alumnos (Byington, 2001; Kokotsaki *et al.*, 2016). Es en este momento en el que recordamos la sencillez de los experimentos llevados a cabo bajo la premisa de la Generación Espontánea, sirviendo como ejemplos llamativos para que el alumno se sienta integrado en su propio proceso de aprendizaje. Además, debemos de considerar que esta clase de ensayos requieren de cierta conciencia y maestría del protocolo a utilizar, por lo que también fomentaría que los estudiantes desarrollaran una correcta forma de estar y trabajar en el laboratorio.

De todas formas, existen artículos que enumeran las problemáticas que pueden surgir al usar este tipo de innovaciones didácticas de manera única y exclusiva, por lo que también se recurrirá a la enseñanza tradicional al inicio de la unidad como forma de introducir una base conceptual previa (Valero-García, 2012). Es a través de la unión de esta forma más tradicional de impartir conocimiento con las metodologías innovadoras que se pretende que el alumno no solo aprenda, sino que disfrute mientras lo hace. Dando lugar finalmente a una inmersión en el temario a través de la experimentación y el desarrollo de conclusiones propias que resulte interesante y enriquecedora para la vida personal, académica y laboral del alumnado.

Por último, sería importante recalcar lo importante que resulta en estas edades, puede que más concretamente para el curso en el que esta enfocado esta unidad didáctica (4º de la ESO), que los alumnos vivan un acercamiento realista al mundo científico y sus implicaciones. De manera que puedan desmitificar y eliminar los posibles prejuicios existentes que pudieran conllevar que no cursaran estudios superiores, como el Bachillerato, por razones y miedos infundados hacía este ámbito del conocimiento.

4. PROYECCIÓN DIDÁCTICA

4.1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se desarrollará una unidad didáctica relativa al área de Biología y Geología, enfocado más concretamente en alumnos pertenecientes a 4º de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) de la propia asignatura de Biología y Geología.

El contenido seleccionado trata las distintas hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra que se han ido dando a lo largo de la Historia, tema que siempre ha suscitado mucho interés nos solo dentro de la comunidad científica, sino a un nivel poblacional más general.

La comprensión de estas teorías podría ayudar a los alumnos a entender y afianzar otros conocimientos impartidos tanto dentro de la misma asignatura como en cursos posteriores, como podrían ser los relacionados con la evolución, la transmisión y herencia de caracteres o incluso el origen y la historia de nuestro planeta. Sobre todo, si tenemos en cuenta que nos encontramos en un curso en el que los alumnos tienen la suficiente madurez como para visualizar este tipo de conocimientos tan abstractos para posteriormente ser capaces de interiorizarlos y extrapolarlos correctamente.

A pesar de que el desarrollo tan extenso de esta temática no suele estar contemplado dentro de la educación secundaria, posiblemente por la cantidad de incógnitas que presenta y su falta de demostración empírica; ofrece un importante nivel formativo desde distintas perspectivas educativas relacionadas con la visión y el trabajo práctico dentro del ámbito de la ciencia que pueden tener los alumnos de estos cursos.

En primer lugar, es un tema perfecto para **favorecer el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia**. Puede otorgar a los alumnos una visión sobre el proceder científico, el cómo se construye el conocimiento, el cómo está dispuesto a evaluación y consiguientemente cómo se va modificando en base a los avances tecnológicos. Ayudándoles a entender que dicho conocimiento no es necesariamente cierto e irrefutable, y que pueden ir apareciendo a lo largo de la historia nuevas hipótesis que expliquen mejor la realidad en la que vivimos; demostrando también la importancia que el método científico y el pensamiento crítico tienen sobre la fundamentación de dichas hipótesis.

De igual forma, es un tema que **demuestra la interdisciplinariedad inherente a las ciencias**, puesto que en él se implican materias tales como la biología, filosofía, la física, la geología y la química, llegando a abarcar todas las ramas que derivan de estas. Este hecho puede acabar aportando a los alumnos una visión más realista del mundo científico

actual, donde todas y cada una de sus disciplinas necesitan trabajar juntas para resolver los problemas que se les van presentando. Aportando también una idea de la conexión existente entre todas las disciplinas científicas a lo largo de la elaboración de nuevos conocimientos.

Finalmente, este temario **ofrece cuestiones interesantes para debatir y argumentar**, tanto internamente por parte de los alumnos como globalmente en la clase. Un debate requeriría para resultar constructivo que la cuestión a abordar sea interesante y llame la atención, pero también que no exista una única respuesta correcta plausible, sino que se dé lugar a la búsqueda de argumentos que puedan apoyar las distintas opiniones... cuestiones que se presentan como características del tema seleccionado.

Teniendo en cuenta estos aspectos, la realización de una unidad didáctica centrada en las hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra quedaría más que justificada en relación al aprendizaje que puede obtener el alumno no solo en cuanto al contenido sino también en cuanto a un posible futuro laboral en el ámbito científico.

Quedando plasmada la importancia de dicha necesidad en el apartado IV del Preámbulo de la LOMCE (Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora educativa), ley en la que se engloba de forma general este trabajo:

“La educación es la clave de esta transformación mediante la formación de personas activas con autoconfianza, curiosas, emprendedoras e innovadoras, deseosas de participar en la sociedad a la que pertenecen, de crear valor individual y colectivo, capaces de asumir como propio el valor del equilibrio entre el esfuerzo y la recompensa. (...).

Las habilidades cognitivas, siendo imprescindibles, no son suficientes; es necesario adquirir desde edades tempranas competencias transversales, como el pensamiento crítico, la gestión de la diversidad, la creatividad o la capacidad de comunicar, y actitudes clave como la confianza individual, el entusiasmo, la constancia y la aceptación del cambio.”

4.2 LEGISLACIÓN EDUCATIVA DE REFERENCIA

4.2.1 A NIVEL NACIONAL (BOE)

Como se ha mencionado en el apartado anterior, esta unidad didáctica se encuadraría legalmente dentro de la organización general de la ESO, recogida en el Artículo 25 de la LOMCE (Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora educativa).

De manera más concreta, se realizaría en base al currículum vigente actualmente a nivel nacional. Recogido en el Bloque 1. La evolución de la vida, de la asignatura de 4º de la ESO de Biología y Geología registrada en el Anexo II del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículum básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Teniendo también presente la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.

4.2.2 A NIVEL AUTONÓMICO (BOCYL)

Se tendrá en consideración la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículum de la educación secundaria obligatoria y se regula la impartición, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en Castilla y León. Modificada por Disposición Final de la Orden EDU/589/2016, de 22 de junio y la Orden EDU/590/2016, de 23 de junio.

4.3 CONTEXTUALIZACIÓN DEL CENTRO ESCOLAR

4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO

El centro educativo seleccionado como ejemplo para el desarrollo de este trabajo es el Colegio Claret de Segovia, situado en el centro de la ciudad, más concretamente en la Avenida Padre Claret 3-5. Aunque el centro oferta el 1^{er} Ciclo de Educación Infantil y el Bachillerato como modalidad privada, el resto de niveles educativos quedan acogidos al régimen de conciertos educativos, de manera que se cofinancian con fondos públicos y privados. Pese a que en las etapas privadas podemos encontrar a alumnos procedentes de familias con más ingresos, el alumnado general del centro se puede clasificar como perteneciente a la clase media o media-alta.

Como vemos en la *Figura 12*, entre otras instalaciones el centro cuenta con un edificio principal en el que se encuentran la mayoría de las aulas de clase ordinaria (algunas equipadas con una pizarra digital, y encontrándose la mayoría dotadas de un ordenador y un proyector), además de varias aulas de informática, un par de laboratorios de física y química y un laboratorio de biología y geología (*Figura 13*). También cuenta con una pista de atletismo y varias pistas deportivas tanto de baloncesto como de fútbol, además de un polideportivo techado. Por último, mencionar que las instalaciones destinadas al 1^{er} Ciclo de Educación Infantil se encontrarían separadas del edificio principal, en un recinto situado al lado de la Iglesia del Centro (*Figura 13*).



Figura 12. Vista de satélite del Colegio Claret de Segovia con la señalización de sus instalaciones



Figura 13. Imágenes de uno de los laboratorios de Física y Química (izquierda) y del laboratorio de Biología y Geología del centro (derecha).

El objetivo principal del centro es el desarrollo tanto personal como académico de sus alumnos, promoviendo actitudes como el trabajo cooperativo, la tolerancia y la solidaridad dentro de un contexto religioso basado en el sistema de valores de la Iglesia Católica. Trata de adaptarse, dentro de lo posible, a las particularidades que pueda presentar cada alumno, fomentando una actitud acogedora e inclusiva de la mano de la acción tutorial y el acompañamiento personal. Por último, cabe destacar la actitud tomada en cuanto al fomento de la formación del profesorado y la innovación educativa.

Finalmente, la jornada escolar cuenta con distintos horarios de entrada y salida en función de la etapa educativa (medida tomada para tratar evitar aglomeraciones debido al gran número de alumnos que acoge). El horario correspondiente para la Educación Secundaria sería de 8:30 a 14:25 los lunes, martes, jueves y viernes, y de 8:20 a 14:45 los miércoles (a excepción del segundo curso, que saldría a las 13:55). Las clases tienen una duración de 55 minutos, dejando 5 minutos entre estas a modo de descanso y para facilitar el movimiento de los profesores entre aulas. Tanto al inicio como al final de cada clase, así como de la franja establecida a media mañana como recreo (con una duración de 30 minutos) se emitiría una señal sonora o timbre como aviso.

4.3.2 DESCRIPCIÓN DEL AULA

Durante el desempeño de esta unidad didáctica se utilizarán dos instalaciones distintas, cada una ajustada al ambiente adecuado en función de la actividad a desarrollar por los alumnos.

La parte más teórica se impartirá en un aula tradicional, la cual cuenta con dos pizarras tradicionales, así como un ordenador y un proyector que permitan el uso de elementos digitales y/o audiovisuales. Igualmente se hará uso del laboratorio de Biología y Geología, igualmente equipado con dos pizarras tradicionales, un ordenador y un proyector; así como del material necesario para la realización del contenido práctico y el correspondiente con las medidas de seguridad oportunas (lavabos de seguridad, guantes, gafas de protección, extintor, etc.).

