



Universidad de Jaén
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

LA TECTÓNICA DE PLACAS: DE WEGENER AL 2021

Alumno/a: Sánchez Quesada, Cristina

Tutor/a: Prof. D. Mario Sánchez Gómez
Dpto: Departamento de Geología

Julio, 2021

Índice:

1. <u>Resumen</u>	4
<u>Palabras clave</u>	4
2. <u>Introducción</u>	5
3. <u>Fundamentación epistemológica</u>	10
1. <u>Contexto histórico</u>	10
2. <u>Teoría de la Deriva Continental</u>	11
3. <u>De camino a la Tectónica de Placas</u>	13
4. <u>Conceptos básicos</u>	15
1. <u>Ciclo de Wilson</u>	15
2. <u>El origen del movimiento de las placas</u>	19
3. <u>Subduction Factory</u>	21
4. <u>Prisma de Acreción</u>	24
5. <u>Carácter interdisciplinar de la Tectónica de Placas</u>	25
4. <u>Proyección didáctica</u>	29
1. <u>Justificación didáctica</u>	29
2. <u>Legislación vigente</u>	30
3. <u>Contextualización. Adscripción a etapa, ciclo y nivel educativo</u>	31
1. <u>Centro, entorno, alumnado y ciudad</u>	31
2. <u>Aspectos psicológicos y pedagógicos del alumnado y la enseñanza. Contexto del aula</u>	32
4. <u>Elementos curriculares</u>	32
1. <u>Competencias</u>	32
2. <u>Objetivos</u>	34
1. <u>Objetivos generales de etapa (OGE)</u>	34
2. <u>Objetivos generales de materia (OGM)</u>	35
3. <u>Objetivos específicos de la Unidad (OE)</u>	36
3. <u>Contenidos</u>	37
1. <u>Específicos de Unidad</u>	37
2. <u>Transversales</u>	37
4. <u>Metodología</u>	39
1. <u>Principios metodológicos</u>	39
2. <u>Desarrollo de las sesiones</u>	39
3. <u>Cronología</u>	43

5. Evaluación	43
1. Criterios de evaluación	43
2. Criterios de calificación	44
3. Estándares de aprendizaje	44
4. Instrumentos de calificación	44
5. Recuperación	47
6. Proceso de autoevaluación	47
5. Elementos curriculares complementarios	48
1. Medidas para atender al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo (ANEAE)	47
6. Innovación	48
7. Bibliografía	49
8. ANEXOS	
Anexo 1. Ficha histórica de Wegener	54
Anexo 2. “Saca el paleontólogo que hay en ti”	56
Anexo 3. Actividad “Proyecto de Ciencias: Límites entre placas”	58
Anexo 4. Práctica de Laboratorio	59
Anexo 5. Web-Quest	60
Anexo 6. Visita al pasado. Salida de campo	61

1. Resumen

Este trabajo se encuadra dentro del contexto del Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas de la Universidad de Jaén y desarrolla una unidad didáctica de la asignatura de biología y geología que se imparte en 1º de Bachillerato. La unidad didáctica desarrolla el bloque de contenidos de la tectónica de placas. La metodología utilizada para desarrollar esta unidad didáctica será la del aprendizaje basado en proyectos (ABP). Debido al aspecto multidisciplinar de la geología, se pretende desarrollar esta unidad interconectando los conceptos de geología con las demás asignaturas científicas de este nivel de estudios e intentando despertar el interés del alumno no solo por la geología, si no por todas las asignaturas de ciencias. Debido al bajo interés que hoy en día generan las carreras de ciencias para el alumnado, pero sobre todo la apatía que produce actualmente la geología para alumnos e incluso para los docentes de secundaria, es urgente abordar la enseñanza de asignaturas básicas para la culturización científica como la geología, con metodologías atrayentes y prácticas para el alumno y profesor, que consigan captar el interés y atención del alumno. Por tanto el objetivo del desarrollo de esta unidad didáctica es que el alumno sea capaz de utilizar el método científico para abordar problemas de geología reales con los que pueda identificarse y a los que poder otorgar una posible solución.

Palabras clave: Wegener, tectónica de placas, fábrica de subducción, prisma de acreción, origen del movimiento de placas.

Abstract

This work belongs to Master en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas from University of Jaen and is focused on in the development of a didactic unit of biology and geology, a subject of high school's eleventh grade. The didactic unit developed belongs to geology, more specifically here it is developed the tectonic plate theory. Due to interdisciplinary aspect of geology, concepts of this unit will be teaching with methodologies that promote and stimulate students to learn sciences in general, interconnecting geology concepts with other subjects as biology, chemistry or physics. The decrease in sciences careers interest, but also the apathy that promote nowadays geology, even for the own teachers, it seems necessary to improve methodology of sciences learning, trying to enhance students' interest in sciences. The aim of this didactic unit is to promote scientific method use in students to solve real geological problems at their edge.

Key words: Wegener, tectonic plates, subduction factory, accretion prism, plate movements origin.

2. Introducción

Desde tiempos inmemorables, el hombre siempre ha intentado responder a preguntas intrínsecas a su origen como su procedencia, el origen de la naturaleza que le rodea o el por qué de aspectos que se dan en el medio del que forma parte. En este sentido, conocer mejor nuestro entorno, cómo se crea, se desarrolla y cómo muere o si por el contrario, es algo estático que perdura inalterable a lo largo del paso del tiempo siempre han sido preguntas planteadas desde el origen del ser humano.

Todas estas preguntas dieron origen a las ciencias naturales, y parte fundamental del todo que conforman estas ciencias es la geología. Por todo ello, la curiosidad por las cuestiones que aborda la geología es algo innato del ser humano, que, en vez de ser fomentado por los educadores desde primera hora, suele tildarse de “materia difícil, aburrida e inútil” (palabras textuales de una profesora de biología y geología en activo de mayo del 2021).

Estos desalentadores comentarios pueden en parte explicar los últimos datos que podemos encontrar sobre el descenso del interés por escoger carreras científicas en el alumnado ([Pedrinaci, 2014](#)) que ponen de manifiesto el problema actual al que se enfrenta el futuro científico del país. La diversificación de conceptos desde la educación primaria, ESO y bachillerato, una disminución de las horas asignadas por el estado a las materias de ciencias, junto con la inabordable cantidad de contenidos incluidos en el currículo ([Pedrinaci, 2014](#)), hace que el futuro pedagógico de las materias de ciencias se vea difuso en un futuro próximo. Si todo esto pasa con las asignaturas relacionadas con ciencias, una merecida atención debe recibir la geología. Actualmente la geología se encuentra en un segundo plano en la mayoría de centros escolares, de manera que ante la presión temporal de intentar impartir un currículo demasiado extenso, una gran parte del profesorado de secundaria decide prescindir de parte de este currículo, siendo en la mayoría de casos afectados los conceptos relacionados con la geología. Debido a ello, podemos encontrarnos que la alfabetización científica actual de la población es preocupante, como fuentes del FECYT exponen ([FECYT, 2015](#)):

- El 17% de la población con estudios universitarios afirma que el Sol gira alrededor de la Tierra.
- El 7,2% de la población niega que los continentes se han estado moviendo a lo largo de millones de años y que continúen haciéndolo.

Aunque tener que elegir los contenidos a impartir por falta de tiempo ya es propiamente un problema, resulta llamativo que la gran mayoría siempre elimine el mismo material, la geología. Para intentar discernir a qué es debido, tendríamos que remontarnos al concepto que los mismos profesores tienen de este material.

La gran mayoría de profesores tienen el concepto de que es una ciencia inmovilista, obsoleta, aburrida y que no aporta conocimiento práctico a su vida diaria ([Van Norden,](#)

[2002](#)). Este concepto no podría estar más lejano a la realidad, ya que necesitamos la geología para elaborar propuestas de sostenibilidad, de explotación de recursos naturales, estudio de fenómenos sísmicos, biológicos, químicos... ([Pedrinaci, 2016](#)). Pero como apunta la Dra. Van Norden, el problema radica en que se no se enseña suficiente geología en los centros de secundaria, no se enseña a los educadores una geología actualizada y práctica, y todo ello deriva en un desconocimiento general de la sociedad con respecto a temas generales de aplicabilidad mundial en materia de ciencias naturales, economía de recursos, etc. ([Van Norden, 2002](#)).

Y es que los futuros educadores que van a impartir esta materia solo cuentan con la geología que profesionalmente hayan aprendido en sus respectivas licenciaturas o grados. Teniendo en cuenta que en España se puede acceder a esta especialidad desde todo tipo de carreras de ciencias (fisioterapia, terapia ocupacional, biología, ciencias ambientales, óptica, nutrición...), muchos de estos futuros educadores prácticamente no han adquirido conocimiento alguno sobre geología a lo largo de su carrera, por tanto, la única opción viable es que lo adquieran por su cuenta. Muchos de estos profesores se apoyan únicamente en el material escolar que el centro selecciona para impartir la docencia. Por tanto, a un currículo demasiado extenso, hay que sumarle la poca formación previa sobre geología y el uso de libros de texto que, como veremos a continuación, dista de apoyar al profesorado.

Para mostrar como los libros de texto no son un apoyo “real” al profesorado para la docencia de la geología, hemos analizado los contenidos recogidos sobre materia de tectónica de placas en 5 libros de texto utilizados actualmente por centros educativos del territorio español para el primer curso de Bachillerato, concretamente para impartir la asignatura de Biología y Geología. Se han escogido algunos ítems que consideramos críticos y fundamentales para entroncar el paradigma de la geología “pura” con otras disciplinas como la bioquímica, microbiología, ecología, genética o geoquímica en la actualidad. Varios de estos ítems son básicos en la enseñanza, o al menos deberían de serlo, en la educación secundaria, ya que son el esqueleto y por tanto parte elemental de la teoría de la tectónica de placas. Si se evaden o eliminan de los contenidos a impartir en el curso de 1º de Bachillerato, aspectos troncales como el origen de la vida o la diferencia del planeta Tierra con respecto a otros planetas quedarían en el aire para el alumnado, ya que no se puede comprender aspectos básicos de las ciencias naturales sin antes conocer y entender estos conceptos elementales de geología. Los ítems escogidos son:

- Editorial, título (año), autores: Se indica el grupo editorial que ha confeccionado el libro, el título (el año de publicación) y los autores.

- Integración con otras ciencias: si expresan de manera explícita la conexión directa e indirecta con otras ciencias en relación con conceptos de mecanismos de geodinámica interna.
- Incluyen nociones básicas sobre:
 - Prisma de acreción: indican que son los lugares donde se intercambia la mayor parte de biomasa con el medio, conformando uno de los ciclos fundamentales del planeta.
 - Subduction Factory: hacen referencia a que en estas zonas se procesa y comienza el ciclo de todos los elementos de origen biológico, metales, hidrógeno, carbono, etc.
 - Gaia: nombran y explican la teoría donde se preconiza que la Tierra es un sistema autorregulado donde participan tanto geosfera como biosfera.
 - Origen: ¿introducen las nuevas teorías sobre el movimiento de placas?
- Tópicos: ideas repetidas y utilizadas comúnmente que se asocian a la teoría de la tectónica de placas pero no están fundamentadas por ella.

Tras el análisis que hemos realizado (tabla 1), podemos dotar de más perspectiva al problema que el profesor de Biología y Geología se enfrenta al tratar esta unidad didáctica con los libros de texto:

- a) Los contenidos explicados difieren bastante entre libros de texto.
- b) Los términos científicos y conceptos definidos no son homogéneos.
- c) Los contenidos no están actualizados.
- d) No ejemplifican los conceptos geológicos con lugares reales actuales con los que el alumno pueda identificarse.

