

ZEALANDIA, UN CONTINENTE SUMERGIDO

**Innovación educativa: la Tectónica de Placas a
través de la argumentación en el aula**

Trabajo de Fin de Máster

Alejandro Rizo Delgado

Tutora: María Candelaria Martín Luis

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

Especialidad: Biología y Geología

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN	4
Origen de la tectónica de placas y conceptos básicos.	4
Movimiento de las placas.	8
Número de placas y de continentes.	¡Error! Marcador no definido.
Zealandia, el octavo continente.	14
Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INNOVACIÓN	24
OBJETIVOS	25
PLAN DE INTERVENCIÓN	25
Población destino.	25
Relación con el currículo.	26
Metodología.	26
Descripción de la actividad.	27
Método de evaluación (ponderación/métodos de evaluación/rúbricas).	34
Atención a la diversidad.	35
PLAN DE SEGUIMIENTO.....	36
RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA.....	38
CONCLUSIÓN	38
BIBLIOGRAFÍA	39

RESUMEN

La Teoría de la Tectónica de Placas presenta tales implicaciones que se ha convertido en la base sobre la que se consideran la mayoría de los procesos geológicos (Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2005). Su tratamiento en las aulas está comúnmente centrado en el estudio global del planeta Tierra, haciendo énfasis en las similitudes geológicas y paleontológicas existentes entre los continentes africano y sudamericano. La naturaleza innovadora del presente Trabajo Final de Máster va asociada a una propuesta novedosa en cuanto al tratamiento de esta temática, la cual gira en torno al reciente descubrimiento del sumergido continente Zealandia, en el SW del Océano Pacífico (Mortimer et al., 2017). Para ello, se ha propuesto una secuencia de actividades para un grupo de 4º de ESO que incluye trabajo reflexivo y de investigación, en el que el alumnado tendrá que hacer uso del razonamiento lógico y del pensamiento crítico, así como un trabajo más práctico en el que podrá diseñar, recortar y mover modelos de placas tectónicas con sus propias manos.

Palabras clave: innovación educativa, Educación Secundaria Obligatoria, Tectónica de Placas, Zealandia.

ABSTRACT

The theory of plate tectonics implies such implications that it has been the base in which most of the geological processes are addressed (Tarbuck, Lutgens and Tasa, 2005). Its treatment in secondary education is commonly focused on a global study of planet Earth, emphasising the existent geological and paleontological similarities between African and South American continents. The innovative nature of the present master's degree final thesis is linked to an original proposal related to the treatment of this topic, which lies in Zealandia, the recently discovered submerged continent in the SW Pacific Ocean (Mortimer et al., 2017). In such a way, it is proposed a sequence of activities for students between 15 and 16 years old, which implies a reflexive work and research, with logical reasoning and critical thinking, as well as a practical activity where the students will be able to design, cut and move plate tectonics models with their own hands.

Keywords: educational innovation, "Educación Secundaria Obligatoria", Plate Tectonics, Zealandia.

INTRODUCCIÓN

Origen de la tectónica de placas y conceptos básicos.

“Una *placa tectónica* (también llamada *placa litosférica*) es una losa de roca sólida masiva, con forma irregular, generalmente compuesta tanto por litosfera continental como oceánica”. Esta es la definición de *placa tectónica* que se proporciona en el libro *This dynamic Earth: the story of plate tectonics*, de Kious y Tilling (1996), y que prácticamente no ha variado a lo largo de los años. Sin embargo, la comprensión de la teoría que abarca este concepto no es posible sin abordar la trayectoria que nos ha llevado hasta lo que conocemos hoy en día.

A comienzos del siglo XX, la historia de la geología pasó por una de esas etapas en las que la ciencia va por delante de la mentalidad de la época (Kious y Tilling, 1996; Pérez-Malvárez, Bueno, Feria y Ruiz, 2006; Álvarez, 2012; Bernal, 2012). Tal y como ha ocurrido con muchos otros descubrimientos científicos demasiado avanzados para la época (*e. g. El origen de las especies* de Charles Darwin), pasó mucho tiempo desde que se planteó la teoría de la deriva continental (1912) hasta que llegó a consagrarse mediante la teoría de la tectónica de placas (c. 1968).

En este punto de la historia, Alfred Lothar Wegener (1880-1930), un geofísico alemán de reconocido prestigio pero en el campo de la meteorología expuso en 1912 una propuesta alternativa al fijismo geológico y a las conexiones terrestres, conceptos que se manifestaban insuficientes para explicar determinados procesos de la dinámica terrestre. Esta alternativa, apoyada por numerosas pruebas geológicas, geofísicas, paleontológicas y paleoclimáticas, fue la movilidad horizontal de los continentes, mediante la que manifestó que las grandes estructuras de la superficie terrestre, en concreto los continentes, no eran permanentes, sino que podían desplazarse (Bernal, 2012; Wegener y García Cruz, 2012).

Cabe destacar que en esta época el fijismo geológico estaba ampliamente extendido, el cual sostenía la presencia de conexiones de tierra firme que se hundían en la profundidad de los océanos para explicar las similitudes faunísticas y florísticas entre continentes como África y Sudamérica, estando éstos separados por un océano (Álvarez, 2012; Bernal, 2012; Wegener y García Cruz, 2012). Wegener no podía estar más en

desacuerdo con esta teoría, lo cual ayudó a promover sus trabajos acerca de la teoría de la deriva continental (Álvarez, 2012; Bernal, 2012; Wegener y García Cruz, 2012).

La teoría de la deriva continental fue el centro de numerosos debates durante muchos años, incluso después de la muerte de Wegener en 1930, siendo ampliamente rechazada debido a la “excentricidad, absurdidad e improbabilidad” de la teoría (Kious y Tilling, 1996). Sin embargo, a comienzos de los años 50’, salió a la luz una serie de investigaciones con nuevas evidencias que apoyaban las ideas movi listas de Wegener. Así, comenzó la teoría de la tectónica de placas, apoyada por cuatro evidencias principales: (1) la demostración de la juventud de los fondos oceánicos, (2) la confirmación de repetidos cambios en la polaridad del campo magnético terrestre, (3) la emergencia de la hipótesis de la expansión de los fondos oceánicos, asociada al reciclaje de la corteza oceánica; y (4) la documentación acerca de que la sismicidad y la actividad volcánica globales están concentradas a lo largo de fosas oceánicas y montañas submarinas (Kious y Tilling, 1996).

En resumen, la teoría de la tectónica de placas podría definirse como aquella teoría que establece que la capa más superficial de la Tierra está fragmentada en una serie de placas [desde 14 según Uyeda (1978) hasta las 56 definidas por Alfaro y Fernández (2019) mediante el modelo cinemático complejo MORVEL-56] de diverso tamaño que se mueven de manera relativa unas a las otras mientras flotan sobre una capa de material mucho más caliente y fluido (Kious y Tilling, 1996). Se trata de una teoría general que afecta a (y explica) casi todos los fenómenos geológicos, desde la orogénesis a las transgresiones, desde el magmatismo a la distribución de especies fósiles, desde la localización de los yacimientos minerales hasta la historia del planeta (Anguita, 1995).

Este movimiento relativo entre placas genera, por consiguiente, unas conexiones entre estas de diverso tipo, donde se producen fenómenos de creación y destrucción de la litosfera asociados a fenómenos geológicos como magmatismo, movimientos sísmicos, formación de orogenias, vulcanismo, etc. La región en la que dos placas limitan es denominada límite o borde de placa. Éstos se describen a continuación.

- ❖ Bordes convergentes, de subducción o destructivos.

El movimiento de las placas en este tipo de límite ocurre de manera frontal, es decir, una placa se mueve hacia la otra y viceversa, chocando entre sí, llegando a hundirse (subducir) una bajo la otra (Kious y Tilling, 1996; Tarbuck, Lutgens y Tasa, 2005). Debido al choque que se produce entre las placas presentes en este límite, se produce una destrucción de la corteza que compone a las placas tectónicas (Kious y Tilling, 1996; Tarbuck y Lutgens, 2005).

Este proceso de subducción se produce debido a la diferencia de densidad entre las placas litosféricas involucradas, por lo que la placa con una mayor densidad es la que desciende bajo la otra, llegando a subducir bajo la astenosfera subyacente en el caso de que esta placa esté conformada por litosfera oceánica.

Dentro de este tipo de borde de placas podemos encontrar, a su vez, varios tipos en función del tipo de litosfera que se vea implicada.

➤ **Convergencia oceánica-continental (O-C).**

Tiene lugar cuando se produce el choque entre dos placas, una con corteza continental y otra con corteza oceánica, por lo que se produce la subducción de la litosfera oceánica bajo la continental (Delgado Ocaña, 2017). Mientras que la capa de litosfera continental queda “flotando” en la superficie, la capa de litosfera oceánica más densa se hunde en el manto (Tarbuck y Lutgens, 2005; Delgado Ocaña, 2017). Este tipo de convergencia es la causante de la formación de numerosos volcanes que existen en los continentes, como por ejemplo la Cordillera de los Andes en Sudamérica que es el resultado de los magmas que se generaron por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana (Tarbuck y Lutgens, 2005; Delgado Ocaña, 2017).

➤ **Convergencia oceánica-oceánica (O-O).**

Tiene lugar cuando dos placas oceánicas chocan entre sí, produciéndose la subducción de una de las placas por debajo de la otra. Se produce la fusión de parte de la placa que subduce, con formación de un magma que atraviesa la corteza hasta la superficie dando lugar a procesos volcánicos, tal y como ocurre también en los bordes de placa O-C (Tarbuck y Lutgens, 2005; Delgado Ocaña, 2017). Finalmente, esto puede culminar con la formación de cadenas de islas o

arcos de islas volcánicas cuando la subducción se mantiene en el tiempo (Tarbuck y Lutgens, 2005; Delgado Ocaña, 2017).

➤ **Convergencia continental-continental (C-C).**

Este tipo de convergencia se produce cuando dos bloques continentales chocan entre sí, llegando a dar lugar a la unión de éstos (Tarbuck y Lutgens, 2005). Dado que ambos se encuentran flotando en la astenosfera por su baja densidad, la subducción no llegará hasta una gran profundidad (Tarbuck y Lutgens, 2005). Durante este proceso, se consumirá el fondo oceánico situado entre medias, dando lugar muy probablemente a un arco volcánico. Más tarde, se formará un plegamiento y deformación de los sedimentos acumulados en los márgenes continentales, originando una cordillera montañosa formada por rocas sedimentarias deformadas y metamorfizadas, fragmentos del arco de islas volcánicas y posiblemente fragmentos de corteza oceánica (Tarbuck y Lutgens, 2005).

❖ **Bordes divergentes o constructivos.**

Este tipo de bordes o límites tienen lugar donde las placas se separan entre sí, separación que genera la creación de nueva corteza generada por el magma que fluye desde el interior del manto hasta la superficie (Kious y Tilling, 1996). Uno de los bordes divergentes más conocidos es la dorsal oceánica del Atlántico, que se extiende desde el Océano Ártico hasta el extremo sur de África, y que puede ser estudiada fácilmente en Islandia, un laboratorio natural que ofrece a los científicos un terreno de estudio en la superficie para aquellos procesos que ocurren normalmente en las profundidades del océano (Kious y Tilling, 1996).