Como ya se ha mencionado, la unidad está dirigida a alumnos de 4º de la ESO del itinerario de Enseñanzas Académicas, más concretamente de la modalidad dirigida a los alumnos que busquen cursar un Bachillerato de Ciencias. Dichos alumnos se encuentran en la franja de los 15 a los 17 años de edad, caracterizándose por encontrarse en un período de incertidumbre clave para sus futuras elecciones académicas.

De manera general se suele dar 1 solo grupo de alumnos dentro de esta asignatura, en el que suele haber entre 20 y 28 alumnos. El porcentaje entre mujeres y hombres suele estar bastante igualado, caracterizándose por ser alumnos responsables con cierta predisposición hacia el mundo laboral científico o de la salud. De igual forma, no es común encontrarse con alumnos que necesiten adaptaciones curriculares o que presenten algún tipo de diversidad funcional.

4.4 ASPECTOS PSICOLÓGICOS Y PEDAGÓGICOS DEL ALUMNADO DE LA ENSEÑANZA.

Como ya hemos mencionado, el alumnado característico de 4º de la E.S.O. suele tener entre 15 y 16 años. Estos se encontrarían, por tanto, inmersos en la etapa conocida como adolescencia, donde no solo va a ser importante tener en cuenta los aspectos pedagógicos sino también psicológicos que presenten los estudiantes, especialmente si tenemos en cuenta que su experiencia en el aula puede acabar marcando su futuro como adultos.

Estos jóvenes (conocidos como “nativos digitales”) cada vez presentan más diferencias con respecto a las generaciones que les precedieron. Están acostumbrados a la cultura digital, a la realización de varias tareas simultáneamente y a la existencia de relaciones sociales en cualquier momento y lugar. A su vez también se ha podido comprobar su creciente necesidad de conocimientos y comprensión, relacionada con la alta demanda de reflexión y socialización (Marcelo, 2009).

Es importante tener en cuenta también, que se ha podido ver que la competencia escolar que se adquiera en esta etapa, así como la aceptación de los compañeros y la conducta propia son dimensiones que afectan significativamente a la autoestima del alumnado de estas edades. Demostrando que no solo los compañeros afectan a la autoestima del estudiante, sino que las figuras de autoridad como padres y docentes también tendrían un impacto crítico con respecto a su sentimiento de valía. Es por esto que tener en cuenta la motivación ofrecida y desarrollada por el alumno, así como su autopercepción de capacidades acaba jugando un papel importante en relación con su rendimiento académico y su implicación para con el sistema escolar (Broc, 2000).

Es durante esta etapa de la adolescencia donde se consigue pasar de un pensamiento concreto al pensamiento abstracto, lo que les permite realizar proyecciones de futuro más características de la madurez. Es por esto que vemos como se presenta un creciente autointerés que finalizará con el establecimiento de objetivos vocacionales, bien sean más realistas o más fantasiosos (Güemes-Hidalgo *et al.*, 2017).

En el caso más concreto del alumnado que se ha hipotetizado para el desarrollo de esta unidad didáctica, nos encontraríamos ante un total de 20 alumnos. Entre estos se diferenciarían 12 mujeres y 8 hombres, de los cuales ninguno sería repetidor de la asignatura, pero hallaríamos a una alumna de altas capacidades y un alumno con un cierto grado de deficiencia visual.

4.5 ELEMENTOS CURRICULARES

Como bien aparece en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato:

“El currículo estará integrado por los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa; las competencias, o capacidades para activar y aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, para lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos; los contenidos, o conjuntos de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias; la metodología didáctica, que comprende tanto la descripción de las prácticas docentes como la organización del trabajo de los docentes; los estándares y resultados de aprendizaje evaluables; y los criterios de evaluación del grado de adquisición de las competencias y del logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa”.

4.5.1 OBJETIVOS

El Capítulo I del Real Decreto 1105/2014 recoge la siguiente definición para los objetivos:

“b) Objetivos: referentes relativos a los logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar cada etapa, como resultado de las experiencias de enseñanza-aprendizaje intencionalmente planificadas a tal fin”.

Es en base a esta normativa y a la definición aportada por la misma, van a dividirse los objetivos relativos a esta unidad didáctica en los correspondientes a la etapa educativa, aquellos concernientes al área de conocimiento y, por último, los indicados para la propia unidad.

4.5.1.1 OBJETIVOS GENERALES DE ETAPA

Quedan recogidos en el Artículo 11 del Capítulo II del RD 1105/2014 los siguientes Objetivos generales de la Educación Secundaria Obligatoria, mostrándose a continuación únicamente aquellos que se consideren más relacionados con este estudio:

a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.

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

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

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

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

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

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

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

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

4.5.1.2 OBJETIVO GENERAL DEL ÁREA DE CONOCIMIENTO

Concretando los objetivos del apartado anterior, nos encontramos como según el Anexo I.B de la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León, en lo concerniente a la Biología y Geología el objetivo principal a perseguir sería “*que los alumnos analicen el mundo natural desde la metodología de la ciencia y utilicen las Tecnologías de la Información y de la Comunicación para*

la búsqueda de información, la presentación de sus observaciones y la elaboración de sus conclusiones”.

4.5.1.3 OBJETIVOS DIDÁCTICOS

A continuación, se presentan los objetivos específicos para la unidad didáctica, clasificados en base a su carácter conceptual, procedimental o actitudinal:

OBJETIVOS CONCEPTUALES:

1. Conocer la Teoría de la Generación Espontánea.
2. Identificar los principales argumentos a favor y en contra de la Generación Espontánea.
3. Describir los principales experimentos implicados en la aceptación o no de la Generación Espontánea.
4. Reconocer el vocabulario específico del tema.
5. Distinguir los científicos históricamente más relevantes en la investigación sobre el Origen de la Vida.
6. Señalar el significado de los términos LUCA y FUCA.
7. Enumerar las distintas Teorías actualmente aceptadas sobre el Origen de la Vida.

OBJETIVOS PROCEDIMENTALES:

8. Investigar los experimentos más importantes a favor y en contra de la Generación Espontánea.
9. Exponer y debatir de manera clara y usando un lenguaje adecuado los resultados de su investigación.
10. Planificar y realizar un experimento basado en la Generación espontánea.
11. Expresar y reflexionar, de manera oral y escrita, sobre los resultados del experimento.

OBJETIVOS ACTITUDINALES:

12. Interiorizar el proceder científico a través del método científico.
13. Valorar el carácter interdisciplinar y la complejidad de la labor científica.
14. Apreciar el trabajo propio y de los compañeros.

4.5.2 COMPETENCIAS

Al igual que antes, el Real Decreto 1105/2014 entiende las competencias del siguiente modo:

“c) Competencias: capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos”.

Tanto en el RD 1105/2014 como en el Artículo 2 de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, señalan las siguientes competencias clave del currículo:

- a) *Comunicación lingüística.*
- b) *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.*
- c) *Competencia digital.*
- d) *Aprender a aprender.*
- e) *Competencias sociales y cívicas.*
- f) *Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.*
- g) *Conciencia y expresiones culturales.*

Así mismo, en el Anexo I de la misma Orden, queda recogida la descripción para cada una de las competencias. A continuación, se citará la parte de dichas descripciones en las que se definen cada una de las competencias:

a) Comunicación lingüística (CL):

“La competencia en comunicación lingüística es el resultado de la acción comunicativa dentro de prácticas sociales determinadas, en las cuales el individuo actúa con otros interlocutores y a través de textos en múltiples modalidades, formatos y soportes”.

b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CM):

“La competencia matemática implica la capacidad de aplicar el razonamiento matemático y sus herramientas para describir, interpretar y predecir distintos fenómenos en su contexto. Las competencias básicas en ciencia y tecnología son aquellas que proporcionan un acercamiento al mundo físico y a la interacción responsable con él desde acciones, tanto individuales como colectivas, orientadas a la conservación y mejora del medio natural, decisivas para la protección y mantenimiento de la calidad de vida y el progreso de los pueblos”.

c) Competencia digital (CD):

“La competencia digital es aquella que implica el uso creativo, crítico y seguro de las tecnologías de la información y la comunicación para alcanzar los objetivos relacionados con el trabajo, la empleabilidad, el aprendizaje, el uso del tiempo libre, la inclusión y participación en la sociedad”.

d) Aprender a aprender (AA):

“La competencia de aprender a aprender es fundamental para el aprendizaje permanente que se produce a lo largo de la vida y que tiene lugar en distintos contextos formales, no formales e informales. Esta competencia se caracteriza por la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje”.

e) Competencias sociales y cívicas (CS):

“Las competencias sociales y cívicas implican la habilidad y capacidad para utilizar los conocimientos y actitudes sobre la sociedad, entendida desde las diferentes perspectivas, en su concepción dinámica, cambiante y compleja, para interpretar fenómenos y problemas sociales en contextos cada vez más diversificados; para elaborar respuestas, tomar decisiones y resolver conflictos, así como para interactuar con otras personas y grupos conforme a normas basadas en el respeto mutuo y en convicciones democráticas”.

f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SI):

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

g) Conciencia y expresiones culturales (CEE):

“La competencia en conciencia y expresión cultural implica conocer, comprender, apreciar y valorar con espíritu crítico, con una actitud abierta y respetuosa, las diferentes manifestaciones culturales y artísticas, utilizarlas como fuente de enriquecimiento y disfrute personal y considerarlas como parte de la riqueza y patrimonio de los pueblos”.

Una vez que desarrolladas y comprendidas las implicaciones derivadas del establecimiento de objetivos y competencias clave, se ha elaborado la *Tabla 1.*, donde quedan reflejas las relaciones dadas entre estos elementos del currículo para la unidad didáctica de este trabajo.