Aunque únicamente se han abordado ciertos aspectos de los contenidos sobre tectónica de placas, creo que podríamos decir que se podría extrapolar a la mayoría de contenidos recogidos en los libros de texto de geología. Por tanto el problema no es tanto la alfabetización científica del alumnado de los centros de secundaria, como la alfabetización de los profesores que imparten ciencias naturales en estos centros.

Aunque los libros de texto utilizados no son la raíz del problema, si es cierto que el conocimiento que la administración educativa y parte del profesorado de ciencias tiene sobre geología, encaja más con la de hace más de 40 años que con la perspectiva actual que la rige ([Pedrinaci, 2014](#); [Pedrinaci, 2016](#)). Y de aquí parte el problema de un currículo repetitivo, aséptico, a veces anárquico y desestructurado, desactualizado y poco aplicado que deriva en el desinterés tanto de alumno como del profesor.

Editorial. Título (año). Autores	Integración con otras ciencias	Incluyen nociones básicas sobre:				Tópicos
		Prisma acreción	Subduction Factory	Gaia	Origen del movimiento de placas	
Editex. Biología y Geología 1º Bachillerato (2008). Natalia López Moratalla	No	No	No	No	“Gravedad y tirón de la placa. Al menos en parte corrientes de convección”	Orogenia de colisión: Explicación a formaciones montañosas actuales (Pirineos, Alpes, Andes...): “Dos placas continentales que chocan y forman las montañas.”
Santillana. Biología y Geología 1º Bachillerato (2008). Miguel Ángel Madrid Rangel, Aurelio Castillo de la Torre	No	No	No	No	“Corrientes de convección”	-
CIDEAD, Ministerio de Educación. Biología y Geología 1º Bachillerato (2010). Agustín Silgado Herrero, Ana Tardón Díaz	Parcialmente: Biología: origen de las especies.	No	No	Si	“Dos mecanismos: transporte activo y pasivo”	-
Paraninfo. Geología. Dinámica y evolución de la tierra (2008). Reed Wicander, James S. Monroe, Manuel Pozo Rodríguez.	No	No	No	No	“El motor de las placas es la convección del manto”	-
Paraninfo. Geología. 2º Bachillerato LOMCE. (2018). María Beatriz Carenas Fernandez, Jorge Luis Giner Robles, Javier Gonzalez Yelamos, Manuel Pozo Rodríguez	No	No	Si	No	“Convección del manto y peso de la placa ”	-

Tabla 1. Análisis del contenido provisto en diferentes libros de texto utilizado en la asignatura Biología y Geología de 1º de Bachillerato. En rojo los conceptos erróneos o erróneamente explicados y en verde los conceptos explicados correctamente (Elaboración propia).

Si a todo esto añadimos la desestructuración que las ciencias naturales han sufrido desde ya hace años: el hecho de diferenciar tanto la biología de la geología, de la física, de la química, de las matemáticas, parece imposible que el alumno las integre por sí solo para favorecer el análisis científico crítico de los acontecimientos que le rodean. El alumno termina enfocado sólo en aprobar, de la manera más rápida posible, todo ese grupo de asignaturas, no tiene interés por asimilar el conjunto de conocimientos científicos que se tratan en ellas y aplicar al mundo real los conocimientos adquiridos. Esta manera de enseñanza desemboca en que la intencionada alfabetización científica real del alumnado no exista, o al menos no de la forma que plantea el currículo de ciencias.

Si la Tierra es nuestro hogar, si de ella tomamos los recursos que necesitamos y a ella vertemos los residuos que generamos, si de sus condiciones ambientales depende la existencia de nuestra especie y la de todos los organismos que la pueblan, todo ciudadano debería tener unas nociones básicas acerca de como funciona la Tierra. Y, por tanto, esas nociones habrían de trabajarse en la educación. Todo ciudadano debería de saber utilizar su base científica en materia de geología para opinar o actuar en los problemas que actualmente estamos teniendo: contaminaciones, agotamiento de recursos naturales, cambio climático, etc. ([Pedrinaci, 2016](#)). Sin embargo, la geología es cada vez más menospreciada, incluso dentro del ámbito investigador, donde algunos biólogos presentan a la geología como anclada en el gradualismo y a los geólogos como estudiosos con vocación causireligiosa sesgados por ser parte del mismo sistema en el que viven ([Sánchez-Gómez, 2019](#)).

Por todo ello es urgente una alfabetización científica real y actualizada del alumnado, con la enseñanza-aprendizaje de contenidos aplicables, que permitan ahondar y solucionar problemas de ciencias naturales que puedan existir en el futuro de la sociedad. En 1º de Bachillerato se debería dotar de herramientas suficientes al alumno para adquirir conocimientos básicos sobre geología que puedan aplicar y desarrollar en su futuro científico, pues será algo básico que necesitarán a lo largo de su vida. Si la base del conocimiento científico no es sólida, no se puede asegurar que el alumno sea capaz de asentar conocimientos científicos actuales y poder desarrollar su carrera científica, o simplemente su culturización científica.

En este trabajo se intentará abordar la didáctica sobre tectónica de placas, bajo un enfoque actual, con conceptos ya utilizados en el ámbito científico desde hace relativamente poco, con la aplicación y utilización de las nuevas tecnologías y metodologías de enseñanza que promuevan que el alumno aplique lo aprendido practicando en su propio entorno los conocimientos impartidos. Para ello el paraje de Jaén, nos otorga un perfecto ejemplo de patrimonio geológico con el que el estudiante puede sentir conexión directa e interés, donde pueda observar directamente los

procesos geológicos que se han dado a nuestro alrededor, atrayendo su interés hacia las ciencias naturales aplicadas. El objetivo por tanto es la culturización de los alumnos de 1º de Bachillerato en materia de la tectónica de placas más reciente y actual, con una metodología que de a conocer el método científico y que logre despertar el interés por la geología y los procesos geológicos de nuestro alrededor, así como las ciencias de la tierra, la biología, la química y la física, asignaturas estrechamente relacionadas entre sí y que tratan de explicar el medio en el que vivimos, de manera que ellos mismos tengan una base sólida que les permita emitir juicios sobre cuestiones científicas que puedan llegar a darse en un futuro.

3. Fundamentación epistemológica

3.1. Contexto histórico

La Tectónica de Placas, entre otros aspectos, es lo que hace único al planeta Tierra con respecto a los demás planetas del Sistema Solar ([Schubert, 2001](#); [Kasting, 2003](#)), pero los aspectos físicos por la que se lleva a cabo este fenómeno aún son objeto de debate ([Bercovici, 2015](#)). Esto conlleva a no poder resolver cuestiones sobre la misma evolución de ese mismo planeta a lo largo del tiempo, o incluso el desarrollo de vida o su origen en el universo. En este aspecto, la Tectónica de Placas, es considerada por algunos el fenómeno que quizás ayude a discernir la respuesta a estas cuestiones sin resolver ([Korenaga, 2020](#)), puesto que es el mecanismo donde convergen biosfera y geosfera, compartiendo, transformando, reciclando y en definitiva intercambiando materia de distinto origen y características.

Pero antes de conocer incluso la teoría de la tectónica de placas actual, debemos remontar a los primeros científicos que lograron observar que el planeta Tierra estaba conformado por conjuntos de montañas, volcanes, tierra o mares que quizás no habían estado ahí desde el principio de la formación del planeta. Sería Ami Boué (1794 - 1881) en Alemania el primero que utilizó el termino “paleogeografía”, mientras que Robert Etheridge (1847-1920) fue el encargado de extenderlo en el ámbito inglés ([Meinhold, 2019](#)). Pero la información que nos aporta un análisis paleogeográfico de un lugar concreto, requiere conocimientos geológicos de los procesos transformadores que se han dado en una localización concreta. Por ello, incluso Wegener ([1915](#)) analizó la distribución de fósiles animales y vegetales comparando formaciones rocosas similares, buscando huellas climáticas preservadas con el paso del tiempo en las rocas.

La comprensión del cambio geológico de la tierra a lo largo de la historia ha sido una necesidad para el ser humano, remontándonos hasta principios del s.VI d.C, el pensador griego Anaximander de Miletus propuso la primera teoría sobre la distribución de los océanos en la Tierra, tras el estudio de moluscos marinos fosilizados hallados en el fondo oceánico. Desde entonces, numerosos paleontólogos, geólogos y biólogos (entre los que

podemos encontrar a Jean-Baptiste Lamarck, Georges Cuvier o Charles Darwin) se han dedicado a hallar evidencias del pasado geográfico y geobiológico de la Tierra ([Meinhold, 2019](#)). Por tanto, biología y geología han ido de la mano a lo largo de la historia, de manera que el estudio de una implica directamente a la otra.

Catastrofismo vs Uniformitarismo

Hasta el s.XVIII, se creía que fue obra bíblica el aspecto y transformación de la Tierra en su origen. Y que cualquier cambio en la Tierra era debido a una serie de catástrofes que fueron modelando la superficie de nuestro planeta.

A mediados del s.XIX, el catastrofismo fue sucedido del uniformismo o uniformitarismo, centrado en la idea del “Principio de Uniformidad” propuesto en 1785 por James Hutton: “el presente es la clave del pasado”. Esta teoría fue sustentada por Charles Lyell en su libro “Principios de Geología” ([Lyell, 1833](#)). En esta teoría opera la suposición de que las mismas leyes y procesos naturales que tuvieron lugar en el pasado, son los procesos que están teniendo lugar hoy en día.

Con el paso del tiempo, los científicos reconocieron que las teorías catastrofistas no podían explicar hechos geobiológicos hallados y corroborados en varios puntos de la Tierra. Por ello, intentaron remplazarlas por las teorías uniformitaristas, que explican el movimiento horizontal de los bloques de la corteza ([Argand, 1924](#)). Pero parece ser aceptado por la comunidad científica que los cambios que rigen en la actualidad el planeta Tierra son más bien una mezcla de ambos conceptos, de manera que no todos los cambios son graduales y cíclicos como Lyell remarca en sus escritos, ni todos se explican por catástrofes amontonadas a lo largo del tiempo. Como varios científicos apuntan “la geología moderna es una mezcla de ambas, donde encontramos procesos graduales y catastróficos y también procesos cíclicos y lineales” ([Pujadas Ferrer, 2019](#)).

3.2 Teoría de la deriva continental

Aunque se le atribuye a Wegener ser el primero en plantear los conceptos de movimientos entre placas de la Tierra, fue Abraham Ortelius quién señaló en 1596 que “la placa Atlantis” describía una separación de los continentes ([Ortelius, 1596](#)) y que las costas del Viejo y Nuevo Mundo (costa este de Sudamérica y la costa oeste de África encajaban perfectamente como si de un puzle se tratase. De hecho, hubo quien corroboró este hecho incluso mediante su mención en el verso 25 del capítulo 10 del Génesis de la Biblia ([Lilienthal, 1756](#)). Por lo que la teoría de la deriva continental iba asentándose ya, de alguna forma, en la mente de los científicos del s. XVIII. Fueron varios científicos los que antes de Wegener acuñaron el hecho de que los continentes habían estado de alguna forma unidos en algún momento y que con el paso del tiempo fueron separándose ([Owen, 1857](#); [Snider 1859](#); [Suess 1893](#)).