❖ **Bordes transformantes.**

Estos se encuentran en la zona en la que dos placas se deslizan horizontalmente entre sí. El concepto fue propuesto por el geofísico canadiense J. Tuzo Wilson, exponiendo que estas largas zonas de fractura conectan dos centros de expansión (*i. e.* bordes de placa divergentes) o, menos frecuentemente, fosas oceánicas (*i. e.* bordes de placa convergentes) (Kious y Tilling, 1996). Son zonas con un desplazamiento de gran

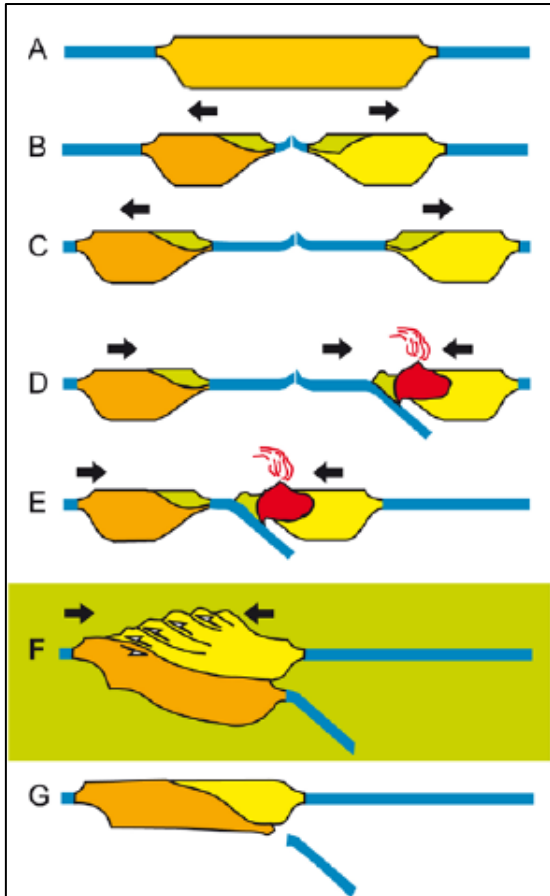


Figura 2. Imagen clásica del ciclo de Wilson (1966) que expresa la rotura (rifting) de un continente (A y B), la génesis de litosfera oceánica en la dorsal resultante de dicho proceso (C), el inicio de la subducción de la litosfera oceánica cuando se cumplen las condiciones apropiadas para ello (D), el cierre del océano (E) y la colisión entre los dos bloques continentales separados por el rifting inicial (F, sombreado en verde para resaltar los efectos estructurales del funcionamiento de un cinturón orogénico colisional). Finalmente, el cinturón orogénico queda inactivo y se reconstruye aproximadamente el continente inicial, aunque mostrando en su interior los efectos del ciclo tectónico sufrido (G). Tomado de Alfaro et al. (2013).

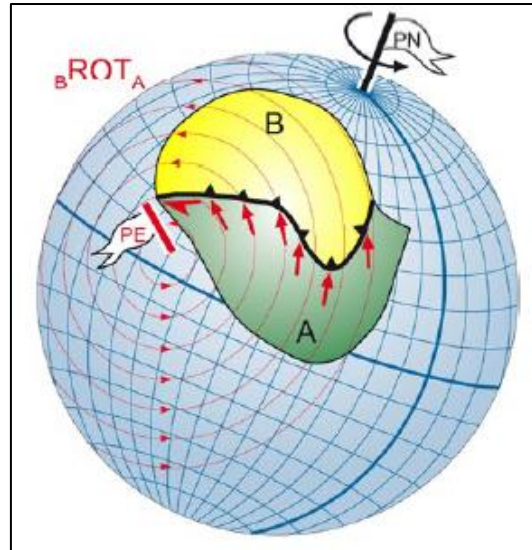


Figura 1. Esquema idealizado de la superficie de la Tierra mostrando dos placas litosféricas (A y B) cuyo movimiento relativo puede ser descrito mediante una rotación (${}_{B}ROT_A$) alrededor de un eje cuyo polo (PE, polo de Euler) no tiene por qué coincidir con los polos de rotación de la Tierra alrededor de su eje (PN: polo Norte). Los círculos rojos ilustran las trayectorias que seguirían diversos puntos de la placa A en su movimiento relativo con respecto a la placa B. Las flechas rojas muestran cómo dichas trayectorias pueden disponerse desde ortogonales a paralelas en relación con el límite entre ambas placas. Tomado de Alfaro et al. (2013).

magnitud, donde además se generan numerosos terremotos de foco superficial (Delgado Ocaña, 2017).

Movimiento de las placas.

Tal y como ha dicho Anguita (1995), la tectónica global, al igual que muchas

de las teorías que explican la Tierra y el Universo, ha ido reajustándose y complicándose desde su enunciado inicial. Un claro ejemplo puede contemplarse en los aspectos que rodean al concepto del movimiento de las placas tectónicas.

❖ ¿Cuánto y cómo?

Uno de estos aspectos, cuánto y cómo se mueven las placas tectónicas, ha sido tradicionalmente tratado mediante una Tierra plana sometida a una tectónica bidimensional, obviando la naturaleza cuasi-esférica de la Tierra, la cual ofrecería un mejor entendimiento tanto del movimiento de las placas tectónicas como de sus

implicaciones más importantes (Alfaro et al., 2013). Un claro ejemplo de esto es la comparación entre la representación del ciclo de Wilson (Fig. 2) y la representación en tres dimensiones del movimiento de las placas litosféricas (Fig. 1).

Por un lado, el ciclo de Wilson describe todas las etapas del ciclo de vida de una cuenca oceánica, durante las que ésta se crea, crece, se reduce y se sutura (Wilson, 1968; Burke, 2011). Por consiguiente, mediante este ciclo pueden explicarse aspectos generales de la tectónica de placas como la creación de corteza oceánica a partir de las dorsales oceánicas, el vulcanismo presente en los bordes de subducción O-C y la formación de orógenos por colisión de cortezas continentales en los bordes de subducción C-C. Sin embargo, sus representaciones (Fig. 2), las cuales son casi invariablemente dibujadas en secciones bidimensionales, transmiten inconscientemente una idea básica, que un determinado continente se rompe y se vuelve a ensamblar por el mismo sitio (Alfaro et al., 2013). Nada más lejos de la realidad. Por otro lado, la representación tridimensional del desplazamiento de las placas tectónicas gira en torno a la idea de que el movimiento relativo de las placas se realiza mediante la rotación de estas alrededor de un eje (Fig. 1) (Alfaro et al., 2013). De este modo, las trayectorias de movimiento de cada punto son circulares, centradas en dicho polo, lo que se traduce en la aparición de distintos bordes de placa a lo largo de un mismo contacto entre dos placas, tal y como se puede observar en la Figura 1 (Alfaro et al., 2013).

❖ ¿Por qué?

Otro concepto de la tectónica de placas que ha ido reajustándose y complicándose a lo largo de los años es el de por qué logran moverse las placas tectónicas. En este caso, a lo largo del tiempo se ha generado en la comunidad científica un debate acerca de la viabilidad de dos modelos o teorías sobre el origen del movimiento de las placas litosféricas (Alfaro et al., 2013; Fernández et al., 2013; Fernández et al., 2019). Ya a finales de los años 80, en España se hablaba de estas dos teorías gracias a las publicaciones de Águeda et al. (1977) y de Anguita y Moreno (1978), donde se hablaba de los modelos “de placa pasiva” y “de placa activa” (Fernández et al., 2019). A pesar del tiempo que ha pasado desde entonces, en muchas escuelas sigue transmitiéndose el primer modelo como el más actualizado, cuando en realidad es el

que ha sido sustituido por el segundo (Alfaro et al., 2013). Esta es una de las razones por las que creo necesario que se aborde este problema de actualización en las aulas y con este TFM se pretende contribuir a ello.

Ambos modelos parten de la idea arraigada en la comunidad científica que dice que la Tierra es una máquina térmica que elimina calor mediante convección en el manto, proceso clave para comprender el movimiento de las placas tectónicas (Fernández et al., 2019), pero difieren en el papel que presentan éstas en su movimiento.

Por un lado, el modelo “de placa pasiva” sigue el modelo de convección de Rayleigh-Bénard (Fig. 3), mediante el cual el manto está dividido en una serie de celdas

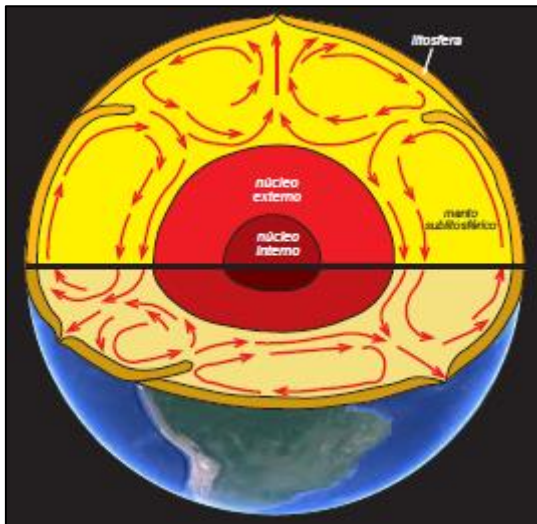


Figura 3. Esquema idealizado del modelo de convección de Rayleigh-Bénard del manto, con las clásicas celdas convectivas arrastrando en su movimiento a las placas litosféricas, que se comportan de manera pasiva. Tomado de Fernández et al. (2019).

de convección, responsables del movimiento de las placas litosféricas, como si de una cinta transportadora se tratara (Alfaro et al., 2013; Fernández et al., 2019). Las ramas ascendentes de dichas celdas serían responsables de un levantamiento de la litosfera suprayacente, dando lugar a las dorsales oceánicas, mientras que las ramas descendentes provocarían la convergencia de dos placas litosféricas, dando lugar a los fenómenos geológicos correspondientes (Alfaro et al., 2013; Fernández et al., 2019).

No obstante, este modelo no está exento de contradicciones, responsables del surgimiento de modelo “de placa activa”, que explica de una manera más convincente el movimiento de las placas tectónicas. Entre ellas, encontramos que la evolución cinemática y geométrica de las placas, según este modelo “de placa pasiva”, no es posible (Alfaro et al., 2013; Fernández et al., 2019). Esto se debe a que el movimiento de las placas litosféricas generaría una variación de las dimensiones de las celdas convectivas, variación físicamente imposible en aquellas celdas que configuran el movimiento de las placas que van en camino de su extinción (Alfaro et al., 2013; Fernández et al., 2019), tal y como ocurrió con la placa de Kula (Fig. 4, corte III-III’),

situada entre las placas del Pacífico y norteamericana hace entre 80 y 30 Ma (Fernández et al., 2019). Otras contradicciones tienen lugar en el campo de la tomografía sísmica, en los modelos físico-matemáticos de la convección o en las velocidades absolutas de las placas (Alfaro et al., 2013), datos suficientes para proponer un nuevo modelo que explique el movimiento de las placas litosféricas.

Por otro lado, el modelo “de placa activa” se basa en que las propias placas litosféricas son las que generan la convección del manto, cuyo movimiento se explica por una serie de fuerzas que se dan a lo largo de las placas. Estas fuerzas son, según Bott (1993), la fuerza de tirón de la parte subducente de la placa, la fuerza de empuje de las dorsales, la succión de las fosas y, en menor medida, la fuerza de arrastre, y las fuerzas de resistencia a la subducción, a la colisión o al movimiento en las fallas transformantes.

¿Cuántas placas y continentes hay en nuestro planeta?

Tradicionalmente, se ha considerado la existencia de un total de 14 placas tectónicas, según la descripción realizada por Seiya Uyeda (1978). Esta descripción ha ido evolucionando a lo largo de las últimas décadas gracias a la aparición de una serie de modelos cinemáticos que incluyen datos geológicos, geofísicos y geodésicos (Alfaro et al., 2013, Alfaro y Fernández, 2019).