OBJETIVOS DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	OBJETIVOS DE ETAPA	COMPETENCIA CLAVE
OBJETIVOS CONCEPTUALES		
1. Conocer la Teoría de la Generación Espontánea.	e, f,	CM, CE
2. Identificar los principales argumentos a favor y en contra de la Generación Espontánea.	b, e, f,	CM, CE
3. Describir los principales experimentos implicados en la aceptación o no de la Generación Espontánea.	b, e, f, h	CL, CM, CE
4. Reconocer el vocabulario específico del tema.	e, h, i	CL

5. Distinguir los científicos históricamente más relevantes en la investigación sobre el Origen de la Vida.	b, e, f	CM, CE
6. Señalar el significado de los términos LUCA y FUCA.	e, h, i	CL
7. Enumerar las distintas Teorías actualmente aceptadas sobre el Origen de la Vida.	e, f,	CM, CE
OBJETIVOS PROCEDIMENTALES		
8. Investigar los experimentos más importantes a favor y en contra de la Generación Espontánea.	b, e, f, g, i	CL, CM, CD, AA, SI
9. Exponer y debatir de manera clara y usando un lenguaje adecuado los resultados de su investigación.	a, b, c, d, g, h, i	CL, CM, CD, AA, CS
10. Planificar y realizar un experimento basado en la Generación espontánea.	b, e, f, g	CM, CD, AA, CS, SI
11. Expresar y reflexionar, de manera oral y escrita, sobre los resultados del experimento.	a, b, c, d, g, h	CL, CM, CD, AA, CS
OBJETIVOS ACTITUDINALES		
12. Interiorizar el proceder científico a través del método científico.	f, g	CM, CS, SI
13. Valorar el carácter interdisciplinar y la complejidad de la labor científica.	a, c, f, g	CM, CS, CE
14. Apreciar el trabajo propio y de los compañeros	a, b, c, d, g	AA, CS, CE

Tabla 1. Relación existente entre los objetivos específicos de la unidad didáctica y los objetivos de etapa, a la par que con las competencias clave.

4.5.3 CONTENIDOS

En el Real Decreto 1105/2014 queda definido lo que se entiende legalmente por contenidos de la siguiente forma:

“d) Contenidos: conjunto de conocimientos habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias. Los contenidos se ordenan en asignaturas, que se clasifican en materias y ámbitos, en función de las etapas educativas o los programas en que participe el alumnado”.

Legalmente (tanto en el RD 1105/2014 como en la Orden EDU/362/2015) únicamente se concreta en el Bloque I del 4º curso de la ESO de Biología y Geología, el siguiente contenido:

“Origen y evolución de los seres vivos. Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra.”

Es por esto que a continuación vamos a concretar un poco más la totalidad del contenido asociado a esta unidad didáctica. Para esto, al igual que en el apartado correspondiente a los objetivos, los contenidos relativos a esta unidad didáctica se van a mostrar clasificados en función de su carácter más conceptual, procedimental o actitudinal (quedando reflejada su relación con el resto de elementos curriculares en el Anexo 1).

4.5.3.1. **CONTENIDO CONCEPTUAL (CC)**

Este tipo de contenido estaría asociado al conocimiento, implicando directamente “el saber”. A continuación, se enumeran los contenidos de tipo conceptual que incluiría esta unidad:

1. Historia de las teorías sobre el origen de la vida: evolución de la Generación Espontánea y paso a la Abiogénesis y la Panspermia (CC1).
2. Concepto de LUCA y FUCA (CC2).
3. Diferenciación entre organismos anaerobios y aerobios, así como en función de la forma de obtención de carbono y el tipo de energía usado para ello (CC3).
4. Condiciones terrestres durante el surgimiento de la vida y sus principales pruebas (CC4).

5. Hipótesis sobre los diferentes ambientes que pudieron albergar el origen de la vida (CC5).
6. Determinismo y contingencia como corrientes de investigación (CC6).

4.5.3.2. CONTENIDO PROCEDIMENTAL (CP)

El contenido procedimental hace referencia a las capacidades y el proceder de los alumnos, por tanto, implicaría “el saber hacer”. Seguidamente se presentan los contenidos de esta índole:

1. Manejo de conceptos biológicos básicos (CP1).
2. Manejo de información científica básica con rigor y objetividad (CP2).
3. Preparación de metodología científica básica siguiendo el método científico (CP3).
4. Interpretación de resultados en base a las premisas seleccionadas (CP4).
5. Uso de la historia de la ciencia para comprender la evolución del pensamiento científico (CP5).
6. Utilización de la historia sobre el origen de la vida como ejemplo de la interdisciplinariedad científica (CP6).

4.5.3.3. CONTENIDO ACTITUDINAL (CA)

Finalmente, este tipo de contenido está enfocado en la forma de actuar y comportarse del alumnado, de manera que conllevaría la adquisición y evaluación “del saber ser”. Para esta unidad didáctica serían los siguientes:

1. Rigurosidad científica y actitud crítica, utilización de conocimiento lógico elaborado a partir de evidencias (CA1).
2. Visualización del conocimiento científico como objeto sujeto a crítica y cambio en función del tiempo y los avances tecnológicos (CA2).
3. Demostración de empatía y tolerancia hacia opiniones generadas por terceros durante el desarrollo de actividades académicas (CA3).

4. Manifestación de interés y curiosidad, participación en las actividades propuestas (CA4).
5. Abstracción, capacidad de relacionar conceptos científicos con diferentes áreas de la ciencia (CA5).

4.5.4 METODOLOGÍA

En el Artículo 2 del Capítulo I del RD 1105/2014 se define la metodología como:

“g) Metodología didáctica: conjunto de estrategias, procedimientos y acciones organizadas y planificadas por el profesorado, de manera consciente y reflexiva, con la finalidad de posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos planteados”.

Por otro lado, en el Anexo I.A de la Orden EDU/362/2015 se especifica lo siguiente:

“Los procesos de enseñanza y aprendizaje deben proporcionar al alumno un conocimiento sólido de los contenidos, al mismo tiempo que propiciar el desarrollo de hábitos intelectuales propios del pensamiento abstracto, tales como la observación, el análisis, la interpretación, la investigación, la capacidad creativa, la comprensión y expresión y el sentido crítico, y la capacidad para resolver problemas y aplicar los conocimientos adquiridos en diversidad de contextos, dentro y fuera del aula, que garanticen la adquisición de las competencias y la efectividad de los aprendizajes.

La metodología, por tanto, ha de estar orientada a potenciar el aprendizaje por competencias por lo que será activa y participativa, potenciando la autonomía de los alumnos en la toma de decisiones, el aprender por sí mismos y el trabajo colaborativo, la búsqueda selectiva de información y, finalmente, la aplicación de lo aprendido a nuevas situaciones. Todo ello teniendo en cuenta, además, las posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y comunicación. En esta línea, el trabajo por proyectos es especialmente relevante.

Las metodologías activas han de apoyarse en estructuras de aprendizaje cooperativo, de forma que, a través de la resolución conjunta de las tareas, los miembros del grupo conozcan las estrategias utilizadas por sus compañeros y puedan aplicarlas a situaciones similares, facilitando los procesos de generalización y de transferencia de los aprendizajes”.

Teniendo en cuenta esta información, se desarrollará a continuación la metodología propuesta en este trabajo para alcanzar los objetivos didácticos.

4.5.4.1. PRINCIPIOS METODOLÓGICOS

Las diferentes estrategias metodológicas propuesta para esta unidad didáctica han sido seleccionadas bajo la premisa de favorecer un correcto proceso de enseñanza-aprendizaje, dando lugar a la construcción por parte del alumno de su propio conocimiento de manera activa y significativa. A continuación se expondrán y explicarán brevemente dichas metodologías:

- Transmisión-Recepción:

Sería el método más tradicional de los mencionados en este trabajo. El docente tendría un papel activo al transmitir vía oral los conceptos relativo a la materia al alumnado. Para favorecer la escucha activa de estos se favorecerá el uso de herramientas TIC como soporte, pudiéndose proyectar imágenes o diapositivas que ejemplifiquen la teoría que se está mostrando. De igual forma, durante el desarrollo de esta metodología el docente tendrá que tener en cuenta el uso de un vocabulario adaptado al nivel del alumnado y recurrirá cada cierto tiempo a preguntas sencillas para asegurarse de mantener la atención de este.

- Aprendizaje basado en proyectos (ABPr/PBL):

Este tipo de metodología, basada en el trabajo cooperativo, permite que el alumnado se organice en pequeños grupos con el fin de lograr una meta común. Se ha visto que de esta forma, además de aprender y adquirir ciertas habilidades sociales y de trabajo, el alumno se encuentra mucho más motivado y acaba implicándose más. Durante la realización de este tipo de trabajos el docente adoptará el papel de coordinador, supervisor y consultor, dejando que los alumnos descubran y creen el conocimiento por si solos. De esta forma también podrán comenzar a desarrollar una visión crítica y tomar contacto con el método científico.

Por último mencionar, que también se incentivará el uso de herramientas informáticas como medio de investigación y expresión, fomentando así el desarrollo de habilidades TIC en relación con entornos más académicos o profesionales.

- Debates:

Siguiendo con el enfoque en el que se intenta que el alumnado sea participativo en la creación de su propio conocimiento, se llevará a cabo esta metodología en donde tendrán no solo que exponer sus propias conclusiones e investigaciones, sino también llegar a acuerdos colectivos sobre el proceder del siguiente paso

en el trabajo. De esta forma, se facilita el desarrollo de habilidades lingüísticas y expositivas, especialmente en relación con el vocabulario científico relacionado con el tema tratado; favoreciendo que aprendan a estructurar y mostrar sus ideas de forma eficaz. El profesor volvería a adoptar la posición de coordinador y consultor.

- Aprendizaje por investigación:

Durante el desarrollo de esta metodología el alumno se acercará al trabajo de laboratorio más básico, favoreciendo su comprensión del mismo y ayudándole a interiorizar las normas a seguir en el mismo. Al igual que se ha mencionado anteriormente, es una oportunidad excelente para que desarrollen una visión crítica de su trabajo, además de que tomen constancia del proceder del método científico. De igual forma que en las últimas metodologías, el profesor va a tener el papel de coordinar y supervisar la correcta realización de la actividad.