Pero la idea del movimiento lateral de los continentes no es considerada seriamente hasta 1912. Alfred Wegener ([1912](#)), sugiere en un encuentro de Geología anual en Frankfurt, que los continentes tuvieron que estar unidos en algún momento. Más tarde, se fueron moviendo a través de la corteza simática de la Tierra como unos rompehielos surcando el hielo marino, alcanzando finalmente su posición actual. Aunque parte de lo que expuso, ya se había comentado históricamente, fue el que hasta la fecha, más evidencias nuevas aportó para corroborar esta teoría. De manera que desde 1912, dónde publica sus dos principales artículos explicando la teoría de la deriva continental (continental drift) hasta 1929 dedicó su carrera investigadora a aportar pruebas que apoyaran esta teoría. Con esta teoría comienza a explicar la existencia de un solo continente (Pangea), que conformaban todos los continentes actuales de La Tierra (figura 1), que compartían similitudes paleoclimatológicas, evidencias fósiles y similitud entre estructuras rocosas halladas en África y Sudamérica, que no podrían ser explicadas de otra forma ([Meinhold, 2019](#)). Aún así, la comunidad científica no aceptó su teoría, basándose en argumentos como que Wegener no era geólogo. Aunque sí que había un problema raíz para aceptar la teoría de Wegener, la falta de evidencias directas del movimiento de los continentes y del mecanismo al que están sometidos. Wegener argumentaba que el movimiento de los continentes podía estar debido a la rotación de la Tierra, algo difícil de creer por varios aspectos físicos y matemáticos.

Choubert, geólogo francés, fue el primero en presentar un modelo geométrico de la formación de Pangea mediante la unión de bordes continentales en vez de las costas ([Choubert, 1935](#)). Aquí narraba como la separación de Pangea en dos continentes (primeramente, expuesta por du Toit en 1923), fue resultado de movimientos de los bloques Precámbricos.

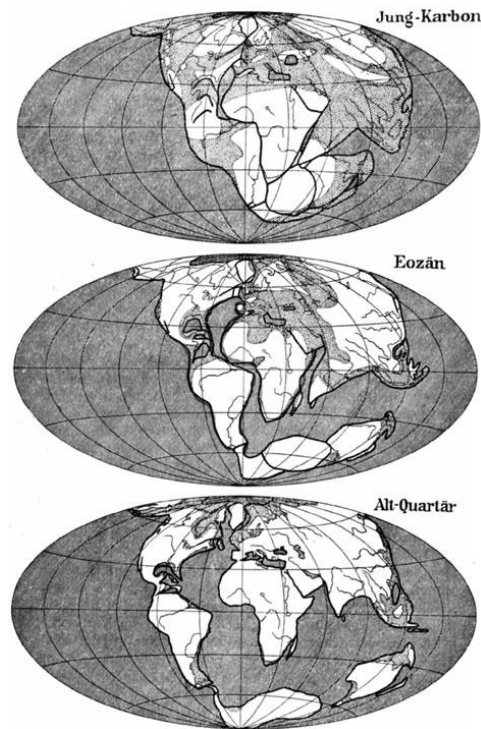


Figura 1. Ilustraciones de la reconstrucción paleogeográfica de Alfred Wegener de acuerdo a la deriva continental ([Wegener, 1929](#)) para tres períodos (Carbonífero, Eoceno y Cuaternario).

3.3 De camino a la Tectónica de Placas

La teoría de Wegener fue la semilla que inició el crecimiento de investigaciones sobre el movimiento de los continentes. Schwinner en 1920 y 1941 señaló que quizás el magma que se desplazaba de forma convectiva bajo el manto, generando corrientes, movía los continentes ([Schwimmer, 1920](#); [Schwimmer, 1941](#)). Molengraaf identificó una estructura volcánica (dorsal Mesoatlántica) como la responsable de la separación de los continentes a ambos lados del Atlántico ([Molengraaf, 1916](#); [Molengraaf, 1928](#)). Holmes en 1944 publicaría en su libro “Principios de Geología Física” la principal fuerza responsable del movimiento continental que Wegener no logró hallar, las corrientes de convección del manto ([Holmes, 1944](#)). Más tarde Henri Hess ([1962](#)), desarrolló la idea de la expansión del suelo oceánico mediante las dorsales oceánicas, clave en el desarrollo de la teoría de Tectónica de Placas.

Hallazgos encontrados con magnetómetros a lo largo del fondo oceánico, permitieron conocer la inversión del polo magnético de la Tierra a lo largo de la historia, formando patrones lineales subparalelos a la dorsal oceánica a ambos lados de ésta. La primera vez fueron observados en el suelo de California ([Mason & Raff, 1961](#)), para más tarde ser descritos en muchas más cuencas oceánicas. Pero no fue hasta 1963 por Vine & Matthews que se reconoció su importancia y se presentaron como otra prueba más de la expansión del suelo oceánico. En su tratado explican como cada franja magnética se

magnetizó cuando se formó ese trozo de suelo oceánico en el valle central del eje del puente oceánico ([Vine & Matthews, 1963](#)).

La teoría de la Tectónica de Placas fue introducida por John Tuzo Wilson en [1965](#). En ella explica la naturaleza de las placas y los límites de éstas, así como el movimiento entre ellas ([Wilson, 1968](#)) (figura 2).

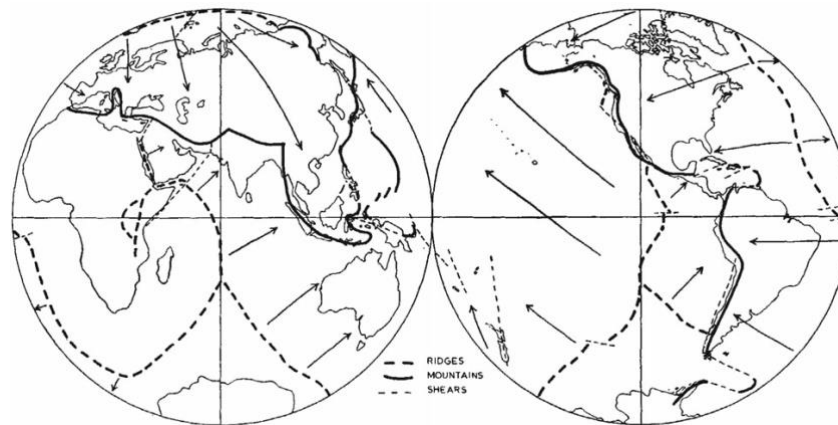


Figura 2. Ilustración de movimientos de placas de Wilson ([Wilson, 1965](#)). En la ilustración se aprecian los cinturones móviles, que comprenden los arcos de islas y montañas primarias activas (líneas sólidas- “mountains”), fallas de transformación activas (líneas difuminadas- “shears”) y dorsales activas oceánicas (líneas discontinuas en negrita- “ridges”).

El movimiento de las placas rígidas se describió como rotaciones a través de la superficie esférica de la Tierra con unos polos definidos (Euler poles). A lo largo de los años 70, el término “placas tectónicas” se integró por completo en el vocabulario de ciencias de la tierra. Hoy en día se definen claramente 7 placas extensas y 8 más pequeñas (figura 3). Estas placas se mueven del orden de unos centímetros al año y cambian de tamaño. Las placas están constituidas por rocas continentales, por rocas tanto oceánicas como continentales o únicamente por rocas oceánicas. Se ensamblan periódicamente, se dispersan y reensamblan en varias configuraciones supercontinentales ([Meinhold, 2019](#)).

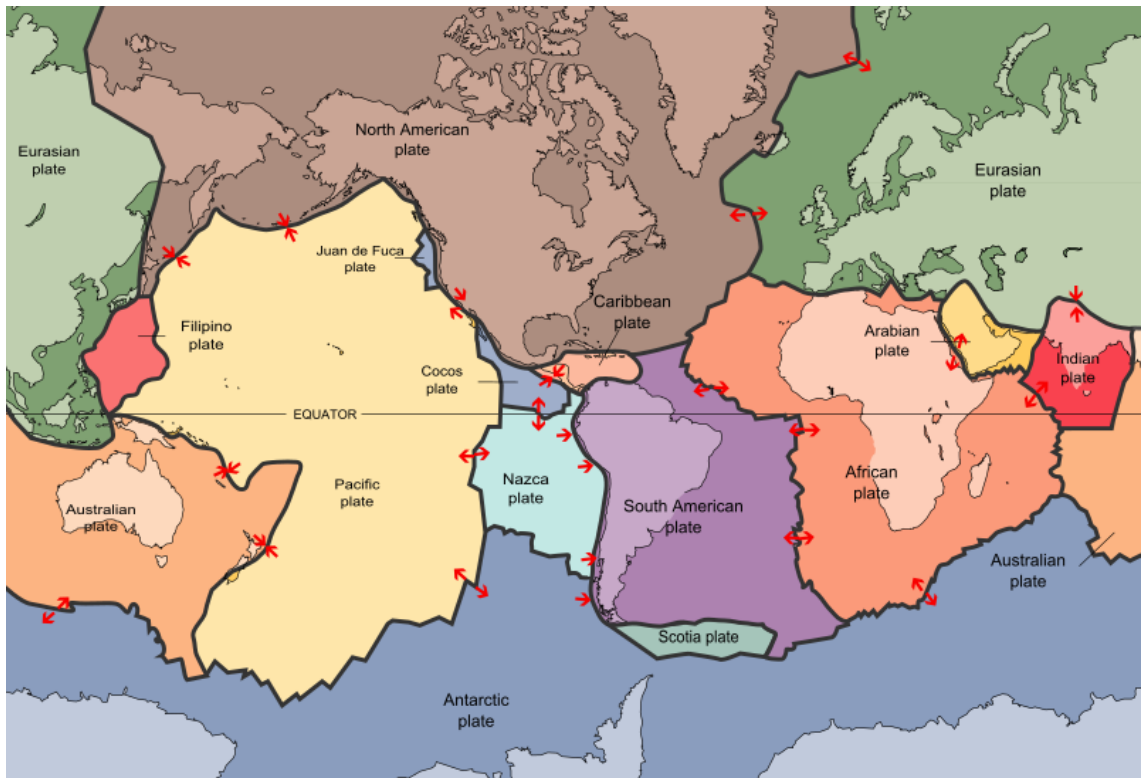


Figura 3. “Map showing Earth's lithosphere divided into 15 principal tectonic plates” (1996). Map: USGS. Description: Scott Nash – Obtenido de: [Tectonic plates.png](#).

3.4. Conceptos básicos

3.4.1. Ciclo de Wilson

El ciclo de Wilson ([1968](#)) describe el concepto en el que la apertura y cierre repetidos de cuencas oceánicas a lo largo de los mismos límites de placas es un proceso clave en el ensamblaje y desintegración de continentes y supercontinentes. Lo cuál implica que los procesos tanto de formación de grietas o rifts, como montañosos de alguna manera precondicionan y debilitan la litosfera en estas regiones, haciéndolas susceptibles a la localización de deformaciones en futuros episodios de deformación ([Wilson, 2019](#)).

Según podemos apreciar en la figura 4 y la tabla 2, hay varios estados en este ciclo tectónico.