Este tipo de modelos comenzó a desarrollarse en los años 70' utilizando únicamente datos geológicos y geofísicos, siendo el más importante y representativo el modelo NUVEL-1A (Northwestern University **VE**LOCITY) de

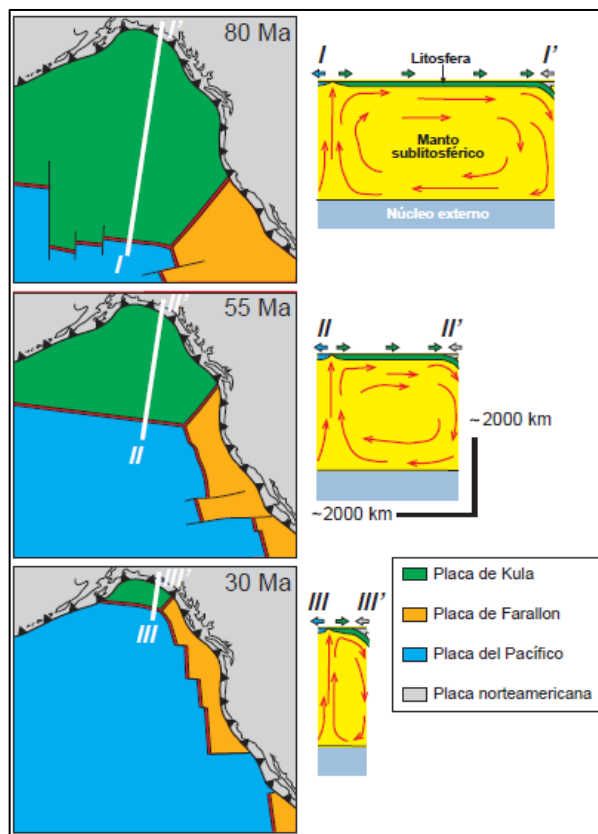


Figura 4. Mapas esquemáticos mostrando la evolución de la placa de Kula y la reducción de su extensión superficial desde hace 80 Ma hasta hace 30 Ma. A la derecha de cada estadio se muestra una sección (cuya localización se indica en su mapa correspondiente) de la placa de Kula y de las placas adyacentes, que profundiza hasta la base del manto, con objeto de mostrar la geometría de las celdas convectivas supuestamente responsables del movimiento de la placa de Kula. Tomado de Fernández et al. (2019).

DeMets et al. (1994), el cual determina la existencia de —tal y como describió Uyeda (1978)— un total de 14 placas tectónicas (Fig. 5) (Bird, 2003; Alfaro et al., 2013; Alfaro y Fernández, 2019). Sin embargo, la aparición de la geodesia espacial durante el siglo XXI ha proporcionado una cantidad de información que ha dejado obsoletos los modelos anteriores. Los modelos geodésicos más representativos en la actualidad son los modelos MORVEL (**M**id-**O**cean **R**idge **V**elocity), donde destaca el modelo MORVEL-56 de Argus et al. (2011). Este modelo integra datos geológicos, geofísicos, sismológicos y geodésicos, con lo que consigue incluir 31 nuevas placas de menor tamaño, situadas mayormente en el SE asiático, alcanzando un total de 56 placas tectónicas (Alfaro et al., 2013; Alfaro y Fernández, 2019). Ambos modelos se basan en la interpretación de una serie de datos: (1) tasas de expansión en dorsales, (2) direcciones de fallas transformantes, (3) mecanismos focales, y (4), únicamente en los modelos MORVEL, datos proporcionados por las redes GPS (Alfaro et al., 2013; Alfaro y Fernández, 2019).

A pesar de la validez de la aproximación realizada por Uyeda en 1978 para niveles educativos de ESO y Bachillerato, es de vital importancia proporcionar la información tratada en los párrafos anteriores, pues proporcionan una visión mucho más realista y

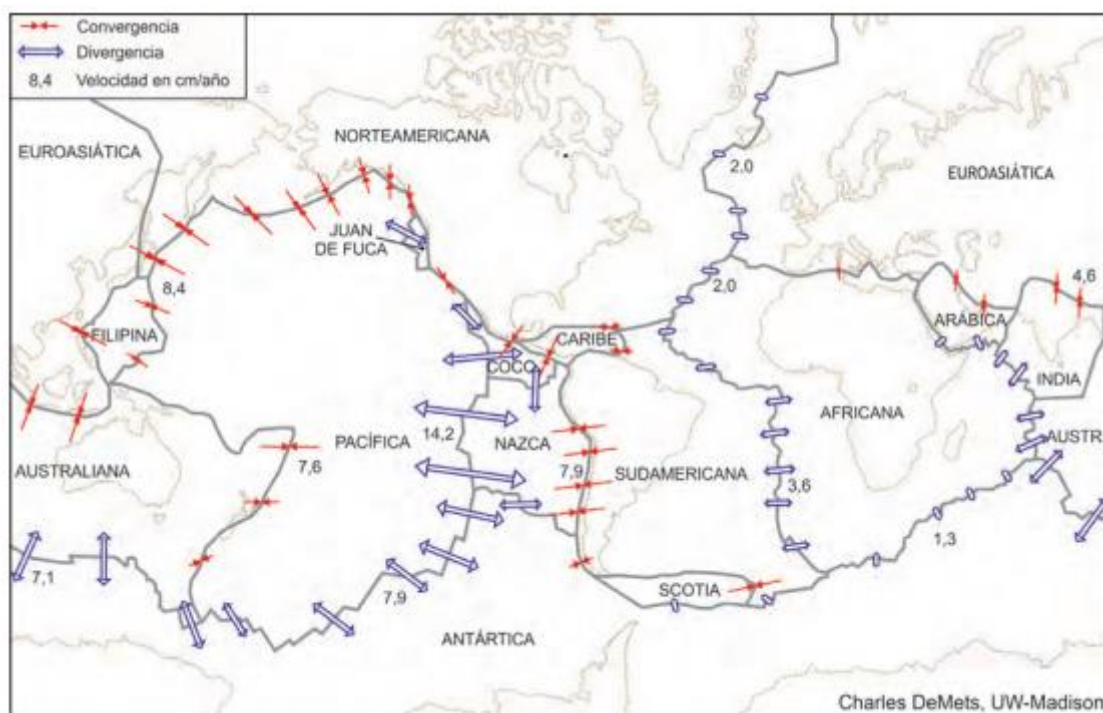


Figura 5. Modelo NUVEL 1A elaborado por DeMets en el que se indica el movimiento de las principales placas tectónicas. La dirección de los vectores coincide con la dirección del movimiento relativo entre las placas y su longitud es proporcional a la velocidad (en algunos lugares, como escala, se indica con números la velocidad en cm/año). Este modelo, ya anticuado, ha sido el más utilizado durante la primera década del s. XXI. Tomado de Alfaro et al. (2013).

próxima a los modelos aceptados actualmente por la comunidad científica. Además, los datos utilizados para la creación de estos modelos están basados en el concepto del movimiento angular de las placas tectónicas, tratado en el apartado anterior, lo cual indica la importancia de la introducción de este concepto durante estas etapas educativas.

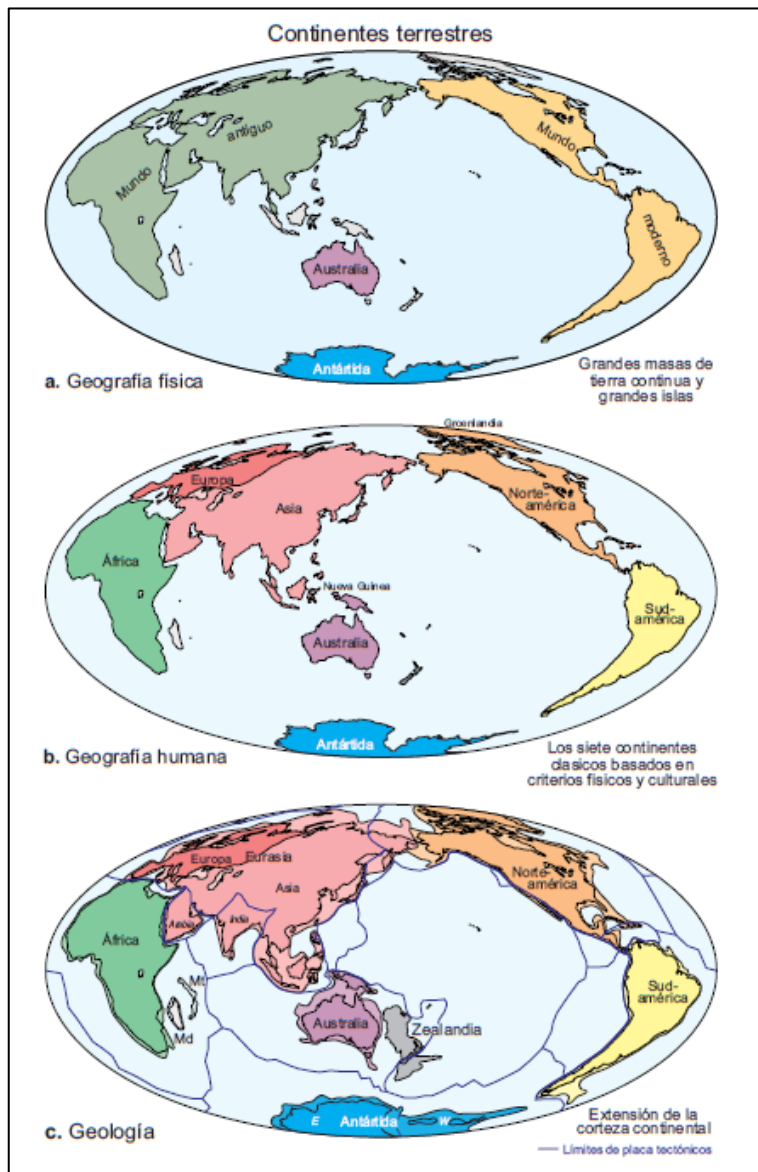


Figura 6. Tres formas de definir los continentes del planeta Tierra (Mortimer y Campbell, 2014). a) definición estricta de geografía física como una masa continua de tierra; b) mezcla de criterios de geografía física y humana que dividen Eurasia y las Américas en los siete continentes clásicos; c) definición geológica de continentes que incluye sus plataformas marinas continentales. Microcontinentes: J=Jan Mayen, Md=Madagascar, Mt=Mauritia, G=Gulden Draak, S=Orcadas del Sur. Los mapas utilizan la proyección equiareal de Hammer. Tomado de Mortimer (2019).

De manera similar ha ocurrido con el número de continentes considerados en nuestro planeta. Según muchos libros de texto, la Tierra se divide en siete continentes: Europa, Asia, África, América del Norte y del Sur, Australia y Antártida (Fig. 6b). No obstante, las primeras definiciones en diccionarios de habla inglesa hablan de un continente como “una masa de tierra no separada de otras por el mar” (Jhonson, 1755; Mortimer et al., 2019), y definiciones más modernas las describen como “cada una de las grandes extensiones de tierra separadas por los océanos” (RAE, 2021).

Siguiendo el criterio físico de estas definiciones, nos encontraríamos con un planeta Tierra con cuatro continentes:

los conocidos Mundo Antiguo y Mundo Moderno, junto con las islas continentales Australia y Antártida (Fig. 6a).

Sin embargo, tal y como menciona Mortimer (2019), ambas consideraciones tienen un problema común, su diseño antropocéntrico moderno. Ambos mapas geográficos toman el nivel del mar como esencial, mientras que éste varía a lo largo del tiempo y, consecuentemente, también lo hará el número, tamaño y forma de los continentes.