4.5.4.2. TEMPORALIZACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, esta unidad didáctica se encuadraría dentro del primer trimestre del 4º curso de la ESO, que consta de un total de 3 horas semanales para la asignatura de Biología y Geología. Se desarrollará en un total de 5 sesiones y media no consecutivas, teniendo una duración de 55 minutos cada una.

4.5.4.3. DESCRIPCIÓN Y SECUENCIACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

A continuación, se indicaría el desarrollo y secuenciación correspondiente a cada sesión y actividad:

- **SESIÓN 1:** Clase teórica sobre el origen de la vida.

Durante esta sesión inicial el docente desarrollara la epistemología mostrada al inicio de este trabajo, haciendo menor hincapié en el contenido relacionado con los experimentos a favor o en contra de la Generación Espontánea. Para ello utilizara materiales tradicionales como la pizarra o los libros de texto, a la par que el ordenador y el proyector. La duración de esta parte de la sesión será de unos 40 minutos aproximadamente.

Al finalizar dicha presentación de contenidos, se procederá a explicar brevemente el desarrollo de las siguientes sesiones y a formar los grupos de trabajo

durante unos 15 minutos (pudiéndose usar los materiales anteriormente mencionados si el profesor lo cree oportuno). Dichos grupos de trabajo habrán sido seleccionados previamente por el docente en función de sus percepciones sobre la clase, intentando que cada grupo sea lo más homogéneo posible para facilitar la ayuda entre ellos y su desarrollo en conjunto como grupo (el tema a abordar para cada uno de los grupos queda reflejado en el *Anexo II*).

➤ **SESIÓN 2:** Investigación sobre los experimentos a favor y en contra de la Generación Espontánea.

Esta sesión también se desarrollará en el aula usual, sin embargo, será necesario que el docente traiga entre 4 y 8 ordenadores portátiles del centro (1 o 2 por grupo).

Durante los 15 primeros minutos de la sesión se organizará a los alumnos por grupos (4 grupos de 5 alumnos) y se recordará que el objetivo del trabajo es que realicen una investigación acerca de la generación espontánea enfocándose en algún experimento a favor o en contra de la misma. De igual forma se procederá a repartir los portátiles entre los grupos y repartir los roles asociados a un trabajo cooperativo como este dentro de cada grupo (dichos roles quedan más desarrollados en el *Anexo III*).

A lo largo de los 40 minutos restantes, los alumnos deberán realizar dicha búsqueda a través del libro de texto y los ordenadores portátiles. Deberán ir realizando a la par un trabajo en el que muestren de manera crítica la información recabada y en dónde presten especial atención al experimento asignado.

➤ **SESIÓN 3:** Exposición y debate sobre la Generación Espontánea.

Al igual que las sesiones anteriores, esta actividad se llevará a cabo en el aula habitual de clase, haciendo uso del ordenador y el proyector de la misma para facilitar la exposición de los alumnos.

Los 5 primeros minutos de la clase se usarán para colocar a los alumnos en grupos y dejar que el portavoz de cada uno se acerque al ordenador de la clase para que pueda grabar el trabajo que van a presentar como resultado de su trabajo investigador de la sesión anterior.

Durante los próximos 35 minutos el portavoz de cada grupo se acercará al frente de la clase para exponer el trabajo de su grupo. Para esto, cada grupo dispondrá

de 5 o 6 minutos como máximo, dejando unos minutos entre exposiciones como tiempo de preguntas por si fuera necesario.

En los últimos 15 minutos, los alumnos llevarán a cabo un debate en el que deberán seleccionar dos de los 4 experimentos presentados que quieren llevar a cabo en la siguiente sesión.

➤ **SESIÓN 4:** Experimentación.

A diferencia del resto de sesiones, esta se llevará a cabo en uno de los laboratorios del centro. Cada grupo se dividirá en una banqueta, quedando finalmente dos grupos realizando uno de los dos experimentos seleccionados por ellos mismos y otros dos grupos elaborando el restante.

Durante los 5 primeros minutos de sesión el docente explicará la normativa de seguridad asociada al trabajo en laboratorio y recordará de manera breve los criterios a seguir por el alumnado para la elaboración del trabajo final.

Los alumnos prepararán los experimentos durante los próximos 45 minutos, pudiendo hacer uso de sus dispositivos móviles para documentar todo el proceso grabando vídeos o tomando fotos. En función de los experimentos seleccionados el material variará, sin embargo se lista en el *Anexo IV* que se requeriría de manera general para cada caso.

Los últimos 5 minutos de la sesión se dedicarán a limpiar el material utilizado y guardar correctamente los experimentos.

➤ **“SESIÓN 5”:** Visualización de resultados

Esta “media” sesión se llevará a cabo en el laboratorio, de manera que los alumnos puedan visualizar los resultados de sus experimentos (por lo que deberá desarrollarse al menos una semana después de la sesión anterior).

Se ha denominado como “media” sesión puesto que durante los primeros 30 minutos se procederá a explicar el contenido de otra unidad didáctica, aunque esto ha de realizarse de igual forma en el laboratorio con el objetivo de optimizar el tiempo y facilitar la continuidad del horario del alumnado.

Una vez finalizada esta parte correspondiente a otro tema, se tomarán unos 5 minutos para recordar a los alumnos el trabajo final que van a tener que exponer en la última sesión.

Tras esto, tendrán los últimos 15 minutos de la sesión para recoger sus resultados y observarlos, pudiendo hacer uso de sus teléfonos móviles para tomar fotografías de los mismos. En la mayoría de experimentos no haría falta material adicional, sin embargo se podrá hacer uso de las lupas localizadas en el laboratorio y si hiciera falta, los microscopios igualmente presentes (actualmente hay 2 microscopios ópticos por laboratorio en el centro).

➤ **SESIÓN 6:** Exposición trabajo final.

Durante esta última sesión los alumnos dispondrán del proyector y ordenador del aula usual de clase para presentar en el formato que ellos prefieran (póster, presentación, ...) su trabajo final, que debe incluir los resultados de su experimento así como una teoría propia del grupo para el origen de la vida teniendo en cuenta el contenido teórico que se explicó en la primera sesión.

Para llevar a cabo dicha explicación cada grupo dispondrá de 10 minutos, dejando a su elección los integrantes del grupo que presentarán dicho resultado. Entre exposiciones se dejarán unos 2 o 3 minutos como tiempo para preguntas y comentarios del profesor, teniendo de esta parte de la sesión una duración total de unos 50 minutos.

Los últimos 5 minutos se dejarían para que cada alumno rellenará de manera individual las rúbricas de evaluación referentes al trabajo tanto de su propio grupo como del resto (dichas rúbricas quedan reflejadas en el *Anexo V*).

En la *Tabla 2* mostrada a continuación se muestra de manera más resumida y esquemática la temporalización y los materiales necesarios para cada sesión:

	TIEMPO	ACTIVIDAD	MATERIALES	METODOLOGÍA
SESIÓN 1	40 min	Introducción y desarrollo del contenido de la unidad didáctica	Pizarra, Proyector, Ordenador, Libro, Material informático que el docente considere oportuno (diapositivas, imágenes, videos, etc.)	Transmisión-Recepción
	15 min	Explicación del trabajo a desarrollar por el alumnado y creación de grupos de trabajo		

SESIÓN 2	15 min	Preparación de la clase y recuerdo de la metodología de trabajo	1 o 2 ordenadores portátiles por grupo.	Aprendizaje Basado en Proyectos
	40 min	Búsqueda de información y elaboración del trabajo cooperativo		
SESIÓN 3	5 min	Colocación y preparación del aula	Pizarra, Ordenador, Proyector	Debate
	35 min	Exposiciones del resultado del trabajo cooperativo		
	15 min	Debate y consenso sobre los experimentos a realizar		
SESIÓN 4	5 min	Introducción al laboratorio y su normativa	Materiales de protección como batas y gafas, y los relativos al <i>Anexo IV</i> correspondientes. Se permitirá el uso adecuado de teléfonos móviles cuando fuera oportuno	Aprendizaje por investigación
	45 min	Experimentación		
	5 min	Limpieza del laboratorio		
SESIÓN 5	5 min	Recordatorio del trabajo final a desarrollar	Lupas, Microscopio óptico.	Aprendizaje por investigación
	15 min	Observación de los resultados de la experimentación	Se permitirá el uso adecuado de teléfonos móviles cuando fuera oportuno.	
SESIÓN 6	50 min	Exposición de trabajos finales	Pizarra, Ordenador, Proyector, Rúbricas del <i>Anexo V</i> .	Aprendizaje basado en proyectos / Debate
	5 min	Evaluación mediante rúbricas		

Tabla 2. Cuadro resumen de las sesiones correspondientes a esta unidad didáctica.

4.5.5 MEDIDAS DE ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

En el Artículo 16 del RD 1105/2014 quedan recogidas las medidas organizativas y curriculares para la atención a la diversidad y la organización flexible de las enseñanzas. En este queda reflejada la siguiente información:

“1. Corresponde a las Administraciones educativas regular las medidas de atención a la diversidad, organizativas y curriculares, incluidas las medidas de atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo, que permitan a los centros, en el ejercicio de su autonomía, una organización flexible de las enseñanzas.

2. Entre las medidas indicadas en el apartado anterior se contemplarán las adaptaciones del currículo, la integración de materias en ámbitos, los agrupamientos flexibles, el apoyo en grupos ordinarios, los desdoblamientos de grupos, la oferta de materias específicas, los Programas de Mejora del Aprendizaje y el Rendimiento y otros programas de tratamiento personalizado para el alumnado con necesidad específica de apoyo educativo. A estos efectos, los centros tendrán autonomía para organizar los grupos y las materias de manera flexible y para adoptar las medidas de atención a la diversidad más adecuadas a las características de su alumnado y que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos de que disponga. Las medidas de atención a la diversidad que adopte cada centro formarán parte de su proyecto educativo, de conformidad con lo que establece el artículo 121.2 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

3. La escolarización del alumnado con necesidades educativas especiales en centros ordinarios podrá prolongarse un año más, sin menoscabo de lo dispuesto en el artículo 28.5 de dicha Ley Orgánica, según el cual, el alumno o alumna podrá repetir el mismo curso una sola vez y dos veces como máximo dentro de la etapa. Cuando esta segunda repetición deba producirse en tercero o cuarto curso, se prolongará un año el límite de edad al que se refiere el apartado 2 del artículo 4 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo. Excepcionalmente, un alumno o alumna podrá repetir una segunda vez en cuarto curso si no ha repetido en los cursos anteriores de la etapa.”