Ciclo Tectónico	Estado	Ejemplos	Movimientos de la corteza	Características geológicas y geomórficas	Tipos de rocas ígneas	Sistemas sedimentarios	Grado de metamorfismo
Apertura del Océano	Grieta embrionaria (1)	Golfo de Suez, Egipto	Subsidencia rápida de la cuenca (adelgazamiento de la corteza) y elevación localizada (térmica)	Valles del rift	Basaltos tholeiíticos, centros de basalto alcalino (puntos calientes)	De sedimentación menor, terrestre (fluvial, aluvial, lacustre) a entorno marino poco profundo	Insignificante
	Océano joven (2)	Mar Rojo, Golfo de Adén; Baja California	Baja subsidencia (térmica) divergencia / extensión (¿empuje de la cresta?)	Vías marítimas estrechas con depresión central y cresta activa joven	Basaltos tholeiíticos (<i>mid-ocean ridge basalt</i>), centros de basalto alcalino (puntos calientes)	Depósitos de plataforma y cuenca; evaporitas comunes	Menores (locales de bajo grado/termales)
	Océano maduro (3)	Océanos Índico y Atlántico	Baja subsidencia (térmica) divergencia / extensión (¿empuje de la cresta?)	Grandes cuencas oceánicas con dorsales activas	Basaltos tholeiíticos (<i>mid-ocean ridge basalt</i>), centros de basalto alcalino (puntos calientes)	Depósitos abundantes derivados de arcos de islas	Localmente extenso (moderado)
Cierre del Océano	Océano en declive (4)	Océano Pacífico	Pliegue/subducción hundimiento local (¿flexión y tirón de la	Arcos insulares y fosas oceánicas profundas	Andesitas, granodioritas	Abundantes depósitos	Localmente extenso (moderado)

			losa?) Andesitas, Localmente extensos (moderados)	alrededor de los márgenes oceánicos	en los márgenes	derivados de los arcos insulares	
	Océano terminal (5)	Mar Mediterráneo; Mar Negro; Mar Caspio	Contracción/subducción Elevación local (compresión) y subsistencia (flexión)	Montañas jóvenes y mares restringidos	Volcánicos, granodiorita en los márgenes	Abundantes depósitos derivados de los arcos insulares; posibles evaporitas	Localmente extensa (moderada-alta)
	Orogénesis Continental (6)	Línea del Indus en el Himalaya; Sutura del Iapetus en las Calónidas	Elevación regional (acortamiento de la corteza)	Montañas jóvenes, extensas y altas, cuencas de antepaís	Menores	Sistemas clásticos terrestres (lechos rojos eólicos) y marinos	Extensos (altos)
Cratónico	Cicatriz antigua/geosutura (7/0)	América del Norte, Australia, África	Entornos continentales estables en tierra	Llanuras extensas y topografía de bajo relieve	Menores	Terrestre (lechos rojos eólicos)	Menores
	Cuenca de hundimiento intracratónico (8)	Siberia occidental, Rusia; Paranaíba, Brasil	Cuenca lenta/gradual Subsidio (¿térmico?)	Cuencas anchas y poco profundas en un entorno terrestre a marino poco profundo	Limitados	Sistemas sedimentarios regionalmente extensivos en un ambiente parálisis	Insignificante

Tabla 2. La tabla presentada se ha modificado a partir de la original de Wilson en [1968](#) ([Wilson, 2019](#)).

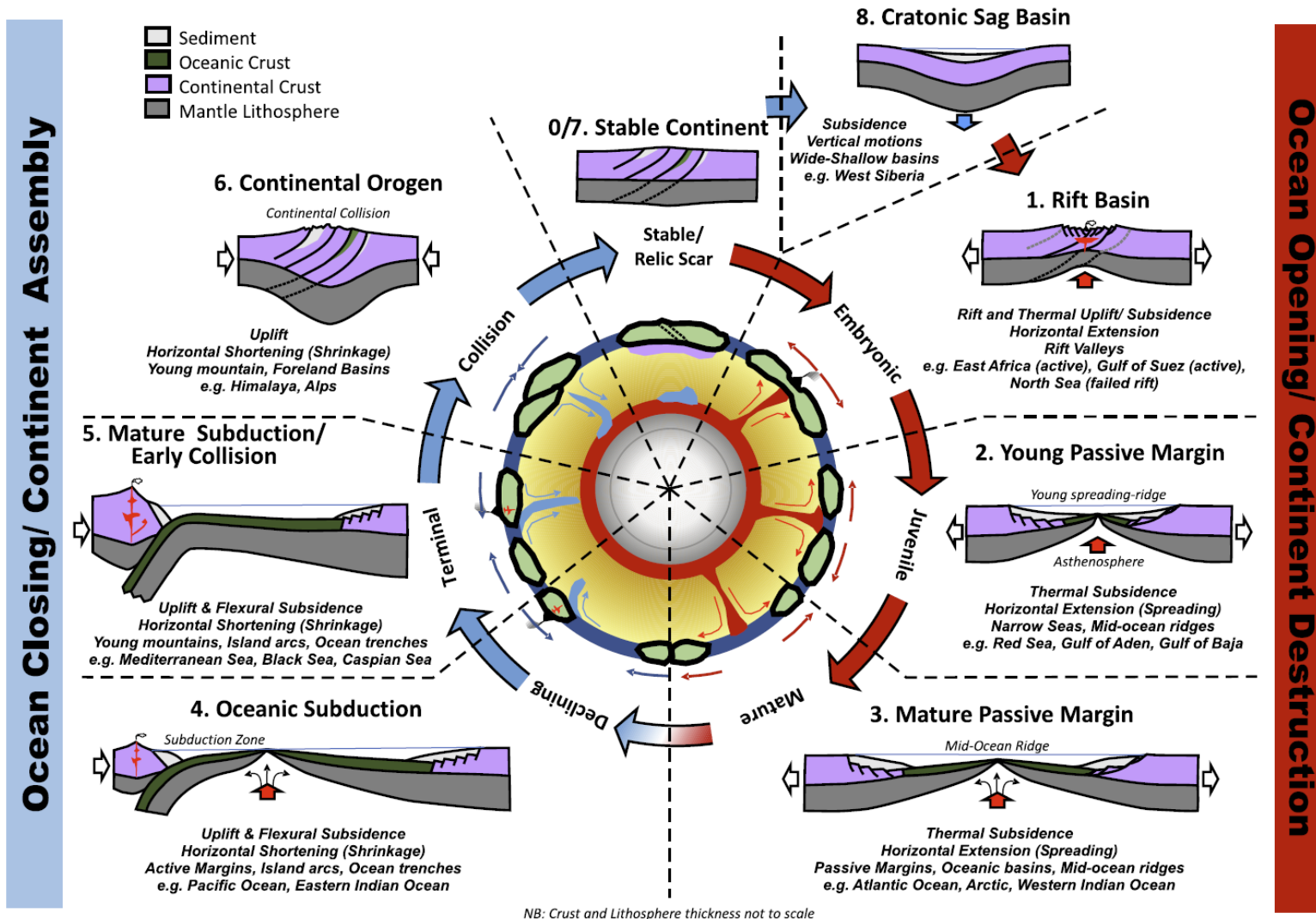


Figura 4. Representación del ciclo original de Wilson actualizado (Wilson, 2019).

3.4.2. El origen del movimiento de las placas

El principal escollo que los científicos encuentran a la hora de explicar la teoría de las placas tectónicas es la falta de pruebas acerca de lo que origina el movimiento entre placas. La generación de placas oceánicas en las dorsales y su migración lateral son la única parte observable a escala global de la circulación del manto. A medida que el nuevo suelo oceánico se desplaza lejos de la dorsal desde la que se creó, se enfría gradualmente, pasa a ser más denso e incluso se hunde ([Korenaga, 2020](#)). Pero la fuerza que promueve estos movimientos de placas es uno de los aspectos más debatidos a día de hoy en ciencia. Hay dos teorías, fundamentalmente, para explicar estos movimientos ([Chen, 2020](#)):

- “Bottom up”: Significa que las placas conforman la capa límite exterior de las células de convección del manto, y que su movimiento está determinado por el movimiento del sistema del manto subyacente (figura 5). De manera que el manto ascendente, como parte de la convección del manto, se originaría en el límite entre núcleo y manto, e interactuaría con la base de las placas, promoviendo la ruptura continental y el movimiento de las placas.
- “Top down”: Afirma que tanto la tectónica de placas como la convección del manto son resultados de la evolución de la capa exterior de la Tierra, es decir, de las placas (figura 5). Atribuyen la tectónica de placas únicamente a la convección del propio manto. Posteriormente, se redefinió para sugerir que la evolución de las placas superficiales no sólo controla la tectónica de placas sino también el estilo de convección del manto, incluida la formación de plumas del manto. La esencia de la tectónica "Top down" es que las placas en subducción son la principal fuerza motriz del movimiento de las placas tectónicas.

La diferencia fundamental entre ambas teorías es la procedencia de los materiales que se reciclan con la subducción entre placas. La tectónica de placas, entendida como uno de los dos principales sistemas tectónicos de la Tierra, se caracteriza por el movimiento descendente de la de la capa exterior de la Tierra hacia su interior. En cambio, la tectónica de plumas, el otro gran sistema tectónico, se refiere a los materiales del manto profundo que ascienden desde el límite entre el núcleo y el manto hacia la superficie. Ambos sistemas son probablemente los sistemas geodinámicos que han dominado durante la evolución de la Tierra, y muchos investigadores han propuestos que ambos sistemas tectónicos y sus interacciones son los responsables del control de los ciclos supercontinente-superocéano y la evolución de la Tierra ([Chen, 2020](#)). Sin embargo, qué parte de la fuerza motriz del movimiento de las placas proviene de plumas del manto, y cómo interactúa realmente la tectónica de placas con la tectónica de plumas, siguen siendo un tema ambiguo y controvertido.

La teoría clásica de la tectónica de placas se basa en el modelo de placas rígidas. Supone que las deformaciones tectónicas se concentran sólo en los estrechos límites de las placas. Sin embargo, las observaciones reales revelan deformaciones internas significativas de las placas continentales e incluso de las placas oceánicas.

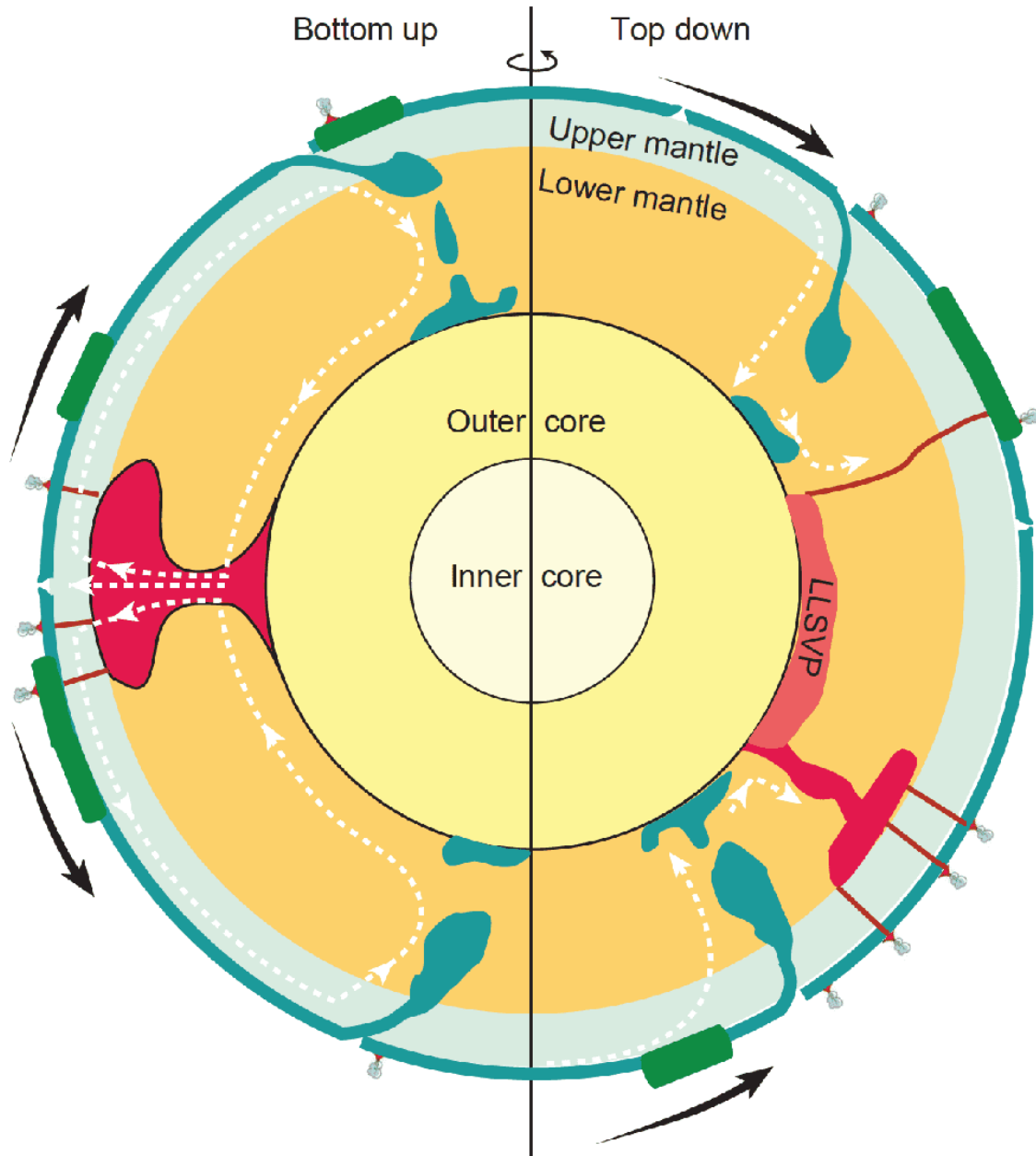


Figura 5. Movimiento del manto según la teoría “Bottom up” y “Top down” (Chen, 2020).