En contraparte, el glosario de Geología de Neuendorf et al. (2005) define el término continente como “una de las mayores masas de la Tierra, que incluye tanto tierra emergida como sus plataformas continentales”. De este modo, la geografía geológica (Fig. 6c) ha logrado resolver múltiples dudas en cuanto la condición de continente de un conjunto de extensiones de tierra. Así, sabemos que Groenlandia es parte del continente América del Norte, pues entre ambas regiones no existe corteza oceánica, sino plataformas continentales someras con una geología continua (Mortimer, 2019).

Esta definición proporciona al concepto de continente una visión mucho más precisa e invariable a lo largo del tiempo, pero sigue sin resolver una incógnita, ¿cuál es el tamaño mínimo para que una extensión de tierra sea considerada continente? Este concepto es algo subjetivo, pero está convencionalmente aceptada una extensión de 1 MKm² como umbral entre continente y “microcontinente”, tal y como se ha expresado para algunos fragmentos continentales como Madagascar, Tasman del Este, Jan Mayen, Mauritia y Golden Draak (Gaina et al., 2003; Torsvik et al., 2013; Whittaker et al., 2016; Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

[Zealandia, el octavo continente.](#)

La naturaleza de nuestro planeta ha sido objeto de estudio durante siglos (Tarbuck y Lutgens, 2005). Esto nos ha llevado a la consecución de numerosos e importantes descubrimientos, muchos de ellos después de años y años de exploración científica e investigación. Un claro ejemplo lo encontramos en Zealandia, una región de 4.9 MKm² al SW del Pacífico, que incluye a las islas de Nueva Zelanda y Nueva Caledonia,

cuya superficie se encuentra sumergida en un 94%, y que ha sido recientemente propuesto como nuevo continente (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

Los comienzos de este descubrimiento tuvieron lugar antes incluso del siglo pasado, cuando se comenzó a utilizar de manera ocasional el adjetivo “continental” para la región del SW del Pacífico o de Nueva Zelanda y alrededores (Hector, 1896; Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019). Un siglo más tarde apareció el término “Zealandia” a manos de Luyendyk (1995), incluyendo a Nueva Zelanda y una serie de plataformas continentales cercanas (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

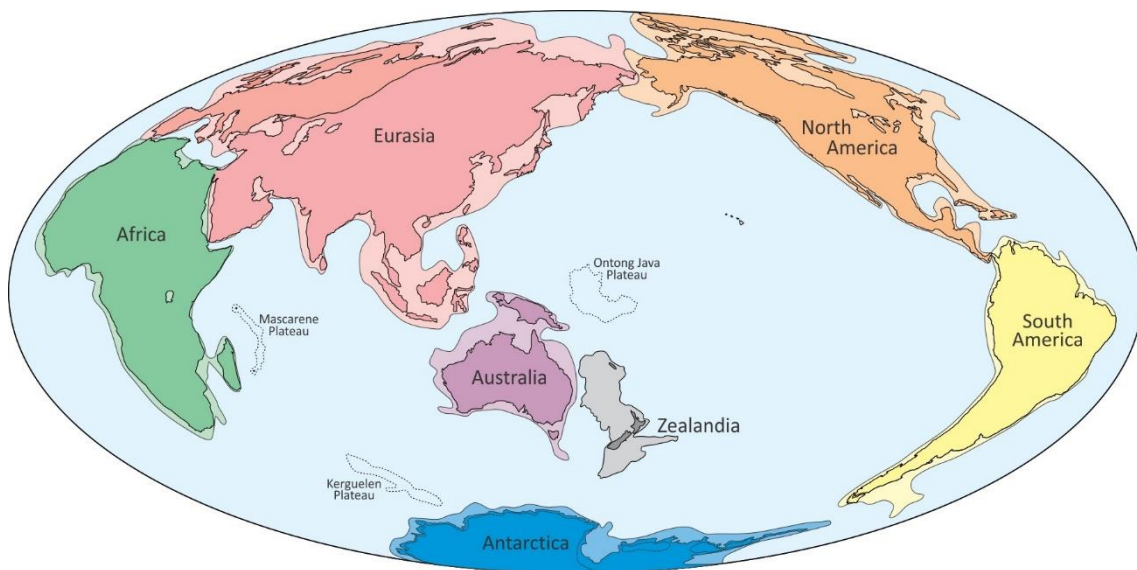


Figura 7. Mapamundi en el que se incluye al nuevo continente Zealandia (National Geographic, 2017). Se muestran los 8 continentes definidos por Mortimer et al. (2017), cada uno de un color, junto con sus respectivas porciones de tierra sumergidas de un tono más tenue. Europa y Asia aparecen juntas como Eurasia.

Ninguna de estas investigaciones incluyó una caracterización precisa de la región, por lo que este descubrimiento no resonó demasiado en la comunidad científica (Mortimer, 2019). No obstante, los avances en la tecnología y su uso en investigación, ha permitido acumular la cantidad de datos batimétricos, geológicos y geofísicos necesaria para que, en el año 2017, Mortimer y sus colaboradores pudieran proponer de manera rigurosa una región de Zealandia precisamente delimitada como continente (Fig. 7) (Mortimer et al., 2017, Mortimer, 2019).

Este descubrimiento se basa en una serie de evidencias que les ha permitido emitir tal hipótesis, respondiendo a dos preguntas clave: ¿se trata realmente esta zona de una región continental?, y ¿es lo suficientemente grande como para ser tratada como

continente? Estas evidencias son (1) una elevada topografía respecto a las regiones con corteza oceánica; (2) una amplia variedad de rocas ígneas silíceas, rocas metamórficas y rocas sedimentarias; (3) una corteza más gruesa y una estructura de menor velocidad sísmica que las regiones con corteza oceánica; y (4) unos límites bien definidos alrededor de un área lo suficientemente grande como para ser considerada un continente antes que un microcontinente o un fragmento continental (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

A continuación, discutiremos estas evidencias, explicando por qué han supuesto un apoyo para este descubrimiento.

❖ Elevación.

Las regiones continentales de nuestro planeta presentan una elevación variable, desde encontrarse bajo el nivel del mar hasta llegar a alcanzar alturas de varios kilómetros por encima de dicho nivel, pero siempre superior a cualquier región de corteza oceánica. En el caso de Zealandia, la gran mayoría de la corteza continental que la compone —concretamente el 94% de su extensión— es un claro ejemplo del primer caso, se encuentra sumergida (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019). Únicamente presenta una serie de islas y plataformas continentales, entre las que podemos encontrar las conocidas Nueva Zelanda y Nueva Caledonia, y cuyo punto más alto se sitúa a los 3724m en la isla de Nueva Zelanda. No obstante, gracias a los avances en la cartografía de los fondos oceánicos, el mapa batimétrico de estas regiones continentales de baja elevación nos indica con precisión la clara diferencia que presenta frente al fondo oceánico adyacente, así como el lugar en el que ambos entran en contacto (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

❖ Geología.

Cabe destacar que la diferencia de elevación por sí sola no es concluyente para definir a una región como continental, pues existe una gran cantidad de plataformas oceánicas y montes submarinos elevados sobre los fondos oceánicos. Por ello, se hace necesario la caracterización de estas regiones con otro tipo de datos.

Una clara diferencia entre las regiones de corteza oceánica y las de corteza continental incide en su composición geológica. Mientras la primera está compuesta por

rocas ígneas como basaltos y gabros, la segunda presenta una composición mucho más heterogénea de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, como granitos, gneises, esquistos, riolitas, areniscas ricas en cuarzo y calizas, entre otras (Kious y Tilling, 1996; Tarbuck y Lutgens, 2005; Mortimer, 2019).

En cuanto a Zealandia, el Batolito Medio (Median Batholith), una alineación o cinturón de rocas plutónicas que se extiende a lo largo de esta área de 4.9 Mkm², es un claro ejemplo de la composición continental de esta región al SW del Pacífico (Mortimer et al., 1999; Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

❖ Estructura cortical.

Otro aspecto a tener en cuenta para afirmar que Zealandia se trata de una región compuesta por corteza continental y no oceánica, es el del grosor y las propiedades físicas de su propia corteza.

De modo general, tal y como se explica en el libro de Tarbuck y Lutgens (2005), la corteza oceánica tiene un grosor de unos 7 km, mientras que el de la continental oscila entre los 35 y 40 km, llegando a los 70 km en algunas regiones montañosas. En cuanto a las propiedades físicas, la corteza oceánica presenta una velocidad de las ondas sísmicas de unos 7.5 km⁻¹ (White et al., 1992), mientras que la continental tiene una velocidad algo menor, del orden de 6.5 km⁻¹ (Christensen y Mooney, 1995).

A pesar de que Zealandia presenta un grosor menor y una velocidad de las ondas sísmicas mayores a las genéricas para la corteza continental, siguen siendo unos valores más cercanos a los de corteza continental: las velocidades de las ondas sísmicas son menores de 7.0 km⁻¹ y presenta un grosor de entre 10 y 30 km, llegando a superar los 40 km en las Islas del Sur de Nueva Zelanda (ver referencias en Mortimer et al., 2017).

Se cree que estas diferencias pueden ser debidas a la separación de lo que es hoy Zealandia del supercontinente Gondwana. Durante el Paleozoico-Mesozoico, el límite meridional de este supercontinente estuvo dominado por la subducción de la corteza del océano Panthalassa, proceso que podría haber reducido la resistencia de la corteza, aumentando así su susceptibilidad para sufrir estiramiento y adelgazamiento (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

❖ Límites y extensión.

Anteriormente se ha hablado acerca del término de continente, cuya concepción desde el punto de vista geológico expresa que se encuentran limitados por corteza oceánica. En cuanto a Zealandia, sus límites, a pesar de ser provisionales, están claramente definidos, y cada uno de ellos está en contacto con corteza oceánica (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019). Cabe destacar la pequeña separación entre Zealandia y Australia, de unos 25 km, situada a lo largo de la fosa de Cato, donde tiene lugar un desplazamiento tectónico a lo largo de 150 km (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

Implicaciones desde el punto de vista de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

El sistema educativo español lleva arrastrando una serie de problemas en lo que respecta a la enseñanza de las ciencias desde comienzos de siglo, tal y como ya observó hace casi una década Pedrinaci (2012) en su análisis de la enseñanza de la geología en la educación secundaria. En este análisis, Pedrinaci (2012) alude a un descenso en el número y nivel de los estudiantes que acceden a estudios universitarios de *Ciencias experimentales* (Matemáticas, Física, Química, Geología y Ciencias Ambientales) y *Enseñanzas técnicas* (Arquitectura, Ingenierías e Informática), haciendo hincapié en los estudios de Geología. Este descenso lo achaca a tres factores: la reducida atención que recibe la formación científica en la Educación Secundaria, la aún más reducida atención que recibe la geología, y la mayor presencia de esta en los programas oficiales que en las aulas (Pedrinaci, 2012).

La resolución de este problema ha sido propuesta mediante una estrategia que pretende que la enseñanza de las ciencias, en concreto la geología, sea sólida, eficaz y duradera en la Educación Secundaria. Esta estrategia comprende (Pedrinaci, 2012):

- Divulgar la geología e incrementar su presencia en los medios de comunicación.
- Mejorar la formación del profesorado y proporcionar materiales de aula.
- Defender una mayor presencia de las ciencias, en general, en la Educación Secundaria.
- Persuadir a las administraciones educativas de la necesidad de contar con unos ciudadanos alfabetizados en Ciencias de la Tierra.

- Elaborar propuestas curriculares susceptibles de interesar a profesores, estudiantes y sociedad en general.