De igual forma la Orden EDU/362/2015 recoge en el Capítulo III la regulación correspondiente a este ámbito, donde se especifica lo siguiente:

“La atención a la diversidad tiene por finalidad garantizar la mejor respuesta educativa a las necesidades y diferencias, ofreciendo oportunidades reales de aprendizaje a todo el alumnado en contextos educativos ordinarios, dentro de un entorno inclusivo, a través de actuaciones y medidas educativas”.

En el caso concreto del aula hipotetizada para esta unidad didáctica nos encontraríamos ante dos alumnos con necesidades específicas, una alumna con altas capacidades y un alumno con deficiencia visual. Antes de mencionar las especificaciones o medidas a tomar en cuenta para con ellos, debemos resaltar la importancia de que el objetivo de estas adaptaciones sería la personalización del contenido de la unidad didáctica y no la individualización del mismo, por lo que no se tratará de diferenciarlos excesivamente sino de intentar mejorar su aprendizaje dentro del entorno social de la clase. Ninguno de los dos casos requeriría adaptaciones curriculares significativas, por lo que únicamente se tomarían medidas no significativas.

- Alumno con deficiencia visual: este alumno conserva la mayor parte de su visión, sin embargo requiere de un aumento considerable de tamaño en parte del material a utilizar. Debemos tener en cuenta que estas adaptaciones se han considerado básicas y esenciales para la inclusión de este tipo de alumnado (Silveira & Dias, 2017).

De manera habitual el centro facilita en préstamo a este tipo de alumnos un ordenador portátil (en el caso de que el alumno no poseyera uno propio) con el que puedan adaptar el tamaño de los recursos escritos a sus capacidades. Además, también se le facilitará el acceso al libro de clase digitalizado y se le entregarán todos los materiales adicionales con un aumento suficiente (en este caso un ejemplo de dicho material serían las rúbricas de evaluación).

Por último, habría que tener en cuenta la disposición de este alumno tanto en el aula de clase como en el laboratorio, intentando que se sitúe cerca de la pizarra en la zona mejor iluminada con el fin de facilitar todo lo posible su visualización de la materia.

- Alumna con altas capacidades: muchos estudios han resaltado la importancia del trabajo en grupo con este tipo de alumnado para favorecer su sentido de pertenencia al grupo (Navío, 2017; Higuera-Rodríguez, 2017). De igual forma, se hace bastante hincapié en el trabajo en diferentes niveles de profundidad y dificultad para este tipo de alumnado, por lo que la principal medida a tomar en cuenta durante el desarrollo de esta unidad didáctica será facilitarle lecturas de un nivel más avanzado al resto de su clase a la hora de elaborar el trabajo cooperativo y el trabajo final. De esta manera no solo se beneficiará la alumna con altas capacidades sino también el resto del alumnado al escuchar una adaptación de este material durante la presentación de su grupo.

4.5.6 INTERDISCIPLINARIEDAD

Con relación a la interdisciplinaridad, queda recogido en la Orden ECD/65/2015 la siguiente afirmación:

“La adquisición eficaz de las competencias clave por parte del alumnado y su contribución al logro de los objetivos de las etapas educativas, desde un carácter interdisciplinar y transversal, requiere del diseño de actividades de aprendizaje integradas que permitan avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo”.

En el caso de esta unidad didáctica, existirá interdisciplinaridad de la asignatura de Biología y Biología con las siguientes:

- ✧ Lengua Castellana: como se ha descrito anteriormente, en la mayoría de sesiones se requerirá una correcta comprensión del lenguaje para la interpretación y utilización de la información encontrada, así como el desarrollo de la capacidad de resumen y esquematización del contenido.

Además, durante la realización de los debates y exposiciones los alumnos desarrollaran sus capacidades de expresión, tanto oral como escrita, de manera adecuada teniendo en cuenta el vocabulario científico asociado al tema tratado.

- ✧ Primera Lengua Extranjera (inglés): durante la búsqueda de información de la sesión 2 el dominio de la lengua inglesa será de especial relevancia, pues será esencial para la correcta comprensión e interpretación de la información científica que encuentren.
- ✧ Cultura Científica: durante esta unidad didáctica los alumnos deberán ser capaces de valorar el conocimiento científico y el proceso de creación y evolución del mismo, poniéndose en contacto con el mismo a través de la práctica de laboratorio.
- ✧ Informática: las habilidades informáticas estarán presentes en la mayoría de sesiones, bien sea por el uso de las mismas durante la búsqueda de información o bien al desarrollar las presentaciones que expondrán en el aula. También deberán desarrollar la habilidad para evaluar de manera crítica dicha información, valorando cual tiene más calidad o validez científicamente hablando.

4.5.7 EVALUACIÓN

Con respecto a la evaluación, el RD 1105/2014 recoge las siguientes definiciones que han de tomarse en cuenta:

- *“f) Criterios de evaluación: son el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado. Describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias; responden a lo que se pretende conseguir en cada asignatura”.*

En base a estas, en este apartado se tratarán los diversos aspectos relacionados con la evaluación de la unidad didáctica.

4.5.7.1 **SISTEMA DE EVALUACIÓN**

La evaluación será de tipo continua o formativa, teniéndose en cuenta el comportamiento y trabajo de los alumnos durante todo el desarrollo del trabajo, valorando si se van cumpliendo los objetivos indicados anteriormente. Para esta evaluación se prestará especial atención a la intervención del alumnado durante las exposiciones y debates, así como el trabajo individual, actitud y comportamiento que el docente recoja durante las sesiones 1, 2, 4 y 5.

Además, también se tendrá en cuenta la evaluación final que los propios alumnos muestren conforme al resultado de las rúbricas que rellenarán en la sesión 6. De esta manera el docente tendrá más información sobre el trabajo individual de cada alumno y sobre la comprensión general del grupo con respecto al trabajo de los compañeros.

4.5.7.2 **CRITERIOS DE EVALUACIÓN (CE)**

Como se ha mencionado en la introducción, el origen de la vida es un contenido que suele infravalorarse como material docente, una prueba de ellos es que ni en el RD 1105/2014, ni en la Orden EDU/362/2015 aparezca ningún criterio de evaluación relacionado directamente con esta unidad didáctica. Por ello se presentan en la *Tabla 3* los criterios de evaluación planteados (en el *Anexo I* quedaría reflejada su relación con el resto de elementos curriculares):

- ❖ CE1: Conoce la teoría de la generación espontánea.
- ❖ CE2: Reconoce los principales argumentos a favor y en contra de la Generación Espontánea.

- ❖ CE3: Explica los principales experimentos relacionados con la Generación Espontánea.
- ❖ CE4: Expresa adecuadamente el conocimiento adquirido.
- ❖ CE5: Diferencia a los científicos más relevantes en la investigación sobre el origen de la vida.
- ❖ CE6: Define correctamente los términos LUCA y FUCA.
- ❖ CE7: Conoce las distintas Teorías sobre el origen de la vida aceptadas actualmente.
- ❖ CE8: Reconoce los experimentos más importantes a favor y en contra de la Generación Espontánea.
- ❖ CE9: Expresa su opinión de manera argumentada y clara.
- ❖ CE10: Planifica y realiza un experimento basado en la Generación espontánea.
- ❖ CE11: Interpreta los resultados obtenidos en el experimento.
- ❖ CE12: Entiende y comprende el proceder científico, su complejidad y su importancia.
- ❖ CE13: Valora el trabajo propio y ajeno.

4.5.7.3 CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En este apartado se presentan en la *Tabla 3* los criterios de calificación correspondiente a esta unidad didáctica:

CRITERIO DE CALIFICACIÓN	PORCENTAJE
Actitud y trabajo en el aula	20%
Actitud y trabajo en el laboratorio	20%
Actitud y participación en los debates y exposiciones	20%
Trabajo final	10%
Media obtenida en las rúbricas	30%

Tabla 3. Criterios de calificación y su peso sobre la nota final del alumno para esta unidad didáctica.

Como puede apreciarse en la *Tabla 3*, esta unidad didáctica da un valor individual superior a la opinión de los alumnos sobre el trabajo realizado (plasmado en las rúbricas). Sin embargo, a nivel global, sigue siendo mayor la importancia otorgada a la actitud y comportamiento de los alumnos a lo largo del desarrollo de las sesiones. Para poder evaluar esta, el docente deberá valorar factores como la buena argumentación, la implicación del alumno y el interés demostrado.

Por otro lado, se ha dado un valor de 1 punto sobre 10 al trabajo final, de manera que el docente pueda valorar no solo la actitud sino la presentación, orden y originalidad a la hora de mostrar los argumentos y resultados finales de su trabajo.

4.5.7.4 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Para facilitar la toma de observaciones del docente sobre los aspectos relacionados con la actitud y comportamiento del alumnado, deberán ir rellenando unas rúbricas día a día durante el desarrollo de la sesión y/o al finalizar la misma. Dichas rúbricas rellenarían en función de la frecuencia con la que cada alumno realizara las conductas indicadas, siguiendo por tanto la siguiente puntuación:

- 1=nunca; 2= raramente; 3= de vez en cuando; 4 = con bastante frecuencia; 5 = siempre.

En la *Tabla 4* podemos encontrar la rúbrica correspondiente a la sesión de trabajo cooperativo, mientras que en la *Tabla 5* veríamos la asociada al trabajo de laboratorio.

Finalmente la *Tabla 6* podría usarse tanto para la sesión de debate como para la exposición de los trabajos finales.