En la actualidad, se aceptan varias convergencias y divergencias de fuerzas que están relacionadas directamente con el movimiento de placas (tabla 3).

Los científicos trabajan con la idea de que las placas tectónicas no son arrastradas pasivamente por las células de convección. Proponen que las placas tienen un papel más protagonista, siendo una parte activa de la propia convección terrestre.

LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE LAS PLACAS LITOSFÉRICAS	
Tirón de la parte subducida de las placas litosféricas (<i>slab pull</i>)	Se debe a la flotabilidad negativa que actúa en el segmento inclinado, subducido o <i>slab</i> de las placas con litosfera oceánica y que es transmitida hasta su parte horizontal. Numerosos trabajos posteriores al de Forsyth y Uyeda (1975) han confirmado la importancia primordial de esta fuerza, llegándose a establecer el término de tectónica de subducción como sinónimo de tectónica de placas (p. ej.: Chapple y Tullis, 1977; Richardson, 1992; Anderson, 2001; Conrad y Lithgow-Bertelloni, 2002 –que han estimado que la fuerza de tirón de la placa que subduce da cuenta nada menos que de la mitad de la fuerza total necesaria para mover las placas-; Billen, 2008). Asociada a esta fuerza se produce un desplome gravitacional de la placa subduciente, con retroceso de la fosa hacia la dorsal (<i>slab roll-back</i>).
Empuje de dorsal (<i>ridge push</i>)	Empuje lateral que se genera como consecuencia del levantamiento y consiguiente deslizamiento gravitacional de la litosfera en las zonas de dorsal. Parece ser, en su conjunto, un orden de magnitud menor que la de tirón de la placa que subduce (Carlson et al., 1983; Schellart, 2004).
Succión de fosa (<i>trench suction</i>)	Arrastre hacia la fosa sufrido por la placa cabalgante en zonas de subducción.
Resistencia en zonas de colisión y en transformantes (<i>colliding and transforming resistance</i>)	Fuerzas de resistencia debidas al acoplamiento entre las placas en las zonas de subducción y colisión continental (<i>colliding resistance</i>) y de límite transformante (<i>transforming resistance</i>).
Fuerza de arrastre (<i>drag force</i>)	Actúa en la base de la litosfera, en el contacto con el manto sublitosférico, debido al acoplamiento viscoso entre litosfera y astenosfera.
Arrastre de la placa que subduce (<i>slab drag</i>)	Resistencia que opone el manto sublitosférico a la entrada de la parte subducida de la placa (<i>slab</i>). Aumenta especialmente hacia la base del manto superior, en la discontinuidad de los 660 km de profundidad.

Tabla 3. Fuerzas que se cree que actúan en el movimiento de placas litosféricas (Fernández, 2019).

En un planeta como el nuestro, con un gradiente geotérmico heterogéneo y una distribución desigual de densidades en la superficie y la profundidad, las fuerzas gravitacionales son capaces de desplazar las placas tectónicas. Entre todas estas fuerzas gravitacionales destaca la conocida como fuerza de tirón de placa, asociada a las zonas de subducción. Las placas litosféricas se mueven con una velocidad que no depende de su tamaño, sino del porcentaje de litosfera oceánica y continental, y del tipo de límite entre ellas (divergente, transformante, convergente). En este sentido, las placas que están rodeadas mayoritariamente por zonas de subducción (siendo ellas las placas que subducen) y que tienen un mayor porcentaje de litosfera oceánica, suelen ser las que muestran las mayores velocidades con respecto al interior de la Tierra o a otras placas. Actualmente se mantiene la hipótesis de que son las propias zonas de subducción las que dirigen el mecanismo de movimiento entre placas.

3.4.3. Subduction Factory

Pero para entender los movimientos entre placas y que los origina, debemos conocer las zonas donde convergen las placas, las zonas de subducción.

En zonas donde dos placas convergen, la litosfera oceánica puede hundirse bajo la litosfera continental, lo que se conoce como subducción. Esta litosfera oceánica se incorpora al gran reservorio del manto tras ser sometida a distintas fuerzas (figura 6) y

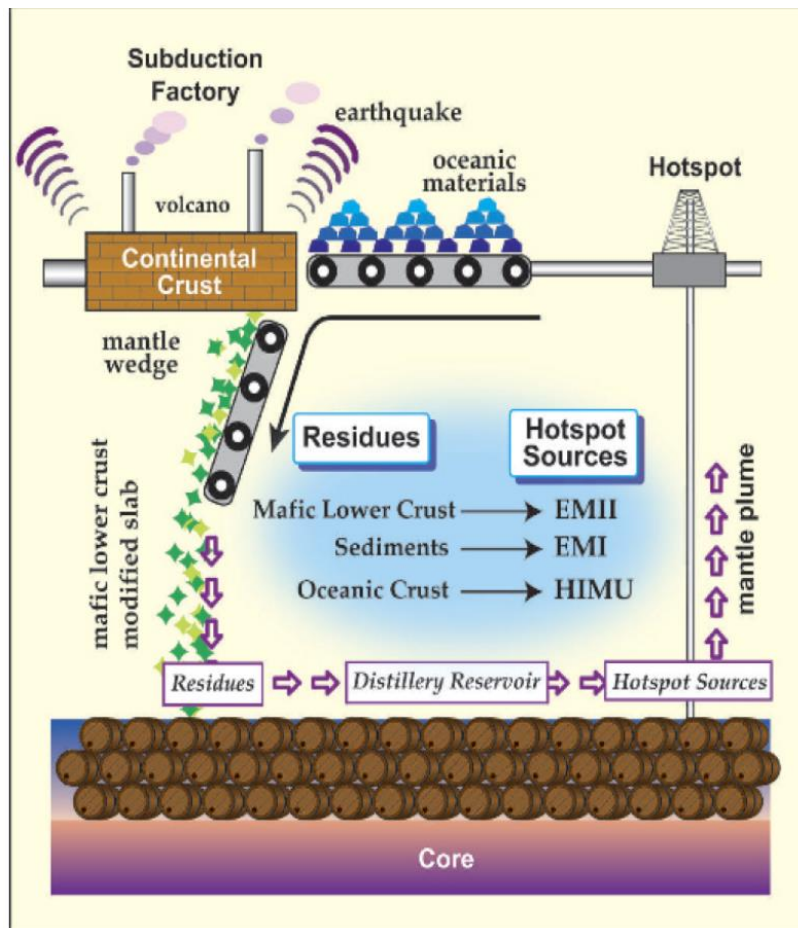


Figura 7. Papel de la Subduction Factory en la evolución de la Tierra sólida ([Tatsumi, 2005](#)). EMI: Manto enriquecido tipo I; EMII: manto enriquecido tipo II; HIMU: manto de alta- μ . Las materias primas, como los sedimentos oceánicos, la corteza oceánica, la litosfera del manto y materiales de acuífamiento, se introducen en la fábrica y se convierten en productos como magmas de arco y corteza continental. Los materiales de desecho o residuos procesados en esta fábrica, como los componentes de la losa químicamente modificados (corteza oceánica y sedimentos) y la corteza máfica delaminada del arco inferior, se transportan y en el manto profundo se reciclan como materia prima para el magmatismo de los puntos calientes relacionados con la pluma del manto.

Estas zonas son objeto de estudio debido a la importancia que tienen para el desarrollo del planeta y del ciclo vital de la biosfera en la Tierra. De hecho hay programas científicos específicos que estudian diversos aspectos (geológicos, físicos y sobre todo biológicos) de estas zonas ([International Ocean Discovery Program-IODP](#)). A parte de ser un mecanismo o ciclo de reciclaje de la corteza del planeta a gran escala, en la zona de subducción también se produce el intercambio e interacción de elementos con el medio a menor escala pero de gran importancia, como veremos con el prisma de acreción.

3.4.4. Prisma de Acreción

Dentro de la zona de subducción donde convergen dos placas encontramos apilamientos de masas de acreción (prismas) de depósitos sedimentarios y fragmentos de cuerpos de corteza más gruesos raspados de la placa inferior en subducción (figura 8) ([Von Huene, 1991](#)).

La característica fundamental de estas zonas es el ciclo geológico que promueven. Aún siendo un ciclo mas corto y a menor escala que el que protagoniza la zona de subducción, es de vital importancia, pues se produce un intercambio de productos relacionados con la biosfera. Los sedimentos apilados en este prisma de acreción son ricos en materia orgánica (exoesqueletos, bacterias, zooplancton, fitoplancton, restos de animales, plantas, etc). Estos sedimentos ricos en materia orgánica todavía no han sido introducidos a las capas internas de la Tierra y pueden producir reacciones de intercambio con el medio que les rodea pudiendo dar origen a nuevos ecosistemas.

En estos prismas los sedimentos se van apilando y las presiones a las que se ven sometidos los depósitos inferiores, promueven la expulsión de fluidos. Estos fluidos procedentes de la reducción de porosidad de los sedimentos, deshidratación de los minerales y de la presencia de materia orgánica, pueden causar anomalías tanto de temperatura como químicas debido al intercambio que realizan con el ecosistema que les rodea, llegando a precipitar o disolver minerales, por ejemplo.

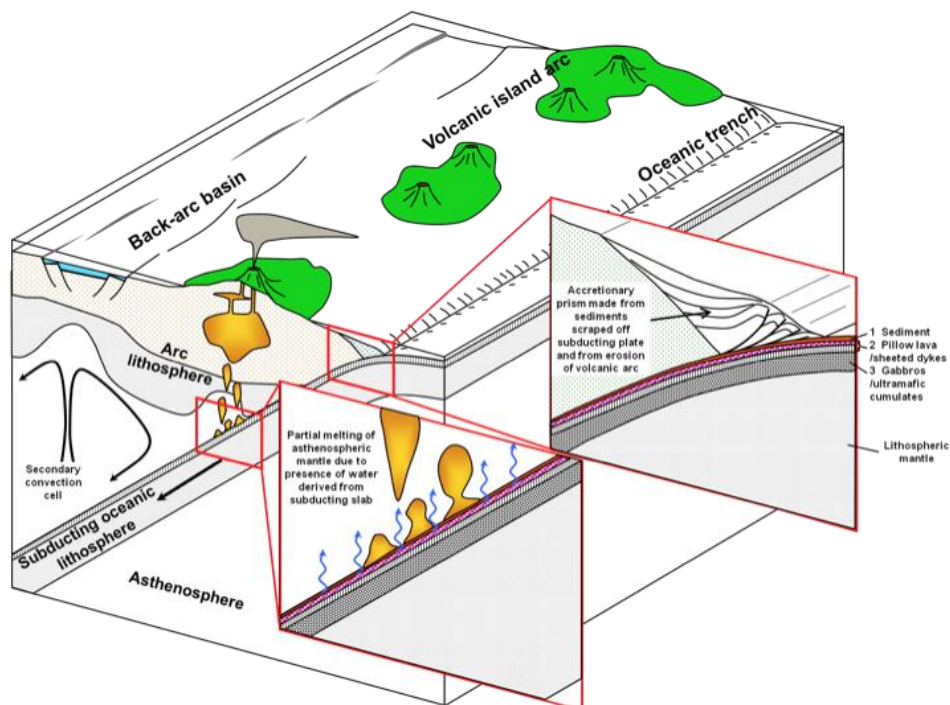


Figura 8. Ilustración de una zona de subducción, dónde podemos apreciar el prisma de acreción (Obtenida de “International Ocean Discovery Program”: <https://iodp.tamu.edu/>).