De estos cinco apartados, quisiera destacar la importancia de la alfabetización científica, la cual es, tal y como se analiza en el artículo de Pedrinaci (2013), un enfoque educativo que busca proporcionar, en los niveles obligatorios, una formación científica susceptible de ser aplicada a situaciones habituales de la vida cotidiana, laboral y social. Este enfoque educativo, dentro de un mundo lleno de productos de la investigación científica, se torna imprescindible, pues permite al alumnado preguntar, hallar o dar respuesta a cuestiones que su curiosidad le plantee diariamente; describir, explicar y predecir fenómenos naturales; leer en prensa artículos sobre ciencia y participar en debates sociales sobre la validez de sus conclusiones; identificar los temas científicos que determinan las decisiones políticas y expresar posiciones informadas científica y tecnológicamente; valorar la calidad de la información científica basándose en la fuente de la que procede y en los métodos utilizados para generarla; tener la capacidad de valorar los argumentos que se derivan de los hechos establecidos y llegar a conclusiones; etcétera (Bybee, 1997; Pedrinaci, 2013).

Alcanzar esta alfabetización científica, concretamente la alfabetización en Ciencias de la Tierra, necesita de una síntesis del conocimiento fundamental que todo ciudadano debería tener sobre la Tierra y su funcionamiento. Así, Pedrinaci et al. (2013) realizaron una propuesta curricular en la que incluyeron 10 ideas clave junto a los conceptos y principios que sustentan cada una de estas ideas, de las que cabe destacar en este Trabajo Final de Máster la idea clave nº 6: “La Tectónica de Placas es una teoría global e integradora de la Tierra”, pues gira en torno a la temática que estamos tratando.

❖ Visión del alumnado.

Recordemos que nos encontramos ante un trabajo con enfoque educativo, por lo que es de vital importancia conocer las preconcepciones del alumnado con respecto al tema en cuestión. Estas preconcepciones, según Gil Llinás (1999), se entienden como errores conceptuales o teorías implícitas que posee o adquiere el alumnado antes del aprendizaje en la escuela y que no coincide con las ideas científicamente aceptadas (Fernández, Gutiérrez y Diago, 2017). En el caso que nos atañe, las preconcepciones en

Ciencias de la Tierra, concretamente en aquellos conceptos de la tectónica de placas y la formación del relieve terrestre, pueden suponer un obstáculo para el aprendizaje (Beviá, 1993; Fernández et al., 2017), por lo que haremos énfasis en algunos estudios en los que se analicen errores de este tipo.

Según Marques (1998), mediante su estudio acerca de las ideas de estudiantes de 17-18 años sobre determinados aspectos de la teoría de la tectónica de placas, el alumnado de este rango de edad suele tener una serie de errores conceptuales con respecto a la topografía, la relación entre el campo magnético terrestre y el campo gravitatorio, y las placas y su movimiento. De estas ideas, las más destacables son las siguientes:

- Fuerzas verticales como responsables de la formación de los continentes y de los fondos oceánicos:

Apoyándose en el trabajo de Le Grand (1988), este investigador concluyó que esta idea no parece estar lejos de lo que ha sido defendido por los Fijistas durante el siglo XIX, siendo más obvio relacionar este proceso de formación con movimientos horizontales.

- Superposición entre el concepto de continente y el concepto de placa:

El alumnado puede concluir que un límite de placas es equivalente a la línea de costa, relación que podría ser relativamente válida únicamente en los bordes de placa entre corteza oceánica y corteza continental. Aun así, en este caso sería incorrecto hablar de línea de costa, pues esta línea únicamente hace división entre la tierra emergida y la tierra sumergida, no entre las cortezas oceánica y continental (Tarbuck y Lutgens, 2005).

- Enfriamiento continuado del planeta como determinante de la formación de la topografía del planeta:

De este modo, este enfriamiento progresivo, a partir de un planeta Tierra incandescente, produciría un arrugamiento de la corteza que daría lugar a las cadenas montañosas que existen actualmente. Tal y como concluyó Marques (1998), esta perspectiva es semejante a las posiciones contraccionistas como las de Cuvier o el propio Lord Kelvin, y se asienta en una visión fijista sobre la posición relativa de los continentes y océanos.

- Movimiento de los continentes debido a corrientes oceánicas o a la rotación de la Tierra:

Cabe destacar que esta concepción, a pesar de mostrar una serie de justificaciones muy simples para demostrar la distribución de los continentes a lo largo del tiempo geológico —incluso relacionada en cierta medida con la explicación dada por Wegener para la deriva de los continentes— refleja una adecuada visión movilista del planeta, lo cual facilitaría la comprensión de numerosos conceptos relacionados con las Ciencias de la Tierra.

Un estudio más reciente, llevado a cabo en Estados Unidos, realizó un análisis de una gran cantidad de preconcepciones en relación con varias ideas de las Ciencias de la Tierra (Francek, 2013). Entre ellas, estudiaron los errores conceptuales dentro del ámbito de la tectónica de placas, donde destaca la pobre comprensión de la naturaleza de los límites de placas, la velocidad de éstas y el rol del gradiente de temperatura en el movimiento de las mismas, y la confusión en aspectos como la manera en que la formación de montañas es debida, en parte, a la naturaleza dúctil de las placas.

- ❖ ¿Cómo se aborda esta temática en las aulas?

A continuación se analizan algunas actividades que tradicionalmente han sido propuestas para trabajar la tectónica de placas en el aula.

La primera de estas actividades se basa en un concepto muy básico, pero que constituye un elemento clave de nuestra visión sobre el comportamiento y los mecanismos geológicos que actúan en nuestro planeta (Domènech, 2014). Este elemento hace referencia a las correspondencias que observó Wegener entre continentes alejados entre sí en la actualidad —e.g. las similitudes en la distribución

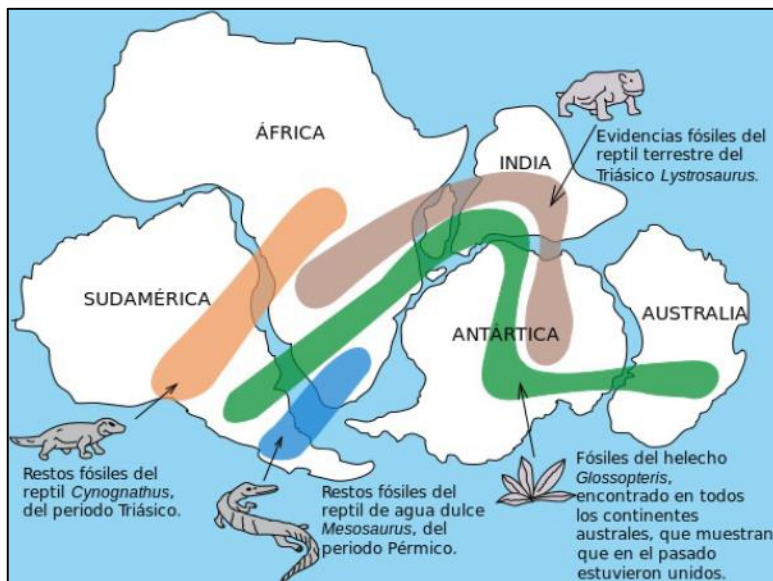


Figura 8. Gráfico ilustrativo del uso de la distribución de fósiles para reconstruir la historia geológica de la Tierra en lo que respecta a la posición y forma de los continentes." Imagen perteneciente al dominio público, procedente del Servicio Geológico de EE. UU., obtenida de Domènech (2014).

geográfica de fósiles (Fig. 8)—, evidencia que le llevó a proponer la Teoría de la Deriva Continental (Domènech, 2014).

Esta actividad sigue la metodología de un proyecto de indagación, en el que el profesorado realiza pequeños talleres en los que explica de modo

teórico conceptos o procesos que tengan relación con el proyecto, pero sin explicitar su relación con éste, para que el alumnado pueda realizar un trabajo autónomo (Domènech, 2014).

En resumen, el alumnado debe reconstruir la historia geológica de un planeta imaginario integrando distintos tipos de datos (distribución geográfica de fósiles, antigüedad de orógenos, regiones sísmicas) para construir un modelo de la ubicación de los límites de placa tectónica y los cambios que han sufrido los distintos continentes y, finalmente, describir este modelo de manera divulgativa mediante un vídeo científico (Domènech, 2014).

La siguiente actividad trabaja el movimiento angular de los continentes, un concepto algo complejo para el alumnado de esta etapa educativa. Se parte de una imagen a escala del planeta en dos dimensiones en la que está marcado un polo euleriano con círculos menores alrededor de ese polo, y dos bloques continentales (Fig. 9) (Fernández, 2019). A partir de esto, se pretende que el alumnado desplace uno de los

bloques continentales según las trayectorias que marca el polo euleriano (los círculos menores dibujados alrededor de este polo), comentando los resultados que se van obteniendo y las características tectónicas de cada punto de la figura en cada estadio (zonas de subducción, dorsales, fallas transformantes, zonas de colisión continental...) (Fernández, 2019).

Esta actividad permite al profesorado trabajar una serie de errores conceptuales muy comunes en el alumnado. Por ejemplo, en relación al movimiento de las placas, es habitual que el alumnado piense que éste se realiza en línea recta (Fernández, 2019). Sin embargo, esto tendría lugar únicamente en un

plano y, como bien sabemos, la superficie del planeta Tierra se aproxima a la de una esfera, por lo que cualquier objeto se moverá siguiendo una trayectoria circular. Por consiguiente, gracias a esta actividad el alumnado podrá trabajar este concepto evitando o corrigiendo el error conceptual que hemos comentado.

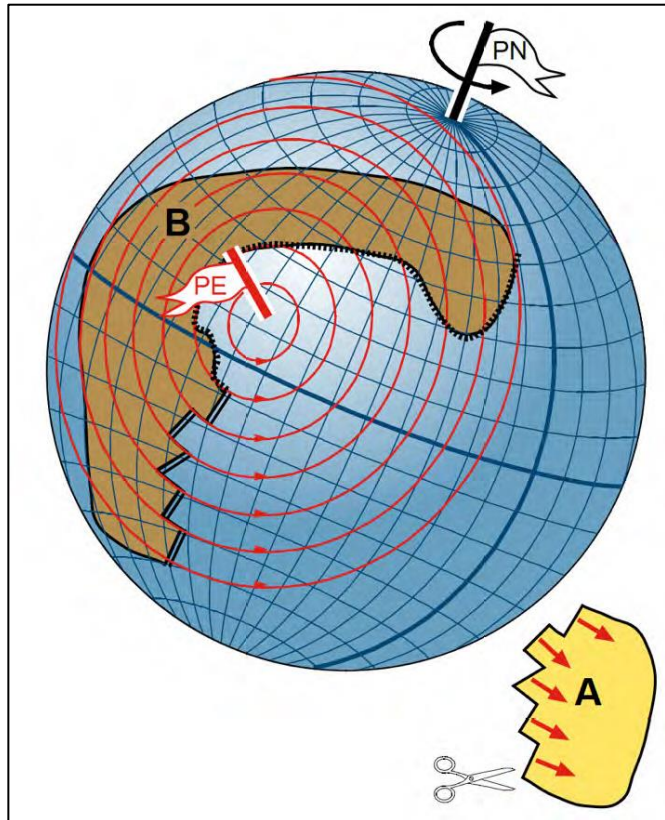


Figura 9. Imagen idealizada del globo terrestre, en la que se muestra un bloque continental hipotético (B) y, adicionalmente, el bloque continental que el alumnado moverá (A) para trabajar el movimiento angular de los continentes. Este movimiento seguirá una rotación alrededor del Polo de Euler (PE). El color azul representa la litosfera oceánica, para poder diferenciarla de los citados bloques continentales. Los círculos menores de color rojo representan las trayectorias de movimiento de la placa A. PN se refiere al polo norte, marcándose también una red de meridianos y paralelos sobre la superficie del globo. Tomado de Fernández (2019).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INNOVACIÓN

Tal y como ya dijo Pedrinaci (2012), el sistema educativo español viene arrastrando una serie de problemas en relación al número de alumnos que acceden a estudios universitarios de Geología, así como al nivel de estos, todo ello debido– en mayor o menor medida– a la poca atención que recibe esta rama de la ciencia en la Educación Secundaria Obligatoria. Esta insuficiente dedicación a la Geología en las aulas puede llegar a provocar que el alumnado de etapas más avanzadas– como la que tratamos en este TFM– genere un cierto rechazo hacia ella. Para contrarrestar este posible rechazo de la Geología, creo que es imprescindible dar una vuelta de tuerca al trabajo realizado en las aulas para llegar a captar la atención del alumnado.