<i>Alumno/Conducta</i>	<i>Participa activamente proponiendo ideas y escuchando las del resto de compañeros.</i>	<i>Desempeña correctamente su papel/rol asignado</i>	<i>Se muestra responsable con el desempeño de la actividad</i>	<i>Se comporta adecuadamente con su grupo</i>	<i>Se comporta adecuadamente en el conjunto global de la clase</i>
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>...</i>					

Tabla 4. Rubrica de evaluación del Trabajo cooperativo de la Sesión 2

<i>Alumno/Conducta</i>	<i>Respeto las normas del laboratorio y cuida el material</i>	<i>Participa activamente en la realización del experimento</i>	<i>Se muestra responsable con el desempeño de la actividad</i>	<i>Respeto a los compañeros</i>	<i>Relaciona lo que aprende con lo que ya sabe</i>
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
...					

Tabla 5. Rubrica de evaluación del Trabajo de investigación en el laboratorio de la Sesión 4

<i>Alumno/Conducta</i>	<i>Participa activamente escuchando y aportando argumentos</i>	<i>Utiliza un vocabulario adecuado a la materia</i>	<i>Se muestra responsable con el desempeño de la actividad</i>	<i>Respeto a los compañeros</i>	<i>Relaciona lo aprendido con lo que ya sabe</i>
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
...					

Tabla 6. Rubrica de evaluación del debate y las exposiciones de las sesiones 3 y 6

4.5.7.5 RECUPERACIÓN

Aquellos alumnos que no obtengan una nota total inferior a 5 en esta unidad didáctica deberán recuperarla. Para esto el alumno tendrá dos oportunidades:

- Durante el transcurso del primer trimestre podrá desarrollar un trabajo sobre una de las teorías sobre el origen de la vida aceptadas actualmente, teniendo que plasmar una teoría propia sobre el primer organismo vivo, tal y como se pide en el trabajo final de la unidad.
- En el caso de no haber entregado dicho trabajo, o de suspender de nuevo el mismo, el alumno podrá presentarse al examen de recuperación de la materia al finalizar el curso, en el que se incluirán varias preguntas sobre los conocimientos de la unidad didáctica.

4.5.7.6 EVALUACIÓN DEL PROCESO

En base a las observaciones e impresiones que el docente reciba durante el desarrollo de la unidad didáctica, deberá realizar una reflexión en la que valore los pros y contras vistos en la puesta en marcha de las diferentes metodologías. Además, deberá añadir a dicha reflexión sugerencias o cambios que pudieran favorecer el aprovechamiento de la unidad didáctica por parte del alumno.

En este sentido, además de tener en cuenta las calificaciones de los alumnos como base para medir el grado de aceptación por parte de estos de la unidad, al finalizar el semestre se les preguntará abiertamente en clase si les ha parecido interesante y útil esta forma de acercarse al conocimiento científico.

De esta forma, con las impresiones del docente y de los alumnos, junto con la reflexión del primero, se podrá evaluar positiva o negativamente el funcionamiento y la adecuación de la unidad didáctica para el 4º curso de la ESO de la asignatura de Biología y Geología.

5. INNOVACIÓN

La sociedad actual cada vez se preocupa más de que los conocimientos que se adquieran durante la formación académica resulten útiles en su futuro laboral y social como adultos, así como que se mantenga a lo largo del tiempo. Es decir, se busca formar al alumnado de manera significativa para que su inserción en el mundo adulto resulte más fácil.

De igual forma, parece que en los últimos años el interés de dicho alumnado por materias y conocimientos relacionados con las ciencias ha disminuido considerablemente. Bien fuera por la visualización de las ciencias como algo inalcanzable o intangible, o por la idea generalizada de que el trabajo científico no otorga tanto prestigio social al individuo; se están intentando desarrollar metodologías que favorezcan el aprendizaje y comprensión del alumno así como que les ayude a visualizar la ciencia desde un punto de vista más crítico y realista.

Teniendo estos hechos en mente, esta unidad didáctica propone la realización simultánea de varias metodologías innovadoras como forma de impulsar el interés y aprendizaje de los alumnos en relación al conocimiento científico relativo a la biología y la geología:

- Aprendizaje colaborativo por proyectos: plantear un proyecto y dejar que sean los alumnos los que se encarguen de recabar información y diseñar una metodología para alcanzar un resultado en concreto, favorece que se despierte en ellos el interés y ánimo por la investigación así como la interiorización de los conocimientos utilizados durante dicho proceso. Además, trabajar en grupo ayuda a mejorar sus habilidades lingüísticas y sociales, permitiendo que el alumno aprenda a la par su propio trabajo y del de los demás.
- Debates y exposiciones: permitir a los alumnos que expresen y argumenten sus ideas, además de que las defiendan o discutan, da lugar a una mejora en la organización de las propias ideas y de la forma de presentarlas. Además, favorece el desarrollo del compañerismo y la tolerancia hacia los demás, mostrándoles la importancia de la escucha activa, la defensa crítica y la aceptación de comentarios constructivos sobre las opiniones propias y ajenas.
- TIC: mediante el uso de la tecnología por parte del alumnado y el docente, los alumnos empezarán a desarrollar una visión crítica sobre la información que puedan encontrar, aprendiendo a diferenciar la calidad y veracidad de la misma. Además, es importante que los jóvenes sepan desenvolverse cada vez

mejor con este tipo de herramientas, pues resultan esenciales en la sociedad y vida actuales.

- Trabajo de investigación en el laboratorio: introducir a los alumnos en el mundo del laboratorio resulta muy interesante ya que no solo les proporciona una toma de contacto con este mundo, sino que les parece refrescante pues supone un escenario diferente a la tradicional clase basada en transmisión-recepción. En esta ocasión, al haber planificado ellos mismos dicha experimentación (hasta cierto punto), resulta una actividad muy adecuada y educativa en cuanto a la comprensión del método científico y el trabajo real llevado actualmente en cualquier investigación.

De esta forma, usando en conjunto estas innovaciones metodológicas, se pretende lograr captar la atención del alumno hacia el mundo científico de una manera realista; así como el aprendizaje a largo plazo de los contenidos relativos a la unidad didáctica.

6. CONCLUSIÓN

Mediante el desarrollo de este Trabajo Fin de Máster y la realización de la unidad didáctica aquí mostrada, se pretende que el alumnado de 4º de la ESO conozca las características del conocimiento científico, tomando como ejemplo para ello el origen de la vida.

Hay que tener en cuenta que pese a las oportunidades y beneficios que plantean las nuevas metodologías, no sería realista abandonar por completo la tradicional transmisión-recepción, pues muchas veces supone la base conceptual sobre la que se asentará el resto de conocimientos.

Es por esto que esta unidad didáctica ha tenido en cuenta tanto la metodología tradicional como la innovadora, intentando encontrar un equilibrio entre ambas que permita maximizar por completo el aprovechamiento temporal y de recursos de los alumnos en el instituto.

Finalmente, a lo largo de este trabajo se han intentado plasmar las habilidades y conocimientos adquiridos a lo largo del Máster, reflejando la importancia del mismo en la preparación de nuevos docentes.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anguita, F.** (2002). Biografía de la Tierra. Ed. Aguilar. Madrid.
- Annala, A. & Annala, E.** (2008). Why did life emerge? *International Journal of Astrobiology*, 7(3-4): 293. doi:10.1017/s1473550408004308
- Bardell, D.** (1985). Francesco Redi's Description of the Spontaneous Generation of Gall Flies. *The American Biology Teacher*, 47(4): 237-238.
- Bernhardt, H.** (2019). Making Molecules with Clay: Layered Double Hydroxides, Pento-
pyranose Nucleic Acids and the Origin of Life. *Life*, 9(1): 19.
doi:10.3390/life9010019
- Borlina, C. S. et al.** (2020). Reevaluating the evidence for a Hadean-Eoarchean dy-
namo. *Science Advances*, 6(15): eaav9634. doi:10.1126/sciadv.aav9634
- Botella Nicolás, A. & Ramos Ramos, P.** (2019). Investigación-acción y aprendizaje ba-
sado en proyectos. *Perfiles Educativos*, 41(163): 109-122.
<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.163.58923>
- Broc, M.A.** (2000). Autoconcepto, autoestima y rendimiento académico en alumnos de
4º de E.S.O implicaciones psicopedagógicas en la orientación y tutoría. *Revista
de Investigación Educativa*, 18: 119-146.
- Brown, M. et al.** (2020). Plate Tectonics and the Archean Earth. *Annu. Rev. Earth
Planet. Sci.*, 48: 12.1-12.30. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-081619-052705>
- Byington, S.** (2001) Spontaneously Generating Life in Your Classroom? Pasteur, Spal-
lanzani & Science Process. *The American Biology Teacher*, 63(5): 340–345.
doi:10.2307/4451121
- Campbell, T.D. et al.** (2019). Prebiotic condensation through wet–dry cycling regulated
by deliquescence. *Nat Commun* 10: 4508. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11834-1>
- Cantine, M. D. & Fournier, G. P.** (2017). Environmental Adaptation from the Origin of
Life to the Last Universal Common Ancestor. *Origins of Life and Evolution of Bi-
ospheres*, 48(1): 35–54. doi:10.1007/s11084-017-9542-5

- Capanna, E.** (1999). Lazzaro Spallanzani: At the roots of modern biology. *Journal of Experimental Zoology*, 285(3): 178-196.
- Cleaves, H. J.** (2018). Nucleobases on the Primitive Earth: Their Sources and Stabilities. *Nucleic Acids and Molecular Biology*, 35: 1-19. doi:10.1007/978-3-319-93584-3_1
- Clemente-Roca, S. et al.** (2017). Biología y Geología 4. ESO. Anaya. Madrid, España. Grupo Anaya. ISBN: 978-84-698-1962-3.
- De Duve, C.** (2011). Life as a cosmic imperative? *Phil. Trans. R. Soc. A.*, 369: 620-623. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0312>
- De Lima, M.** (2019). Mauro de Lima Portfolio - Hadean. Última visualización: 06/ 05/ 2020. Accesible en: << <https://maurolima.artstation.com/projects/e0XKe3>>>
- Díaz Barriga, F.** (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2): 1-13.
- Dose, K.** (1981). Ernst Haeckel's concept of an evolutionary origin of life. *Biosystems*, 13(4): 253-258.
- Erastova, V. et al.** (2017). Mineral surface chemistry control for origin of prebiotic peptides. *Nat Commun*, 8: 2033. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02248-y>
- Fryer, P. et al.** (2020). Mariana serpentinite mud volcanism exhumes subducted seamount materials: implications for the origin of life. *Phil. Trans. R. Soc. A.*, 378: 20180425. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2018.0425>
- García, J. E. et al.** (2007) ¿Son incompatibles la escuela y las nuevas pautas culturales? *Investigación en la Escuela*, 63: 17-28.
- Güemes-Hidalgo, M. et al.** (2017). Desarrollo durante la adolescencia. Aspectos físicos, psicológicos y sociales. *Pediatr Integral*, 21(4): 233-244.
- Higuera-Rodríguez, L.** (2017). Intervención educativa en el alumnado con altas capacidades. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 12: 69-91. <https://doi.org/10.15359/rep.12-1.4>
- Horowitz, N. H. & Miller, S. L.** (1962). Current theories on the origin of life. In *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe/Progress in the Chemistry of*

Organic Natural Products/Progrès dans la Chimie des Substances Organiques Naturelles (pp. 423-459). Springer, Vienna.