Como ejemplo real de este prisma de acreción podemos mencionar la zona de subducción del Este del Caribe (figura 9).

Estas zonas de subducción se caracterizan por movimientos sísmicos repetidos en el tiempo fruto de la distensión entre fuerzas. En el ejemplo de la costa este del Caribe, el prisma de acreción del las Barbados, es asísmico prácticamente, mientras que los terremotos se concentran en el arco volcánico de Las Antillas de Lesser y Trinidad-Venezuela-La península de Paria, la placa que subduce y placa subducida, respectivamente.

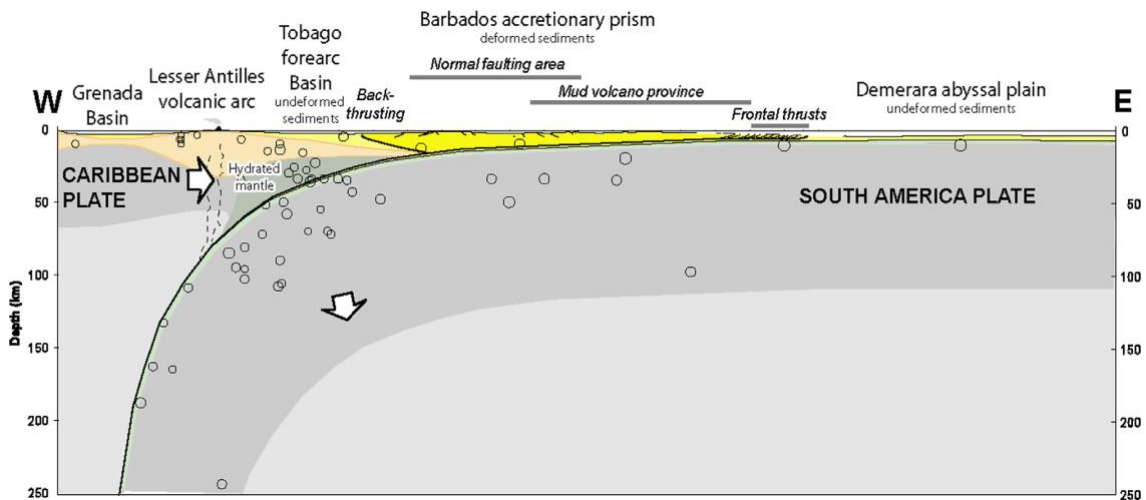


Figura 9. Corte Este-Oeste de la zona de subducción caribeña del este ([Deville, 2015](#)).

Este prisma de acreción acumula sedimentos ricos en hidrocarburos, procedentes de profundo material turbidítico, que tras los movimientos de la zona de subducción pasa al prisma de acreción.

El prisma de acreción posee un papel fundamental en el ciclo de reciclaje de elementos orgánicos e inorgánicos ([Sommer, 2002](#)) de la litosfera oceánica, que puede tener repercusiones directas en la ecología y biología del lugar. Además estas zonas están estrechamente relacionadas con la aparición de especies biológicas (sobre todo bacterias) no conocidas que pueden desempeñar un papel fundamental en materia de recursos de explotación o de desarrollo de nuevas tecnologías como veremos a continuación.

3.5. Carácter interdisciplinar de la Tectónica de Placas

Las zonas de subducción, y por tanto los prismas de acreción, son una parte primordial de todos los ciclos de reciclaje de materia de la Tierra. A parte de ser zonas donde las placas convergen y se dan distintos ciclos geológicos, poco se habla actualmente del papel fundamental que poseen en el ciclo biológico de determinados seres vivos e incluso, de toda la biosfera.

Materia Oscura Microbiana

En las zonas de subducción, donde una placa tectónica se hunde bajo otra hacia el manto de nuestro planeta, el carbono, el agua y otras especies volátiles como el hidrógeno y el azufre se mueven entre la superficie y las profundidades de la Tierra. Los científicos cuantifican este ciclo de elementos estimando la cantidad de cada uno de ellos que se subduce con las placas que descienden y la cantidad que emiten los arcos volcánicos, las cadenas de volcanes que se forman en la placa superior que se superpone a una placa en subducción. Hacer un balance del ciclo del carbono es especialmente importante, porque el proceso influye en la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera y, en última instancia, en la estabilidad a largo plazo del clima de la Tierra.

Datos sobre expediciones llevadas a cabo en Costa Rica revelan un sumidero de volátiles no reconocido anteriormente en el arco anterior del margen de Costa Rica ([Barry, 2019a](#); [Barry, 2019b](#)). Las composiciones isotópicas de carbono de las aguas hidrotermales profundas que suben hacia la superficie mostraron una clara destilación Rayleigh (la partición selectiva de isótopos entre dos depósitos a medida que el material se mueve entre ellos) resultante de la precipitación de calcita en el arco anterior. Esta precipitación supone la eliminación del 91% del carbono inorgánico en estos fluidos que ascienden desde la parte superior de la losa de subducción. Un 3% adicional de este carbono inorgánico, en forma de dióxido de carbono desprendido, fue secuestrado como biomasa por microbios quimiolitioautótrofos (es decir, microbios que producen biomasa a partir de dióxido de carbono en ausencia de luz), que también podrían mediar activamente en la deposición de calcita ([Aloisi, 2006](#)). Por lo tanto, la calcita y la biomasa microbiana actúan como filtros subsuperficiales para el carbono del arco anterior, alterando los flujos que de otro modo se liberarían directamente a la atmósfera.

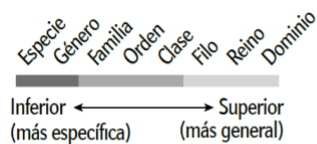
Utilizando los datos recogidos durante la expedición de 2017, Barry et al. ([2019a](#)) también calcularon que hasta un 19% menos de carbono es transportado al manto con las placas en subducción respecto a lo anteriormente estimado por otros científicos. Esto tiene implicaciones significativas para la precisión de los modelos globales de carbono, que podrían estar sobreestimando la exportación de carbono a la Tierra profunda, y para nuestra comprensión del clima pasado de la Tierra y las condiciones de reducción-oxidación. Por ejemplo, los autores sugieren que los sumideros de carbono del arco anterior, similares al identificado en el margen de Costa Rica, podrían haber contribuido a la acumulación de oxígeno durante el Arcaico tardío y el Proterozoico temprano y, por tanto, deberían tenerse en cuenta al calcular los efectos de las zonas de subducción en el ciclo del carbono a través del tiempo.

Investigaciones recientes aportan datos sobre poblaciones bacterianas que están relacionadas estrechamente para albergar metabolismos diferenciados que pueden funcionar indistintamente para minimizar el solapamiento de nichos, aumentando aún más la diversidad endémica de la población. Sugieren que la mezcla dinámica de aguas

generada por procesos geológicos subsuperficiales y cercanos a la superficie puede desempeñar un papel clave en la generación y el mantenimiento de la biodiversidad quimiosintética en entornos hidrotermales y otros similares (Colman, 2019). Por lo que, dependiendo de las condiciones, lugar, especies y otros aspectos relacionados del medio, los ciclos de carbono y gases esenciales para la vida y el desarrollo en la Tierra se pueden ver comprometidos por la actividad de estas poblaciones bacterianas. Este es un claro ejemplo de como la Biología y la Geología van estrechamente dadas de la mano.

De hecho, la mayor parte de poblaciones de bacterias desconocidas que podemos encontrar es en ambientes sedimentarios marinos (figura 10), las bacterias en estas zonas de subducción con particulares condiciones de temperatura y presión, parecen estar estrechamente relacionadas con la formación de productos que ascienden a la corteza por la actividad de estas zonas, siendo por tanto partes esenciales del ciclo de subducción y de reciclaje de material de estas zonas, a parte de ser una fuente de investigación para la obtención de materiales con propiedades físico-químicas distintas a las halladas en la corteza continental. Por tanto sería la propia naturaleza la que mediante procesos de reciclaje, procesos geológicos y procesos biológicos estaría en constante equilibrio, autorregulándose y comportándose como un sistema donde la propia vida se encarga de regular condiciones como temperatura terrestre, salinidad en los océanos y composición química de la naturaleza. Esta hipótesis de autorregulación por parte de la naturaleza recibe el nombre de hipótesis Gaia.

Jerarquía taxonómica



Los científicos han descrito con precisión (hasta al menos el nivel de género) cerca de la mitad de los microorganismos que habitan en plantas y animales. Sin embargo, las poblaciones que viven en otros entornos, comparativamente mucho mayores, siguen siendo grandes desconocidas. Por ejemplo, la clasificación en filos o niveles superiores de un tercio de los microorganismos que habitan en el suelo continúa envuelta en misterio.

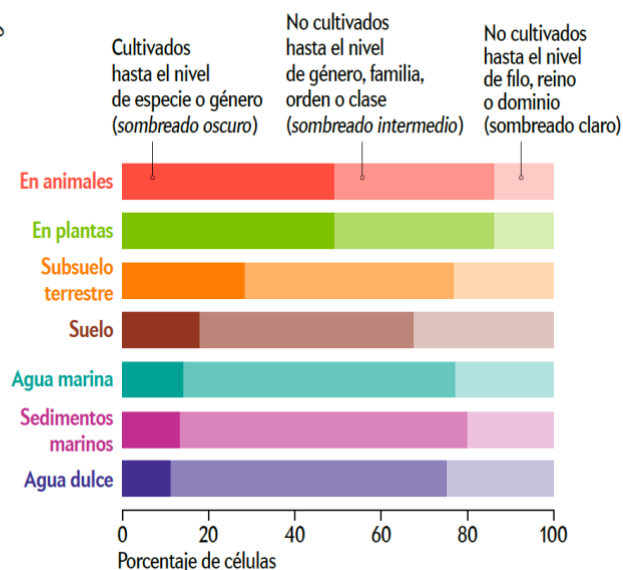


Figura 10. Abundancia de células microbianas según el entorno ([Materia oscura microbiana, 2019](#)).

Técnica de PCR: la revolución de la biotecnología y la biomedicina a manos de la geología interna de la Tierra

La reacción en cadena de la polimerasa o PCR es una técnica mundialmente conocida que en esencia permite hacer millones de copias de una muestra escasa de ADN. Kary B. Mullis inventó en [1985](#) lo que le otorgaría más tarde el premio Nobel de medicina en 1993 y que revolucionó la medicina y la ciencia permitiendo por ejemplo el diagnóstico de mutaciones génicas, detección de virus como el SIDA en células hasta llegar a la actualidad mediante el diagnóstico de COVID. La enzima y protagonista que permite la utilización de esta técnica es la denominada Taq Polimerasa, procedente de *Thermus aquaticus* (figura 11), es una bacteria extremófila (solo crece en temperaturas mayores a 70°C) y es propia de aguas muy calientes, que podemos encontrar en fumarolas hidrotermales asociadas a grandes dorsales oceánicas donde se crea corteza ([Ramírez, 2006](#)). Por tanto los límites divergentes que se pueden encontrar en la Tierra también sirvieron, y sirven de fuente biológica para la investigación y la ciencia en nuestros días. Fue en una dorsal oceánica donde se halló por primera vez esta bacteria que fue aislada y estudiada, para posteriormente utilizar una enzima propia para diseñar la técnica de PCR. Estos tipos de seres vivos solo se pueden hallar en ambientes propios de zonas de dorsales oceánicas con vulcanismo o zonas humidificadas con altas temperaturas. De hecho, estas zonas son muy estudiadas en la actualidad debido a la fuente inagotable de seres microscópicos desconocidos que podemos hallar en ellas y su aplicación como fuente de recursos por sus particulares características ([Wankel, 2011](#)).