Como norma general, la temática que aborda la Teoría de la Tectónica de Placas y la dinámica terrestre es tratada comúnmente a partir de una visión globalizada del planeta Tierra, normalmente centrando la atención en la evolución de la posición de los continentes africano y sudamericano, aportando una serie de pruebas paleontológicas y geológicas. Sin embargo, el reciente descubrimiento del sumergido continente Zealandia, al SW del océano Pacífico y alrededor de Nueva Zelanda y Nueva Caledonia (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019), puede ser la solución para el problema del que venimos hablando, aportando un enfoque novedoso (y algo misterioso) a esta temática, tomando como referencia este nuevo continente.

Gracias a ello, además de tratar la temática relacionada con la Teoría de la Tectónica de Placas, se pretende lograr el reconocimiento de la importancia de este descubrimiento, el cual aporta una mejor definición para esta parte del Pacífico, un motivo de debate acerca de qué parámetros utilizar para definir un continente o para distinguir entre continente y microcontinente y una mejor explicación para la evolución de la fauna y la flora endémica de Nueva Zelanda y Nueva Caledonia, entre otros (Mortimer et al., 2017; Mortimer, 2019).

OBJETIVOS

La presente propuesta de innovación educativa tiene como objetivo principal lograr que el alumnado comprenda la estructura y composición de la Tierra, así como su estrecha relación con la modificación continua y gradual del relieve terrestre. Se pretende alcanzar este objetivo utilizando la Teoría de la Tectónica de Placas como nexo, trabajando desde un punto de vista diferente al habitual y utilizando además un tema de actualidad: el descubrimiento de Zealandia como el octavo continente. Este enfoque novedoso y de actualidad ayudará a alcanzar un objetivo muy importante: captar la atención del alumnado, tratando de paliar el problema que tiene el sistema educativo español con la Geología. Asimismo, la motivación que se logre a partir de este enfoque ha de ser mantenida, para lo que se ha diseñado una serie de actividades de diversa índole en las que el alumnado pueda interaccionar entre sí, ser creativo, realizar manualidades, entre otros. Por último, pero no menos importante, todo este trabajo a realizar con el alumnado busca que se otorgue al descubrimiento de Zealandia el reconocimiento que se merece, así como con futuros descubrimientos con los que nos deleite la ciencia.

PLAN DE INTERVENCIÓN

Población destino.

Esta propuesta de innovación educativa está diseñada para ser aplicada en el curso de 4º de ESO en el Colegio de Nuestra Señora del Buen Consejo de Icod de los Vinos, concretamente en la asignatura de Biología y Geología.

El grupo al que va dirigida la propuesta, formado por un total de 20 alumnos y alumnas, presenta un clima de aula muy bueno, el cual se caracteriza por un ambiente de cercanía, cordialidad, afecto y respeto, tanto entre el alumnado como entre el profesorado y el alumnado. Esto permitirá, a mi parecer, la correcta realización de esta propuesta de innovación, pues el alumnado lo recibirá de buen gusto.

En cuanto al Centro, se trata de un colegio privado concertado católico que forma parte de un conjunto de Centro Educativos situados por toda España y América, propiedad de la Congregación de Religiosas de Franciscanas de Nuestra Señora del Buen

Consejo. En mi opinión, los valores humanos que representa el catolicismo es un factor que ha ayudado a generar el clima tan bueno que hay en el aula de este grupo.

Relación con el currículo.

El currículo de Biología y Geología de 4º de ESO se ve reflejado en esta propuesta de innovación educativa mediante el trabajo del criterio de evaluación nº 6, incluido en el bloque de aprendizaje II: La Dinámica de la Tierra, tal y como está establecido en el DECRETO 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias (BOC n.º 136, de 15 de julio).. Este criterio pretende reconocer que el relieve terrestre es el resultado de la interacción de los procesos geológicos internos y externos, así como analizar y comparar los diferentes modelos que explican la estructura y composición de la Tierra e interpretar las principales manifestaciones de la dinámica interna aplicando el modelo dinámico y la teoría de la tectónica de placas con el fin de relacionar los fenómenos geológicos con sus consecuencias.

Metodología.

Enseñanza no directiva: El alumnado es libre para explorar problemas, para decidir la respuesta y tomar decisiones, según un criterio personal. El profesorado no interviene.

Investigación grupal: Búsqueda de información en grupo, en la que lo más importante es la interacción el alumnado y la construcción colaborativa del conocimiento.

Enseñanza directiva: Entrenamiento de habilidades y destrezas: se muestra el procedimiento, se realiza una práctica guiada y, después, una práctica autónoma.

Jurisprudencial: Modelo de debate y argumentación, en grupo, en torno a temas sociales y éticos, que debe concluir con un veredicto.

Organizadores previos: Cuando la información a suministrar o el campo de estudios es amplio, se parte de una panorámica general del contenido y de sus relaciones (mapa conceptual, gráfico, esquema...).

Expositivo: El profesorado suministra mucha información, organizada y explicada. Es adecuado cuando son temas amplios y complejos.

Descripción de la actividad.

Secuencia de actividades¹:

1. Cuestionario de ideas previas.

Mediante la plataforma Kahoot! se elaborará un cuestionario para determinar las ideas previas del alumnado. Después de haber tratado el tema en cuestión, se volverá a utilizar este cuestionario, lo cual nos permitirá comprobar si se ha logrado mejorar las ideas previas del alumnado, así como trabajar los posibles errores conceptuales.

Se incluirá en la primera situación de aprendizaje.

2. ¿Es Zealandia realmente un continente?

A partir de un debate que se planteará en el aula, el alumnado, en grupos de 4 personas, tendrá que buscar información para responder a dos preguntas: ¿se trata realmente Zealandia de una región continental?, y ¿es lo suficientemente grande como para ser tratada como continente? Para ello, se le proporcionará al alumnado las evidencias que apoyan que Zealandia sea un continente (ver Pág. 14), las cuales tendrán que ser argumentadas.

Una vez realizado este trabajo, el alumnado realizará un vídeo en el que debatirían las preguntas propuestas a partir de la información obtenida.

Se incluirá en la segunda situación de aprendizaje.

3. Zealandia: el origen. Actividad con tarjetas.

Partiendo de que Zealandia estuvo una vez unido al supercontinente Gondwana y se separó hasta llegar a la posición actual, el alumnado, en grupos de 4, tendrá que crear una “historia” a partir de una serie de tarjetas que tendrán que ordenar, y que contendrán eventos asociados a esta separación, así como algunas erróneas.

Una vez creada esta historia, tendrá que ser expuesta para el resto de la clase, incluyendo por qué no se han añadido algunas tarjetas, si es que hubieran dejado alguna fuera.

¹ La organización de estas actividades será detallada en el desarrollo de las secuencias de aprendizaje.

Se incluirá en la situación de aprendizaje 4.

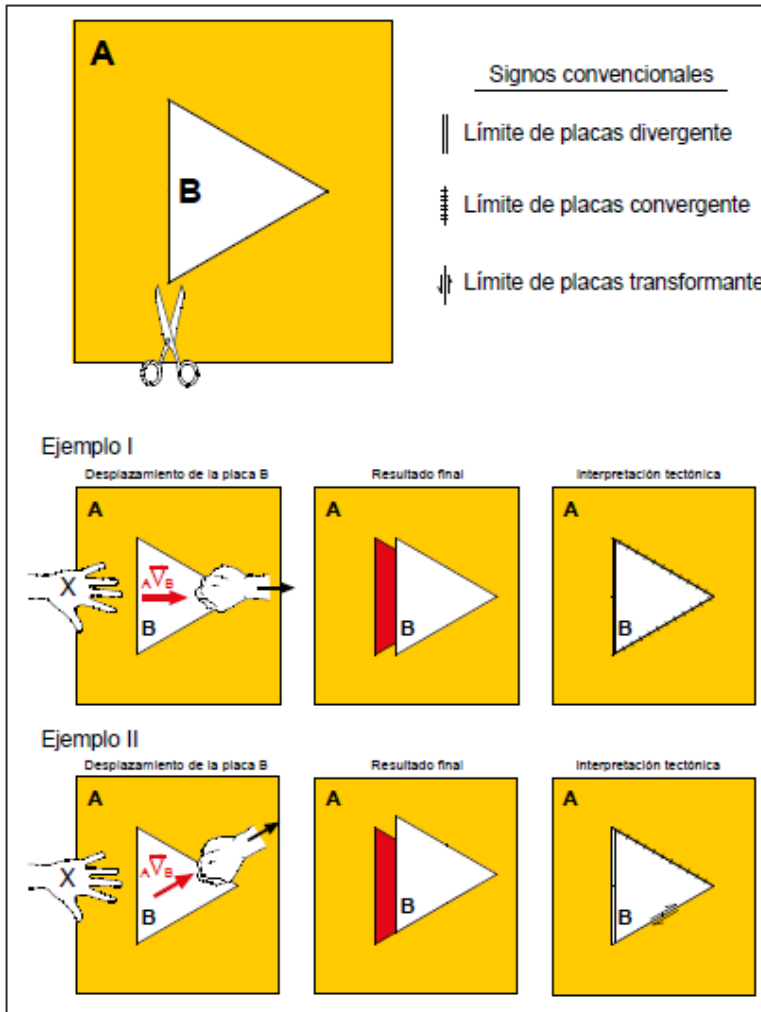


Figura 10. Explicación de la actividad nº 4. Se manejan dos placas (A y B) en un espacio plano (tomado de Fernández et al., 2019 a partir del trabajo de Cox y Hart, 1986). Una vez recortada la placa B, puede ésta desplazarse en distintas direcciones manteniendo fija la placa A (ejemplos I y II), lo que permite evaluar la naturaleza (divergente, convergente, transformante) de cada límite de placas.

4. Límites entre placas intracontinentales.

Inicialmente, el profesorado explicará a modo de ejemplo cómo realizar un borde de placas con manualidades. Se realizará con triángulos para una mayor simplicidad, y se explicará cómo, mediante el movimiento de un triángulo sobre un espacio plano (hacen referencia a las dos placas contiguas), podemos determinar la naturaleza del límite existente entre estas dos hipotéticas placas (ver Fig. 10).

A continuación, el alumnado, en grupos de 4, tendrá que elegir una región del continente Zealandia que sea atravesada por más de un tipo de borde de placas. Elaborarán esta región mediante la manualidad explicada anteriormente (esta vez no tendrá forma de triángulo, sino lo más parecido a la realidad) y trabajarán sobre ella. Una vez finalizado, se expondrá al resto de la clase la región elegida y los tipos de bordes de placa existentes.