Huber, C. et al. (2012), Elements of Metabolic Evolution. *Chem. Eur. J.*, 18: 2063-2080. doi:10.1002/chem.201102914

Huxley, T.H. (1870). Presidential Address to the British Association, "Biogenesis and abiogenesis"; later published in Huxley's Collected Essays. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2011. Vol. 8, p. 229.

Kawaguchi, Y. (2019). Panspermia Hypothesis: History of a Hypothesis and a Review of the Past, Present, and Future Planned Missions to Test This Hypothesis. *Astrobiology*, 419-428. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3639-3_27

Kirk, G. S., Raven, J. E. & Schofield, M. (2014). Los presocráticos. Madrid: Gredos.

Knoll, A.H. (2004). La vida en un joven planeta: los primeros tres mil millones de años de la Tierra. Ed. Crítica, Barcelona.

Knoll, A.H. et al. (2016). Life: the first two billion years. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 371: 20150493. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0493>

Kokotsaki, D. et al. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3): 267–277. doi:10.1177/1365480216659733

Krajcik, J.S. & Blumenfeld, P.C. (2006). Project-Based Learning. In: *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. R. Keith Sawyer (ed). Cambridge University Press

Lazcano, A. (2010). Historical Development of Origins Research. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(11). <http://cshperspectives.cshlp.org/content/2/11/a002089.abstract> Doi:10.1101/cshperspect.a002089

Lazcano, A. (2016). Alexandr I. Oparin and the Origin of Life: A Historical Reassessment of the Heterotrophic Theory. *Journal of Molecular Evolution*. 83(5-6):214-222. DOI: 10.1007/s00239-016-9773-5

Lazcano, A. & Bada, J.L. (2003). The 1953 Stanley L. Miller Experiment: Fifty Years of Prebiotic Organic Chemistry. *Orig Life Evol Biosph* 33: 235–242. <https://doi.org/10.1023/A:1024807125069>

- Lennox, J. G.** (1982). Teleology, Chance, and Aristotle's Theory of Spontaneous Generation. *Journal of the History of Philosophy*, 20(3): 219-238.
doi:10.1353/hph.1982.0040
- Levine, R. & Evers, C.** (1999). The slow death of spontaneous generation (1668-1859). *Disponibile in rete all'indirizzo: http://www.accessexcellence.org/RC/AB/BC/Spontaneous_Generation.php*.
- Lu, D.Y. et al.** (2017). Life origin on earth, what is the right answer? *Int J Mol Biol*, 2(2): 60-61. DOI: 10.15406/ijmboa.2017.02.00017
- Lu, D.Y. et al.** (2019). Hypotheses for Life Origin on Earth, Comparison and Validation. *Cell Dev Biol*. 8: e142. DOI: 10.4172/2168-9296.1000e142
- Madigan, M. T. et al.** (2018). Brock Biology of Microorganisms, 15th ed. Global ed. Boston, US: Benjamin Cummins.
- Marcelo, C.** (2009). Formalidad e informalidad en el proceso de aprender a enseñar. *Revista de Educación*, 350: 31-56.
- Mariscal, C. et al.** (2019). Hidden Concepts in the History and Philosophy of Origins-of-Life Studies: a Workshop Report. *Orig Life Evol Biosph* 49: 111–145.
<https://doi.org/10.1007/s11084-019-09580-x>
- Martin, W.F. et al.** (2008). Hydrothermal vents and the origin of life. *Nat Rev Microbiol*, 6: 805–814. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
- Martin, W. F. & Preiner, M.** (2017). Origin of Life, Theories of. *Reference Module in Life Sciences*. doi:10.1016/b978-0-12-809633-8.02403-1
- McSween, H. Y.** (2018). The Search for Biosignatures in Martian Meteorite Allan Hills 84001. *Advances in Astrobiology and Biogeophysics*: 167–182. doi:10.1007/978-3-319-96175-0_8
- Morange, M.** (2011). Some considerations on the nature of LUCA, and the nature of life. *Research in Microbiology*, 162(1): 5–9. doi:10.1016/j.resmic.2010.10.001
- Nakazawa, H.** (2018). Why Did Life Generate? Why Does Life Evolve? Physical Perspective of the Origin of Life. *Advances in Geological Science, Earth and Environmental Science*: 13-29. doi: 10.1007/978-981-10-8724-0_2

- Navío, N. A.** (2017). Un estudiante con altas capacidades en mi aula, ¿Ahora qué? *Revista de Educación Inclusiva*, 10(1), 265-277.
- Needham, T.** (1748). A Summary of Some Late Observations upon the Generation, Composition, and Decomposition of Animal and Vegetable Substances; Communicated in a Letter to Martin Folkes Esq; President of the Royal Society, by Mr. Turbervill Needham, Fellow of the Same Society. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 45(485-490): 615–666.
doi:10.1098/rstl.1748.0072
- Nelson, D. & Cox, M.** (2017). Lehninger principles of biochemistry (7th. ed.). New York: W. H. Freeman *et al.*
- Nutman, A. P. et al.** (2016). Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. *Nature*, 537(7621): 535–538.
doi:10.1038/nature19355
- Omran, A. & Pasek, M.** (2020). A Constructive Way to Think about Different Hydrothermal Environments for the Origins of Life. *Life*, 10(4): 36.
doi:10.3390/life10040036
- Parke, E. C.** (2014). Flies from meat and wasps from trees: Reevaluating Francesco Redi's spontaneous generation experiments. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 45: 34–42. doi: 10.1016/j.shpsc.2013.12.005
- Pasteur, L.** (1864). On spontaneous generation. *Revue de Cours Scientifiques*, 1: 257-264. English translation commissioned 1993 by Bruno Latour, © Alex Levine. 7 December 2013 www.rc.usf.edu/~levineat/pasteur.pdf
- Pedrinaci, E.** (2010). ¿Qué hizo de la Tierra un planeta habitable? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(1): 6-15.
- Pedrinaci, E. et al.** (2018). Biología y Geología 4. ESO. Savía. Madrid, España. Grupo SM. ISBN: 978-846-758-697-8
- Peretó, J., Bada, J.L. & Lazcano, A.** (2009). Charles Darwin and the Origin of Life. *Orig Life Evol Biosph*, 39: 395–406. <https://doi.org/10.1007/s11084-009-9172-7>
- Preiner, M. et al.** (2020). The Future of Origin of Life Research: Bridging Decades-Old Divisions. *Life*, 10(3): 20.

- Prosdocimi, F., José, M.V. & Farias, S.T.D.** (2018). Be Introduced to the First Universal Common Ancestor (FUCA): The Great-Grandmother of LUCA (Last Universal Common Ancestor). *Preprints* 2018, 2018060035 (doi: 10.20944/preprints201806.0035.v1).
- Roe S.A.** (1983). "John Turberville Needham and the Generation of Living Organisms," *Isis*, 74 (2): 158-184.
- Roll-Hansen, N.** (2018). Revisiting the Pouchet–Pasteur controversy over spontaneous generation: understanding experimental method. *HPLS*, 40: 68.
<https://doi.org/10.1007/s40656-018-0229-7>
- Ruiz-Mirazo, K. et al.** (2004). A Universal Definition of Life: Autonomy and Open-Ended Evolution. *Orig Life Evol Biosph*, 34: 323–346.
<https://doi.org/10.1023/B:ORIG.0000016440.53346.dc>
- Sadlok, G.** (2020). On A Hypothetical Mechanism of Interstellar Life Transfer Trough Nomadic Objects. *Orig Life Evol Biosph*. <https://doi.org/10.1007/s11084-020-09591-z>.
- Schidlowski, M.** (2001). Carbon isotopes as biogeochemical recorders of life over 3.8 Ga of Earth history: evolution of a concept. *Precambrian Research*, 106(1-2): 117–134. doi:10.1016/s0301-9268(00)00128-5
- Silveira, Q. & Dias, N.M.** (2017). Aprender con otros sentidos: estrategias para la atención de alumnos con deficiencia visual. *Educatio Siglo XXI*, 35: 175-196.
<https://doi.org/10.6018/j/308961>
- Sleep, N.H.** (2010). The Hadean-Archaeon Environment. *Cold Spring Harb Perspect Biol*, 2: a002527. DOI:10.1101/cshperspect.a002527
- Tang, F. et al.** (2018). Secondary magnetite in ancient zircon precludes analysis of a Hadean geodynamo. *PNAS*, 116(2): 407-412.
doi:10.1073/pnas.1811074116
- Tetz, V. V. & Tetz, G. V.** (2020). A new biological definition of life, *Biomolecular Concepts*, 11(1): 1-6. doi: <https://doi.org/10.1515/bmc-2020-0001>
- Tirard, S.** (2010). Origin of Life and Definition of Life, from Buffon to Oparin. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 40(2): 215–220. doi:10.1007/s11084-010-9202-5

- Tirard, S.** (2017). Haldane and the origin of life. *J Genet*, 96: 735–739.
<https://doi.org/10.1007/s12041-017-0831-6>
- Valero-García, M.** (2012). PBL (Piénsatelo Bien antes de Liarte). *ReVisión*, 5(2): 11–16.
- Vert, M.** (2018). Prebiotic macromolecules and today's biomacromolecules in the light of polymerology. *European Polymer Journal*, 100: 25–36.
[doi:10.1016/j.eurpolymj.2018.01.012](https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.01.012)
- Weiss, M. et al.** (2016). The physiology and habitat of the last universal common ancestor. *Nat Microbiol*, 1: 16116. <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.116>

ACLARACIÓN: De las *Figuras 1* a la *11*, en aquellas en las que no se especifique una autoría o referencia son de elaboración propia, diseñadas gracias al programa informático BIORENDER.