Figura 11. *Thermus aquaticus*. Foto: Diane Montpetit (Food Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada). Extraída de: http://www.ens-lyon.fr/RELIE/PCR/ressources/ecologie_evolution_mol/thermus_aquaticus/thermusaquaticus.htm.

Debido a la importancia de las zonas de subducción y de las dorsales oceánicas y llanuras abisales en materia de biología de recursos, hoy en día se destinan múltiples recursos científicos a investigar estas zonas y la flora y fauna que se halla en ellas. Precisamente por ser zonas de altas temperaturas y presiones, la biosfera que podemos encontrar es

rica y diversa y difiere mucho de la que podamos hallar en la corteza continental. De hecho el nombrado programa [IOPD](#), tiene actualmente varios programas dedicados exclusivamente a este fin como la expedición 391 (Walvis Ridge Hotspot).

4. Proyección didáctica

4.1. Justificación didáctica

En esta unidad didáctica se intentará desarrollar la teoría de tectónica de placas, desde un punto de vista integrador con otras materias como la biología y la química o la física. Se tratará de inculcar al alumno la importancia de conocer esta unidad didáctica básica para entender el medio que los rodea y el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

Para ello se utilizarán distintas metodologías de enseñanza, que promuevan una recepción significativa de los contenidos impartidos. Como eje principal se utilizará el aprendizaje basado en proyectos (ABP) teniendo como base el trabajo cooperativo y el aprendizaje contextualizado. Todo ello para promover un aprendizaje basado en la indagación.

Tradicionalmente, la teoría de la tectónica de placas se ha enseñado desde un punto de vista geológico de movimientos internos terrestres, citando las distintas teorías sobre este fenómeno a lo largo de la historia con una metodología tradicional. Aunque aquí se plantea seguir haciendo referencia al contexto histórico, se intentará enfocar desde el punto de importancia biológica y química que la tectónica de placas posee para el mecanismo interno de la Tierra. Aunar estos conceptos son claves, debido a la importancia que tiene el desarrollo de estos contenidos en el marco sociocultural actual. De hecho, este bloque educativo aparece representado en el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Debido al carácter técnico y lingüístico que requiere el contenido seleccionado, tradicionalmente se ha enseñado mediante clases magistrales, donde la participación del alumno es casi nula. Aquí se abordará un nuevo enfoque más motivador e incentivador del conocimiento científico, basado en el ABP de manera que sea el alumnado el que se interese por resolver problemas actuales que se le planteen de acuerdo a los contenidos abordados en la unidad didáctica. Se intentará aplicar el proceso investigador en el propio alumno de manera que sea el quien descubra, guiado por el profesor, una solución al tema que ocupa.

Por tanto la importancia de abordar los contenidos de esta unidad es clave en la alfabetización de los alumnos de 1º de Bachillerato. El conocimiento del entorno en el que se mueven, de la dinámica terrestre, de las conexiones internas de la naturaleza con la geología, biología y física es esencial para la alfabetización del alumnado. Estos contenidos, así como la asignatura de geología al completo, son básicos que todos los

alumnos deberían de conocer en profundidad, pues son la mejor herramienta para entender cualquier problema que pudiera darse en el futuro relacionado con recursos del planeta, cambio climático o cualquier otro aspecto geológico.

4.2. Legislación vigente

Durante el presente periodo lectivo correspondiente al curso 2020/2021, la legislación educativa esta fundamentada y enmarcada dentro de los preceptos y valores de la Constitución Española de 1978 y se asienta en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), (BOE de 4-05- 2006), modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).

La LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación), se estructura en un artículo único de modificación de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE). Esta ley orgánica se irá implantando en los siguientes cursos, bajo un período de implantación previsto.

Todos los elementos curriculares utilizados para el desarrollo y programación de esta unidad didáctica están desarrollados bajo la legislación:

-Legislación nacional:

- I. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (BOE 04-05-2006).
- II. Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. (BOE 10-12-2013).
- III. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (BOE 03-01-2015).
- IV. Corrección de errores del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE 01-05-2015).
- V. 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. (BOE 29-01-2015).

- Legislación autonómica:

- VI. Real Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA 28-06-2016). Dicho decreto ha sido modificado por el Decreto 183/2020, de 10 de noviembre.
- VII. Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se

establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado.

- VIII. Orden de 25 de enero de 2018, por la que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato para personas adultas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

4.3. Contextualización. Adscripción a etapa, ciclo y nivel educativo.

La unidad didáctica desarrollada se engloba dentro del curriculum para 1º Bachillerato, en la asignatura de Biología y Geología. Concretamente en el bloque de contenidos 7, “Estructura y Composición de la Tierra”, recogido en el Real Decreto 1105/2014.

4.3.1. Centro, entorno, alumnado y ciudad

El I.E.S. “Santísima Trinidad” de Baeza se localiza donde se emplazó la antigua Universidad fundada en 1538, un edificio renacentista del s.XVI.

Por orden del Papa Paulo III se crea una universidad que empieza a funcionar al principio solo como Colegio de Gramática. En el año 1595 la Universidad se traslada al actual edificio de la calle San Juan de Ávila. Bajo la dirección de rectores como Juan de Ávila adquirirá pronto momentos de esplendor. Durante los siglos XVII y XVIII tendrá momentos de esplendor y grandeza junto con las otras universidades de Andalucía: Sevilla, Granada y Osuna.

En la actualidad, tras dos ampliaciones sobre el edificio original de la antigua Universidad, una en los años setenta y otra en el dos mil, el Instituto de Enseñanza Secundaria intenta armonizar su legado histórico, su tradición académica, con las necesidades que le demanda la sociedad española actual. Es por ello por lo que su oferta educativa, además de la Secundaria Obligatoria y los Bachilleratos de Ciencias y Tecnología y el de Humanidades y Ciencias Sociales, se ha abierto a dos grandes campos: por un lado, la enseñanza Secundaria de Adultos, y por otro lado, a los Ciclos Formativos: uno de grado medio, “Conducción de actividades físico-deportivas en el medio natural”, y otro de grado superior, “Educación Infantil”.

Además, el Instituto se encuentra inmerso en diferentes Planes y Proyectos educativos, entre los que cabe destacar: el fomento del Plurilingüismo, la aplicación de las TICs a la práctica docente, Escuelas Deportivas, Lectura y Bibliotecas, Coeducación, Escuela Espacio de Paz, etc. Los idiomas son una de las prioridades en nuestro currículo. En la actualidad se realizan intercambios en francés con alumnado de Nyons (Drôme) e intercambios en inglés con alumnado de Wantage (Oxfordshire). Además de las instalaciones que todo Centro moderno necesita, como puedan ser las Aulas específicas de Tecnología, Informática, Plástica e Idiomas, pista polideportiva y gimnasio cubierto, el Instituto cuenta con unas dependencias propias de su dilatado historial académico como son: El Paraninfo, el Aula Magna, la Biblioteca, que contiene más de once mil

volúmenes, los Archivos, tanto de la antigua universidad como el del Instituto desde su creación, el Aula de Machado, visitada por miles de personas a lo largo del curso y el Museo de Ciencias Naturales, que data de principios del siglo XIX y en el que destaca su colección de fósiles y minerales junto con una nutrida exposición de especies animales disecadas.

Por todo lo anterior, el Instituto ha pertenecido al Programa Rutas de Patrimonio Educativo de Andalucía y pertenece, además, a la red española de Institutos Históricos y a la Red de Institutos Históricos Educativos de Andalucía, entre los que se considera de especial interés, tanto por la Consejería como por el Ministerio de Educación, la conservación, preservación y difusión de su patrimonio, documental, instrumental y bibliográfico. Su vitalidad y su funcionamiento simbolizan el espíritu del Renacimiento en la ciudad de Baeza, declarada por la Unesco, Patrimonio de la Humanidad.

El alumnado que asiste al mismo es de clase social media-alta, localizados en una ciudad donde su mayoría de actividad económica proviene de dos fuentes principales, el turismo y la elaiotecnia proveniente del olivo. El índice de absentismo escolar ronda el 4%, siendo el abandono escolar cerca a un 2%. La participación de las familias en la educación de sus hijos suele ser poco activa, a excepción de actividades extraescolares donde se suelen implicar, como la organización de unas olimpiadas culturales, que tradicionalmente se celebran en el centro y donde convergen familias y alumnado.

4.3.2. Aspectos psicológicos y pedagógicos del alumnado y la enseñanza. Contexto del aula.

Los alumnos del curso de 1º de Bachillerato son un total de 24, conformados por 43% de mujeres y 57% de varones. La edad actual que tienen (en torno a 17 años) promueve un dinamismo en la clase de mayor índole que los cursos anteriores. Aunque cursan estudios de manera voluntaria, no muestran preocupación por alcanzar los estudios superiores universitarios o de otra índole en dos años, y se centran más en sus problemas cotidianos y diarios que en su futuro académico. Muestran un grado de comprensión medio-alto, al menos en materia de asignaturas del ámbito científico y demuestran un interés activo por la materia. No tienen una cultura científica arraigada, por lo que los conocimientos previos que poseen de la materia se basan en ideas preconcebidas y poco argumentadas. En una prueba inicial realizada, el conocimiento adquirido que poseen sobre la unidad desarrollada aquí es medio, de manera que aunque han oído hablar de la tectónica de placas, no saben discernir bien los conceptos que la fundamentan.

4.4. Elementos curriculares

4.4.1. Competencias

Las competencias clave vienen definidas dentro 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 en el Boletín Oficial del Estado. A efectos de esta orden, las competencias clave del currículo son las siguientes:

- a) Comunicación lingüística (CCL).
- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).
- c) Competencia digital (CD).
- d) Aprender a aprender (CAA).
- e) Competencias sociales y cívicas (CSC).
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP).
- g) Conciencia y expresiones culturales (CEC).