Esta actividad será incluida en la última situación de aprendizaje.

La propuesta actividad de innovación en este Trabajo Final de Máster incluye tres situaciones de aprendizaje en las que se tratarán los siguientes aspectos:

- Evolución de las teorías movilizadas de la Tierra desde la Teoría de la Deriva Continental hasta la de la Tectónica de Placas, haciendo hincapié en los conceptos básicos de esta última.
- Introducción a Zealandia: conceptos básicos.
- Demostración práctica de la Tectónica de Placas mediante el continente Zealandia.

Situaciones de aprendizaje:

Situación de aprendizaje 1	
Nombre	<i>La Tectónica de Placas</i>
Contenidos	Evolución de las teorías movilizadas de la Tierra desde la Teoría de la Deriva Continental hasta la de la Tectónica de Placas, haciendo hincapié en los conceptos básicos de esta última.
Objetivos	Con esta situación de aprendizaje se pretende introducir al alumnado a la Teoría de la Tectónica de Placas, así como la evolución que ha presentado la ciencia para llegar hasta una teoría que es fundamental para la comprensión de la historia de nuestro planeta y de su aspecto y estructura actuales.
Temporalización	3 sesiones
Metodología	Organizadores previos Expositivo Jurisprudencial
Secuencia didáctica	La secuencia de aprendizaje comenzará, en una primera sesión, con un cuestionario en la plataforma <i>Kahoot!</i> para valorar las ideas previas presentes en el alumnado. Este cuestionario incluirá aspectos como la formación de montañas, la distribución de terremotos y la distribución de fósiles en continentes alejados, entre otros. A continuación, se pretende realizar una exposición de los

	<p>conceptos básicos de la tectónica de placas, tales como su evolución desde la Teoría de la Deriva Continental, los tipos de placas tectónicas y de límites entre ellas y los factores asociados a su movimiento, entre otros. Debido a la cantidad de conceptos a presentar, durante la primera sesión se prevé tratar únicamente la evolución desde la Teoría de la Deriva Continental hasta la de la Tectónica de Placas, mientras que el resto se realizará en unas segunda y tercera sesiones. Cada uno de los apartados irá acompañado de material audiovisual para facilitar el aprendizaje por parte del alumnado.</p> <p>Como se ha comentado, en una segunda sesión se pretende continuar con la exposición de los conceptos asociados a la tectónica de placas, junto con el apoyo de material audiovisual.</p> <p>Por último, se prevé terminar esta exposición en una tercera sesión, que finalizará mediante la repetición del cuestionario <i>Kahoot!</i> inicial para comprobar si se ha conseguido llevar a buen puerto las ideas previas del alumnado. Además, se pretende que este cuestionario vaya acompañado de un debate para comparar las ideas previas con las ideas adquiridas, así como resaltar los errores conceptuales que puedan surgir para así poder corregirlos.</p>
--	--

Situación de aprendizaje 2	
Nombre	<i>Zealandia: ¿el octavo continente?</i>
Contenidos	Introducción a Zealandia: conceptos básicos.
Objetivos	Esta situación de aprendizaje promueve en el alumnado una dinámica de creación de conocimiento científico, mediante la argumentación y el pensamiento crítico.
Temporalización	3 sesiones.

Metodología	Expositiva. Jurisprudencial. Investigación grupal.
Secuencia didáctica	<p>En una primera sesión, se expondrá una introducción al continente Zealandia, proporcionando las evidencias principales por las que se ha considerado un continente. A partir de esta exposición, se planteará un debate al alumnado en el que se preguntará si se trata realmente de una región continental y de si es lo suficientemente grande como para ser tratada como continente. En una segunda sesión, se juntará al alumnado en grupos de 4 personas y se les proporcionará bibliografía en la que puedan encontrar información en relación a las evidencias comentadas en la sesión anterior, a partir de la que deberán argumentar si éstas apoyan o no la hipótesis de que Zealandia sea un continente sumergido y porqué. La búsqueda de información comenzará en el aula y continuará como trabajo desde casa. Una vez realizado esto, se pretende que el alumnado realice la grabación de un vídeo en el que muestren un debate entre ellos analizando las evidencias tratadas.</p> <p>Una vez los vídeos hayan sido realizados, estos serán comentados con el profesorado, quien finalizará la secuencia de aprendizaje con una clase “magistral” resumiendo las evidencias por las que Zealandia se ha considerado un continente.</p>

Situación de aprendizaje 3	
Nombre	<i>Zealandia y su Tectónica</i>
Contenidos	Demostración práctica de la Tectónica de Placas mediante el continente Zealandia.

Objetivos	Mediante esta situación de aprendizaje se busca que el alumnado experimente con la temática a tratar para lograr así un aprendizaje más significativo y eficaz de los conocimientos correspondientes, así como, al igual que en la anterior situación de aprendizaje, se genere una dinámica de creación de conocimiento científico.
Temporalización	5 sesiones.
Metodología	Expositiva. Investigación grupal. Enseñanza directiva.
Secuencia didáctica	<p>Durante esta situación de aprendizaje se realizarán las dos actividades restantes que incluye esta propuesta de innovación educativa.</p> <p>En una primera sesión, se hará énfasis en la importancia que supone el descubrimiento de Zealandia mediante una exposición por parte del profesorado, la cual finalizará con su relación con el supercontinente Gondwana y lo que supuso su separación de éste.</p> <p>En una segunda sesión, se realizará un resumen de lo expuesto en la sesión anterior, haciendo hincapié en este último punto, pues se colocará al alumnado en pequeños grupos de 4 personas y se les propondrá realizar la actividad nº 3. Se repartirá a cada grupo el mismo conjunto de 14 cartas vía online (en un documento powerpoint que puedan modificar, cada carta será una diapositiva powerpoint, por lo que podrán cambiar el orden a su gusto, tal y como pediremos). Estas cartas contienen una posible razón o causa que puede haber contribuido a la separación de Zealandia del supercontinente Gondwana. Se pide a cada grupo que elija una carta que tenga, a su parecer, una razón principal por la que se explica esta separación. Luego,</p>

	<p>se pide que elijan las cartas que ellos/as creen que apoyan a la causa principal que han elegido, colocándolas en el orden que creen que habrían ocurrido, y que desechen aquellas que no formen parte de “su historia”.</p> <p>En una tercera sesión, cuando cada grupo haya finalizado, se les invita a que expliquen su razonamiento al resto de la clase, incluyendo el por qué han desechado algunas cartas. Para estas cartas desechadas, se pregunta al alumnado si pueden sugerir un conjunto de evidencias que necesitarían buscar para que la razón mostrada en la carta sea válida.</p> <p>Una cuarta sesión comenzará con el repaso de los distintos bordes de placa existentes según la Teoría de la Tectónica de Placas. A partir de este repaso, se propondrá al alumnado la última actividad incluida en esta propuesta de innovación educativa. En primer lugar, se proporcionará una serie de láminas mediante las que podrán fabricar los distintos tipos de límites de placas mediante manualidades. Dicha fabricación será realizada a modo de demostración por parte del profesorado para que, durante el transcurso de la actividad, el alumnado sea capaz de realizarla por sí solo, siguiendo la metodología de enseñanza directiva. La actividad consistirá en un trabajo grupal (4 personas aproximadamente) en el que tendrán que seleccionar una región del continente en el que haya un límite de placas, hasta tener regiones que incluyan todos los tipos posibles. Una vez realizada esta elección, tendrán que crear cada uno de estos límites manualmente y exponer el trabajo al resto de la clase durante una quinta sesión.</p>
--	--

Método de evaluación (ponderación/métodos de evaluación/rúbricas).

1. Cuestionario de ideas previas.

En este caso, únicamente se evaluará la segunda realización del cuestionario. Así, se tendrá en cuenta que el alumnado no presente errores conceptuales y, si los tuviera, que se hayan trabajado y solucionado.

El resto de las actividades serán evaluadas y calificadas en función de la rúbrica adjuntada (Tabla 1).

Según esta rúbrica, el alumnado tendrá tres apartados que complementar para cada actividad, los cuales serán evaluados en función de su presencia o su ausencia, yendo desde un “Poco adecuado” si no cumple ninguno de estos apartados, hasta un “Excelente” si los cumple todos.












<u>Evaluación</u>	1	2	3
Poco adecuado			
Adecuado			
Muy adecuado			
Excelente			

Tabla 1. Rúbrica de evaluación para las actividades 2, 3 y 4. La evaluación irá desde un “Poco adecuado” si el grupo no cumple ningún requisito, hasta un “Excelente” si los cumple todos, pasando por “Adecuado” si cumple al menos uno, y “Muy adecuado” si cumple dos. En las columnas, los números hacen referencia a los apartados evaluables, las cruces si estos no son cumplidos, y los “tics” si estos se cumplen.

2. ¿Es Zealandia realmente un continente?

Los apartados que serán evaluados en esta actividad son los siguientes:

- El grupo es capaz de realizar un debate con su debida argumentación.
- El grupo argumenta, correcta o incorrectamente, sobre todos los puntos a tener en cuenta.

- El grupo es capaz de proporcionar argumentos correctos para todas las evidencias.

3. Zealandia: el origen. Actividad con tarjetas.

Los apartados que serán evaluados en esta actividad son los siguientes:

- El grupo trabaja en equipo, sin dejar a ningún/a compañero/a atrás.²
- El grupo es capaz de crear una historia, argumentando los motivos su elección, pero no son capaces de explicar la ausencia de algunas tarjetas o incluyen cartas erróneas.
- El grupo es capaz de crear una historia, argumentando los motivos su elección, y argumentar la decisión de no añadir algunas tarjetas.

4. Límites entre placas intracontinentales.

Los apartados que serán evaluados en esta actividad son los siguientes:

- El grupo elige una región con más de dos bordes de placa.
- El grupo es capaz de realizar correctamente la manualidad propuesta.
- El grupo es capaz de exponer los tipos de límites existentes en la manualidad que han realizado, añadiendo una breve explicación de cada uno de ellos.

Atención a la diversidad.

El grupo al que va dirigida esta propuesta de innovación educativa no presenta ningún alumno/a con NEAE, por lo que la atención a la diversidad que se presentará será en función del estilo de aprendizaje que presente cada alumno y alumna. Por un lado, se realizará un método expositivo, una generación de debates, repeticiones verbales... para aquellos que presenten un estilo de aprendizaje auditivo. Por otro lado, para el alumnado con un estilo de aprendizaje visual, se pretende trabajar con vídeos de apoyo,

² Se tendrá en cuenta si ese/a alumno/a decide por sí mismo no participar.

así como esquemas o mapas conceptuales durante el desarrollo de las actividades, principalmente en las dos primeras. Por último, las dos últimas actividades vendrán muy bien para aquel alumnado que presente un estilo de aprendizaje visual, así como kinésico.

PLAN DE SEGUIMIENTO

Este Trabajo Final de Máster no ha podido llevarse a cabo, por lo que este apartado contará con la actividad realizada durante las Prácticas Externas. En este periodo, el alumnado ya había tratado la temática que se aborda desde este TFM, por lo que se trató de elaborar una propuesta de intervención que incluyera contenidos relacionados con la Teoría de la Tectónica de Placas y con el tema que estaban tratando en el periodo en cuestión, la Evolución Biológica.

Concretamente, se planteó que el alumnado fuera capaz de debatir críticamente la veracidad de las distintas teorías de la evolución biológica, así como comprender su estrecha relación con el cambio del relieve terrestre, provocado por los procesos geológicos, concretamente la tectónica de placas.