8. ANEXOS

ANEXO I. Relación dada entre los elementos curriculares.

OBJ.	CONTENIDOS			CRIT. DE EVAL.	C. CLAVE
	CONCEPTUALES	PROCEDIMENTALES	ACTITUDINALES		
OD1	CC1, CC5	CP1, CP5	CA3	CE1	CM, CE
OD2	CC1, CC3, CC4, CC6	CP1, CP2, CP5, CP6	CA2, CA4, CA5	CE2	CM, CEE
OD3	CC1, CC4, CC5	CP1, CP2, CP5, CP6	CA1, CA2, CA4, CA5	CE3	CL, CM, CEE
OD4	CC2, CC3, CC4, CC5	CP1, CP2	CA1, CA4, CA5	CE4	CL
OD5	CC1, CC4, CC5	CP1, CP5, CP6	CA2, CA5	CE5	CM, CEE
OD6	CC1, CC2, CC3	CP2, CP5, CP6	CA2, CA5	CE4, CE6	CL
OD7	CC1, CC3, CC4, CC5, CC6	CP1, CP2, CP5, CP6	CA2, CA4, CA5	CE5, CE7	CM, CEE
OD8	CC1, CC3, CC4, CC5	CP1, CP2, CP3	CA1, CA3, CA4	CE8	CL, CM, CD, AA, SI
OD9	CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6	CP1, CP2, CP4	CA1, CA3, CA4	CE4, CE9	CL, CM, CD, AA, CS
OD10	CC1, CC4, CC5	CP2, CP3, CP4	CA1, CA3, CA4, CA5	CE10	CM, CD, AA, CS, SI
OD11	CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6	CP1, CP2, CP4	CA1, CA3, CA4	CE4, CE9, CE11	CL, CM, CD, AA, CS
OD12	CC1, CC4, CC5, CC6	CP1, CP2, CP5, CP6	CA2, CA4, CA5	CE12	CM, CS, SI
OD13	CC1, CC5, CC6	CP1, CP2, CP5, CP6	CA1, CA2, CA4, CA5		CM, CS, CEE
OD14	CC1	CP5, CP6	CA3, CA4, CA5	CE12, CE13	AA, CS, CEE

Tabla Anexo I. Relación entre objetivos, contenidos, criterios de evaluación y competencias clave de esta unidad didáctica.

GLOSARIO ABREVIATURAS:

OD: Objetivo Didáctico

CC: Contenido conceptual

CP: Contenido procedimental

CA: Contenido actitudinal

CE: Criterio de evaluación

CL: Competencia en Com. lingüística

CM: Competencia Matemática y etc.

CD: Competencia digital

AA: Competencia en Aprender a Aprender

CS: Competencias sociales y cívicas

SI: Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

CEE: Competencia en conciencia.

ANEXO II. Temáticas Trabajo Basado en Proyectos.

Los grupos deberán buscar la metodología a seguir, los materiales necesarios, el principal objetivo y los resultados esperados de los experimentos más conocidos históricamente en el ámbito del origen de la vida. Dichos experimentos, a repartir entre los 4 grupos de trabajo, serían:

- 1) Francesco Redi: *¿A favor o en contra de la generación espontánea? Planteamiento desde un punto de vista macroscópico y microscópico.*
- 2) John Needham: *¿A favor o en contra de la generación espontánea? Fallos y aciertos metodológicos.*
- 3) Lazzaro Spallanzini: *¿A favor o en contra de la generación espontánea? Fallos y aciertos metodológicos.*
- 4) Luis Pasteur: *¿A favor o en contra de la generación espontánea? Contribución metodológica al origen de la vida.*

ANEXO III. PAPELES/ROLES TRABAJOS COOPERATIVOS.

Durante el desarrollo de metodologías relacionadas con el trabajo cooperativo, los alumnos de cada grupo toman un rol o papel que les otorga ciertas tareas y responsabilidades dirigidas a optimizar el trabajo y funcionamiento del aula.

Durante esta unidad didáctica los roles a adquirir por parte de los alumnos serían:

- a) **Coordinador:** persona encargada de repartir las tareas entre los demás componentes del grupo. Dirige la evaluación del grupo y anima a sus compañeros a seguir trabajando. Es el encargado final de asegurarse y comprobar que todos han cumplido y terminado su tarea.
- b) **Portavoz:** encargado de levantar la mano para preguntar las dudas del grupo o responder a las preguntas del docente. También sería el encargado de presentar la tarea de su grupo al resto de la clase.
- c) **Secretario:** encargado de anotar y recordar los compromisos individuales y grupales de cada componente del grupo. Anota el trabajo realizado a lo largo de las sesiones y se encarga de recordar las tareas pendientes. Finalmente sería el encargado de comprobar que todos tienen claro la tarea que les ha sido asignada.
- d) **Controlador:** alumno encargado de supervisar el nivel de ruido generado por el grupo. También sería el responsable del material que se preste al grupo y vigilaría que al finalizar la sesión todo quedara debidamente recogido y limpio. Por último, sería el supervisor del reloj, asegurándose de que el grupo entregará y terminará la tarea en el tiempo dado por el docente.
- e) **Crítico:** encargado de buscar las fortalezas y debilidades del trabajo, analiza y presenta al grupo los problemas que ha detectado para intentar mejorar el resultado final.

ANEXO IV. MATERIALES NECESARIOS PARA LA PARTE EXPERIMENTAL.

En función de los experimentos mencionados en el *Anexo I* necesitaríamos los siguientes materiales:

1) Francesco Redi:

- Matraces de cristal
- Muestra orgánica (por ejemplo un trozo de filete de carne o pescado).
- Material para “sellar” alguno de los matraces (un trapo o trozo de tela, o papel transparente por ejemplo).

2) John Needham:

- Tubos de ensayo o matraces.
- Mechero de alcohol (o bunsen si se dispusiera de este).
- Soporte para matraces.
- Muestra orgánica (como caldo de cualquier tipo).
- Tapones para los tubos de ensayo o los matraces (de plástico resistente a alta temperatura o corcho).

3) Lazzaro Spallanzini:

- × Tubos de ensayo o matraces.
- × Mechero de alcohol (o bunsen si se dispusiera de este).
- × Soporte para matraces.
- × Muestra orgánica (como caldo de cualquier tipo).
- × Tapones para los tubos de ensayo o matraces (de plástico resistente al calor o corcho).

4) Luis Pasteur:

- Matraces de cuello de cisne.
- Mechero de alcohol (o bunsen si se dispusiera de este)
- Soporte para matraces.
- Muestra orgánica (como caldo de cualquier tipo).

ANEXO V. RUBRICAS DE EVALUACIÓN.

A continuación se presentarán las rubricas a rellenar por los alumnos durante la última sesión de la unidad didáctica. La *Tabla 1* haría referencia a la evaluación del propio grupo de trabajo, la *Tabla 2* aludiría a una autoevaluación general del trabajo del resto del grupo mientras que la *Tabla 3* evaluaría el desempeño de los compañeros.

Al igual que se menciona en el texto, los alumnos tendrán que colocar una de las siguientes calificaciones para cada conducta en función de su grado de conformidad con la frecuencia en el que el compañero realizaba cada afirmación:

1= Nunca; 2= Raramente; 3= De vez en cuando; 4= Con bastante frecuencia; 5= Siempre.

La única tabla que no seguiría este sistema de evaluación sería la *Tabla 2*, en el que se presentaría un criterio parecido pero el alumno tendría que tachar sobre la casilla con la que estuviera más de acuerdo en vez de aportar el mismo el valor numérico.

<i>Alumno/Con- ducta</i>	<i>Ha cumplido con las tareas que se le han asignado</i>	<i>Desempeña co- rrectamente su papel/rol asig- nado</i>	<i>Se muestra res- ponsable con el desempeño de la actividad</i>	<i>Ha respetado al resto de compañeros del grupo</i>	<i>Ha participado en igual medida en la actividad que el resto de sus compañeros</i>
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					
<i>Apellidos, Nombre</i>					

Tabla 1 Anexo V. Rubrica de evaluación del trabajo realizado por los miembros del grupo.

<i>Conducta / Valoración</i>	<i>Casi nunca</i> (1)	<i>Alguna vez</i> (2)	<i>Normalmente</i> (3)	<i>Casi siempre</i> (4)	<i>Siempre</i> (5)
<i>El grupo se ha organizado de manera correcta, repartiendo de manera igualitaria las tareas y responsabilidades.</i>					
<i>Todos los integrantes del grupo han participado de manera activo en las discusiones y decisiones del grupo.</i>					
<i>Os habéis distribuido bien el tiempo y habéis cumplido con el horario previsto.</i>					
<i>Habéis elaborado la presentación de manera conjunta sin muchos problemas y poniéndolos de acuerdo a la hora de tomar decisiones.</i>					

Tabla 2 Anexo V. Rubrica de autoevaluación del trabajo individual realizado por el propio alumno.

<i>Alumno/Conducta</i>	<i>Han expuesto de manera clara y correcta su trabajo</i>	<i>Han presentado toda la información que se pedía</i>	<i>Su presentación ha sido original</i>	<i>Han respetado al resto de grupos durante sus exposiciones</i>	<i>Se han ajustado al tiempo dado para presentar</i>
<i>Grupo 1</i>					
<i>Grupo 2</i>					
<i>Grupo 3</i>					
<i>Grupo 4</i>					

Tabla 3 Anexo V. Rubrica de autoevaluación del trabajo realizado por los compañeros.