Así, se desarrollaron las siguientes situaciones de aprendizaje:

Situación de aprendizaje 1	
Nombre	<i>La Evolución. ¿Real o fake?</i>
Contenidos	- Argumentación de las pruebas de la Evolución.
Objetivos	Lograr que el alumnado entienda el por qué se apoya a la Teoría de la Evolución y que sean capaces de valorar por sí mismos la veracidad de esta teoría en contraposición a otras, así como lograr la capacidad de argumentar por cuenta propia.
Temporalización	2 sesiones.
Metodología	Modelo expositivo. Modelo jurisprudencial.
Secuencia didáctica	Esta situación de aprendizaje comienza durante una primera sesión mediante un repaso de lo dado hasta el momento acerca de las distintas teorías relacionadas con la Evolución, las fijistas

	<p>por un lado y las evolucionistas por el otro. Una vez dicho esto, se pregunta al alumnado por qué creemos en las teorías evolucionistas en lugar de en las fijistas, abriendo un pequeño debate. A partir de este debate, se comienza a explicar las principales pruebas de la evolución comentando, con apoyo audiovisual, su relación con el movimiento de las placas tectónicas, el cual funciona como motor del cambio evolutivo biológico.</p> <p>En una segunda sesión, donde comenzaremos a hablar de la tectónica de placas, se realiza un repaso de lo dicho en la sesión anterior. Para la realización de este repaso nos apoyaremos de un esquema para sintetizar las ideas dadas.</p>
--	--

Situación de aprendizaje 2	
Nombre	<i>Reconstruyendo Pangea.</i>
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - Evolución de las teorías movi listas desde la Teoría de la Deriva Continental hasta la Tectónica de Placas. - Relación de la estructura interna de la Tierra con los fenómenos superficiales mediante la aplicación de los principios de la Tectónica de Placas.
Objetivos	Comprender que el planeta Tierra está en constante movimiento por medio de la Tectónica de Placas, y que este movimiento está estrechamente relacionado con la Evolución biológica.
Temporalización	2 sesiones.
Metodología	Modelo jurisprudencial. Investigación guiada.
Secuencia didáctica	Durante una primera sesión, en la que habremos hablado de las pruebas a favor de la evolución, realizaremos una relación entre la evolución y la tectónica de placas, esta última como motor de cambio evolutivo biológico, apoyándonos en material audiovisual.

	<p>En una segunda sesión, comenzaremos haciendo un repaso de la situación de aprendizaje anterior, apoyándonos de un esquema. A continuación, recordaremos la importancia de la tectónica de placas en un tema como la evolución y trataremos de obtener las ideas previas del alumnado mediante una serie de preguntas, buscando generar un pequeño debate con el alumnado. Debido a que el alumnado en este momento del curso ya ha trabajado esta temática, se pretende ver de cuánto se acuerdan. A partir de ahí, después de haber refrescado un poco la memoria, se presentará un vídeo resumen de la tectónica de placas para dejar los conceptos aún más claros. Por último, realizaremos la actividad principal de esta situación de aprendizaje, la reconstrucción de Pangea. Para ello se utilizará la página web <i>ExploreLearning</i>, la cual tiene preparado un puzle para reconstruir Pangea a partir de la disposición actual de los continentes. El alumnado trabajará en gran grupo y, a medida que va completando el puzle, deberá ir respondiendo a una serie de preguntas en relación a los conceptos trabajados.</p>
--	--

RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA

Tal y como se ha comentado con anterioridad, esta propuesta de innovación educativa no ha podido ser planteada en el aula, por lo que no se puede presentar ningún resultado. De la misma manera se plantean las propuestas de mejora.

CONCLUSIÓN

Este Trabajo Final de Máster ha supuesto un cambio en el enfoque que comúnmente se le otorga en las aulas a la Teoría de la Tectónica de Placas. El reciente descubrimiento del sumergido continente Zealandia ha proporcionado una ocasión ideal para proporcionar un enfoque mucho más novedoso, más contextualizado con la realidad del alumnado y llevando a las aulas de forma sencilla algunos de los avances

más recientes en este campo. Se espera que ello permita que el alumnado muestre un mayor interés sobre esta temática, para así alcanzar un aprendizaje más significativo. Las actividades propuestas pretenden potenciar el desarrollo reflexivo y crítico del alumnado mediante debates, trabajos de investigación y actividades prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

Águeda, J., Anguita, F., Araña, V., López Ruiz, J. y Sánchez de la Torre, L. (1977). *Geología*. Editorial Rueda, Madrid, 448 p.

Alfaro, P., Alonso-Chaves, F. M., Fernández, C., y Gutiérrez-Alonso, G. (2013). *Fundamentos conceptuales y didácticos: La tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 21(2), pp. 168-180.

Alfaro, P., y Fernández, C. (2019). *¿Cuántas placas hay en el planeta?* Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 27(3), pp. 246-256.

Anguita, F. (1995). *La evolución de la tectónica de placas: El nuevo interior de la Tierra*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 3(3), pp. 137-148.

Anguita, F. y Moreno, F. (1978). *Geología. Procesos Internos*. Edelvives, Zaragoza, 200 p.

Argus, D. F., Gordon, R. G., y DeMets, C. (2011). *Geologically current motion of 56 plates relative to the no-net-rotation reference frame*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 12.

Bernal, C. S. (2012). *Primer centenario de la teoría de la deriva continental (1912-2012)*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 20(1), pp. 2-3.

Beviá, J.L. (1993). *Errores conceptuales de los alumnos de EGB sobre la formación de las montañas*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 1, pp. 98-106.

Bird, P. (2003). *An updated digital model of plate boundaries*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3).

Bott, M.H.P. (1993). *Modeling the plate-driving mechanism*. *Journal of the Geological Society*, 150, pp. 941-951.

Burke, K. (2011). *Plate tectonics, the Wilson Cycle, and mantle plumes: geodynamics from the top*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39, pp. 1-29.

Bybee, R. (1997). *Towards an Understanding of Scientific Literacy*. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel. IPN.

Christensen, N.I., y Mooney, W.D. (1995). *Seismic velocity structure and composition of the continental crust: A global view*. *Journal of Geophysical Research*, 100, pp. 9761-9788.

Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias*, 15 de julio de 2016, 136, pp. 17046-19333.

Delgado Ocaña, R. (2017). *Tectónica de placas y riesgos geológicos (tesis de grado)*. Universidad de Jaén.

- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., y Stein, S.** (1994). *Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions*. *Geophysical research letters*, 21(20), pp. 2191-2194.
- Domènech Casal, J.** (2014). *Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), pp. 186-197.
- Fernández Rodríguez, C., Alonso Chaves, F. M., y Anguita Virella, F.** (2013). *Astenosfera: ser o no ser*.
- Fernández, C.** (2019). *Poniendo las placas tectónicas en movimiento: ejercicios sencillos de cinemática de placas*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(3), pp. 323-333.
- Fernández, C., Alfaro, P., Alonso, G. G., y Chaves, F. M. A.** (2019). *¿Qué mueve las placas tectónicas?* *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(3), pp. 238-245.
- Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G., y Egaña, M. L. D.** (2017). *Preconcepciones en el aula de ciencias en pleno siglo XXI: La tectónica y los procesos de formación de montañas en la Educación Secundaria española*. *Revista de Investigación Educativa del Tecnológico de Monterrey*, 7(14), pp. 70-77.
- Forssman, A.** (2017). *Zealandia, un nuevo continente en el océano Pacífico*. *National Geographic España*. Recuperado de: https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/actualidad/zealandia-nuevo-continente-oceano-pacifico_11204/6.
- Francek, M.** (2013). *A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions*. *International Journal of Science Education*, 35(1), pp. 31-64.
- Gaina, C., Müller, D., Brown, B.J., y Ishihara, T.** (2003). *Microcontinent formation around Australia*. En Hillis, R., y Müller, R.D. (eds.) *Evolution and Dynamics of the Australian Plate: Geological Society of Australia Special Publication*, 22, pp. 405–416.
- Gil Llinás, J.** (1999). *Enseñanza de la óptica desde una perspectiva constructivista (Tesis de Licenciatura sin publicar)*. Universidad de Extremadura.
- Hector, J.** (1896). *Note on the geology of the outlying islands of New Zealand*. *Transactions and proceedings of the New Zealand Institute*, 28, pp. 736-743.
- Kious, W. J., y Tilling, R. I.** (1996). *This dynamic Earth: the story of plate tectonics*. DIANE Publishing.
- Luyendyk, B. P.** (1995). *Hypothesis for Cretaceous rifting of east Gondwana caused by subducted slab capture*. *Geology*, 23(4), pp. 373-376.
- Marques, L.** (1998). *De la distribución de los continentes a la tectónica de placas: concepciones de los alumnos*. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 18, pp. 19-30.
- Mortimer, N.** (2019). *Zealandia: el octavo continente*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(3), pp. 286-292.
- Mortimer, N., Campbell, H. J., Tulloch, A. J., et al.** (2017). *Zealandia: Earth's hidden continent*. *GSA today*, 27(3), pp. 27-35.
- Mortimer, N., Tulloch, A. J., Spark, R. N., Walker, N. W., Ladley, E., Allibone, A., y Kimbrough, D. L.** (1999). *Overview of the Median Batholith, New Zealand: a new interpretation of the geology of the Median Tectonic Zone and adjacent rocks*. *Journal of African earth sciences*, 29(1), pp. 257-268.
- Muñoz, E. Á.** (2012). *Epistemología y gnoseología de la deriva continental, sobre su aceptación y de su rechazo*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(1), pp. 64-78.

- Neuendorf, K. K. E., Mehl, J. P. y Jackson, J. A.** (2005). *Glossary of geology*. 5ta edición. American Geological Institute.
- Pedrinaci, E.** (2012). *Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 20(2), pp. 133-140.
- Pedrinaci, E.** (2013). *Fundamentos conceptuales y didácticos: Alfabetización en ciencias de la Tierra y competencia científica*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 21(2), pp. 208-214.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro García, P., Almodóvar, G. R., Barrera, J. L., et al.** (2013). *Alfabetización en Ciencias de la Tierra*.
- Pérez-Malvárez, C., Bueno, A., Feria, M., y Ruiz, R.** (2006). *Noventa y cuatro años de la teoría de la deriva continental de Alfred Lothar Wegener*. Interciencia, 31(7), pp. 536-543.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA:** *Diccionario de la lengua española*, 23ª ed., [versión 23.4 en línea]. "https://dle.rae.es/continente" [22/06/2021].
- Tarbutck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tasa, D.** (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Pearson Educación, S.A., Madrid.
- Torsvik, T.H., Amundsen, H., Hartz, E.H., Corfu, F., Kuszniir, N., et al.** (2013). *A Precambrian microcontinent in the Indian Ocean*. Nature Geoscience, 6, pp. 223– 227.
- Uyeda, S.** (1978). *The new view of the Earth*. Ed. W.H. Freeman.
- Wegener, A., García Cruz, C. M.** (2012). *El origen de los continentes*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 20(1), pp. 27-63.
- White, R.S., McKenzie, D., y O’Nions, R.K.** (1992). *Oceanic crustal thickness from seismic measurements and rare earth element inversions*. Journal of Geophysical Research, 97, pp. 19.683–19.715.
- Whittaker, J.M., Williams, S.E., Halpin, J.A., Wild, T.J., Stilwell, J.D., Jourdan, F., y Daczko, N.R.** (2016). *Eastern Indian Ocean microcontinent formation driven by plate motion change*. Earth and Planetary Science Letters, 454, pp. 203–212.
- Wilson, J. T.** (1968). *Static or mobile earth: the current scientific revolution*. Proc. Am. Philos. Soc., 112(5), pp. 309-320.