Según la Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, la materia de Biología y Geología ha de contribuir a que el alumnado adquiera las competencias clave necesarias para el desarrollo personal que le capacite para acceder a estudios superiores y a la incorporación a la vida activa. Contribuye a la competencia en comunicación lingüística (CCL) aportando el conocimiento del lenguaje de la ciencia en general y de la Biología y Geología en particular, y ofreciendo un marco idóneo para el debate y la defensa de las propias ideas en campos como la ética científica. Refuerza la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT), ya que hay que definir magnitudes, relacionar variables, interpretar y representar gráficos, así como extraer conclusiones y poder expresarlas en el lenguaje simbólico de las matemáticas. Por otro lado, el avance de las ciencias en general, y de la Biología y Geología en particular, depende cada vez más del desarrollo de la biotecnología, desde el estudio de moléculas, técnicas de observación de células, seguimiento del metabolismo, hasta la implantación de genes, etc., lo que implica el desarrollo de esta competencia. La materia Biología y Geología contribuye al desarrollo de la competencia digital (CD) a través de la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para la búsqueda, selección, procesamiento y presentación de información como proceso básico vinculado al trabajo científico. Además, sirven de apoyo a las explicaciones y complementan la experimentación a través del uso de los laboratorios virtuales, simulaciones y otros, haciendo un uso crítico, creativo y seguro de los canales de comunicación y de las fuentes consultadas. La forma de construir el pensamiento científico lleva implícita la competencia de aprender a aprender (CAA) y la capacidad de regular el propio aprendizaje, ya que establece una secuencia de actividades dirigidas a la consecución de un objetivo, determina el método de trabajo, la distribución de tareas cuando sean compartidas y, finalmente, llega a un resultado más o menos concreto. Estimular la capacidad de aprender a aprender contribuye,

además, a la capacitación intelectual del alumnado para seguir aprendiendo a lo largo de la vida, facilitando así su integración en estudios posteriores. Por último, el desarrollo de las competencias sociales y cívicas (CSC) se obtiene a través del compromiso con la solución de problemas sociales, la defensa de los derechos humanos, el intercambio razonado y crítico de opiniones acerca de temas que atañen a la población y al medio, y manifestando actitudes solidarias ante situaciones de desigualdad social y ética, en temas de selección artificial, ingeniería genética, control de natalidad, trasplantes, etc. Asimismo, a partir del planteamiento de tareas vinculadas con el ámbito científico que impliquen el desarrollo de los procesos de experimentación y descubrimiento, se fomentará el sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP), así como mediante el uso de metodologías que propicien la participación activa del alumnado como sujeto de su propio aprendizaje. Y, por último, la cultura científica alcanzada a partir de los aprendizajes contenidos en esta materia fomentará la adquisición de la conciencia y expresiones culturales (CEC) y se hará extensible a otros ámbitos de conocimiento que se abordan en esta etapa.

4.4.2. Objetivos

4.4.2.1. Objetivos generales de etapa (OGE)

Conforme a lo dispuesto en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, el Bachillerato contribuirá a desarrollar en los alumnos y alumnas las capacidades que les permitan:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución Española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
- b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
- c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades y discriminaciones existentes, y en particular la violencia contra la mujer e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas por cualquier condición o circunstancia personal o social, con atención especial a las personas con discapacidad.
- d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana.
- f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.

- g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- h) Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- l) Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.
- m) Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social.
- n) Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.

Conforme a lo dispuesto en el Decreto 110/2016, de 14 de junio (por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía), además de los objetivos descritos en el apartado anterior, el Bachillerato en Andalucía contribuirá a desarrollar en el alumnado las capacidades que le permitan:

- a) Profundizar en el conocimiento y el aprecio de las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades.
- b) Profundizar en el conocimiento y el aprecio de los elementos específicos de la historia y la cultura andaluza, así como su medio físico y natural y otros hechos diferenciadores de nuestra Comunidad para que sea valorada y respetada como patrimonio propio y en el marco de la cultura española y universal.

4.4.2.2. Objetivos generales de materia (OGM)

Conforme a la Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, la enseñanza de la materia Biología y Geología en Bachillerato tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Conocer los conceptos, teorías y modelos más importantes y generales de la Biología y la Geología, de forma que permita tener una visión global del campo de conocimiento

que abordan y una posible explicación de los fenómenos naturales, aplicando estos conocimientos a situaciones reales y cotidianas.

2. Conocer los datos que se poseen del interior de la Tierra y elaborar con ellos una hipótesis explicativa sobre su composición, su proceso de formación y su dinámica.

3. Reconocer la coherencia que ofrece la teoría de la tectónica de placas y la visión globalizadora y unificadora que propone en la explicación de fenómenos como el desplazamiento de los continentes, la formación de cordilleras y rocas y el dinamismo interno del planeta, así como su contribución a la explicación de la distribución de los seres vivos.

4. Realizar una aproximación a los diversos modelos de organización de los seres vivos, tratando de comprender su estructura y funcionamiento como una posible respuesta a los problemas de supervivencia en un entorno determinado.

5. Entender el funcionamiento de los seres vivos como diferentes estrategias adaptativas al medio ambiente.

6. Comprender la visión explicativa que ofrece la teoría de la evolución a la diversidad de los seres vivos, integrando los acontecimientos puntuales de crisis que señala la geología, para llegar a la propuesta del equilibrio puntuado.

7. Integrar la dimensión social y tecnológica de la Biología y la Geología, comprendiendo las ventajas y problemas que su desarrollo plantea al medio natural, al ser humano y a la sociedad, para contribuir a la conservación y protección del patrimonio natural.

8. Utilizar con cierta autonomía destrezas de investigación, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, realizar experiencias, etc.), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.

9. Desarrollar actitudes que se asocian al trabajo científico, tales como la búsqueda de información, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas, el trabajo en equipo, la aplicación y difusión de los conocimientos, etc., con la ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación cuando sea necesario.

10. Conocer los principales centros de investigación de Andalucía y sus áreas de desarrollo, que permitan valorar la importancia de la investigación para la sociedad.

4.4.2.3. Objetivos específicos de la Unidad (OE)

Para establecer una unión entre los contenidos impartidos, los objetivos específicos de unidad, las competencias específicas y los criterios de evaluación, los contenidos impartidos vienen recogidos en la tabla 4.

4.5. Contenidos

4.5.1. Generales

Conforme a lo dispuesto en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, los contenidos de esta materia se secuencian en nueve bloques:

El primer bloque, Los seres vivos: composición y función.

El segundo bloque, La organización curricular.

El tercer bloque, Histología.

El cuarto bloque, La biodiversidad.

El quinto bloque, Las plantas: sus funciones, y adaptaciones al medio.

El sexto bloque, Los animales: sus funciones, y adaptaciones al medio.

El séptimo bloque, Estructura y composición de la Tierra.

El octavo bloque, Los procesos geológicos y petrogenéticos.

El noveno bloque, Historia de la Tierra.

4.5.2. Específicos de Unidad

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre y a la Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, la enseñanza de la materia Biología y Geología en Bachillerato tendrá los contenidos específicos contemplados en la tabla 4.

4.5.3. Transversales

Conforme a lo dispuesto en la Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, es importante destacar que los elementos transversales deben impregnar el currículo de esta materia, existiendo algunos que guardan una relación evidente con las estrategias metodológicas propias de la misma, como son las habilidades básicas para la comunicación interpersonal, la capacidad de escucha activa, la empatía, la racionalidad y el acuerdo a través del diálogo, y otros que son imprescindibles para el desarrollo de las actividades que se proponen, entre los que hay que destacar la utilización crítica y el autocontrol en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación y los medios audiovisuales, la prevención de las situaciones de riesgo derivadas de su utilización inadecuada, su aportación a la enseñanza, al aprendizaje y al trabajo del alumnado, y los procesos de transformación de la información en conocimiento. Esta unidad tiene la intención de implementar todos los elementos transversales anteriormente descritos, lo cuál fomentaría un espacio propio de autocrítica y desarrollo de capacidades de crítica ante informaciones externas. Además se implementará el nexo de unión con elementos

de otras materias como la Biología, Química o Física, que promuevan una mejor comprensión de los elementos problema en la enseñanza de la Tectónica de Placas.

<i>Contenidos Específicos</i>	Objetivos de la unidad (Objetivos específicos-OE)	Competencias clave	Metodología (actividad)	Criterios de Evaluación (CE)	Estándares de Aprendizaje (EA)
<i>Evolución de las Teorías de la Deriva Continental hasta la Tectónica de Placas</i>	OE3. Detallar y enumerar los distintos procesos que condicionan la estructura actual de la Tierra	3. CAA, CCL, CMCT	3.1. Ficha histórica	CE3. Conoce y enuncia los distintos procesos que condicionan la estructura actual de la Tierra	EA3.1. Detalla y enumera procesos que han dado lugar a la estructura actual del planeta
	OE4.1. Explicar los fundamentos de la deriva continental. OE4.2. Identificar las principales aportaciones de la deriva continental a la teoría de la Tectónica de Placas	4. CD, CCL, CMCT	4.1. Actividad práctica de paleontología 4.2. Escalera de metacognición. Partes y todo	CE4.1. Explica los fundamentos de la deriva continental. CE4.2. Identifica las principales aportaciones de la deriva continental a la teoría de la Tectónica de Placas	EA4.1. Indica las aportaciones más relevantes de la deriva continental, para el desarrollo de la teoría de la Tectónica de placas
	OE5.1. Reconocer y esquematizar los distintos tipos de bordes de placas OE5.2. Saber e identificar los mecanismos geológicos y biológicos asociados a los distintos tipos de bordes entre placas OE5.3. Reconocer la estructura del prisma de acreción y saber las implicaciones en el ciclo del carbono	5.1. CAA, CSC, CMCT 5.2.1. CMCT 5.2.2. CMCT, CCL, CAA, CD 5.2.3. CCL, SIEP, CSC 5.3.1. CD, CMCT, CAA 5.3.2. CCL, CAA, CMCT	5.1. Proyecto “Límite de Placas” 5.2.1. Práctica de laboratorio 1 5.2.2. Debate 5.2.3. Rap 5.3.1. Web-Quest 5.3.2. 3,2,1-Puente	CE5.1. Reconoce y esquematiza los distintos tipos de bordes de placas CE5.2. Sabe e identifica los mecanismos geológicos y biológicos asociados a los distintos tipos de bordes entre placas CE5.3. Reconoce la estructura del prisma de acreción y sabe las implicaciones en el ciclo del carbono	EA5.1. Identifica los tipos de bordes de placas explicando los fenómenos asociados a ellos

Tabla 4. Elementos específicos del currículum desarrollado en esta unidad didáctica.

4.6. Metodología

4.6.1. Principios metodológicos

Según el RD 1105/2014 del Gobierno de España y la orden 15 de enero de 2021 de la Junta de Andalucía, corresponde a los centros la autonomía de la metodología que se va a aplicar. Se decide antes del inicio del curso escolar y se aprueba por el Claustro. A continuación se especifican las actividades con las que se impartirán los contenidos de la materia, con el fin de alcanzar los objetivos, competencias y estándares de aprendizaje propuestos.

La metodología utilizada por el centro se basa en aprendizaje basado en proyectos y el trabajo cooperativo que preparen al alumno para problemas reales el día de mañana. Para el desarrollo de esta unidad se propone un aprendizaje IBL (Inquiry Based Learning) basado en un aprendizaje de investigación guiada, promoviendo al alumno a que razone críticamente ante problemas planteados propiamente por ellos, lo que llevará a una mejor comprensión de conceptos que podrá aplicar a lo largo de su vida. Nos valdremos de estrategias como los paisajes de aprendizaje donde utilizaremos distintas inteligencias múltiples para el desarrollo de la unidad didáctica.

En todas las sesiones se intentará que utilicen el aprendizaje por indagación, motivándolos ante un problema inicial, para el cuál deberán aplicar el método científico siguiendo principalmente 3 partes:

- 1- búsqueda de información sobre lo observado
- 2- teorizar acerca del fenómeno encontrado
- 3- intentar demostrarlo con hechos reales que observamos en la naturaleza y prácticas.

También fomentaremos el aprendizaje con la historia de la ciencia, utilizando recursos como la ficha histórica. Mediante la salida de campo intentaremos aunar conceptos de distintas materias (biología, química, física e historia) para proponer la solución al problema creado. El objetivo final será fomentar un aprendizaje contextualizado en el que el alumno adquiera una comprensión científica por ejemplos tangibles y de su entorno inmediato.

4.6.2. Desarrollo de las sesiones

El horario lectivo de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato consta de 4 horas semanales. Se programarán exactamente 5 sesiones y una salida al campo para el desarrollo de la unidad didáctica. Cada sesión constará de aproximadamente 55 minutos:

Sesión 1. Presentación de Alfred Wegener y la Deriva Continental.

Se le introducirá al alumno el tema a tratar mediante una ficha histórica (ver Anexo 1) y una serie de cuestiones recogidas en la ficha. El **objetivo** es crear un conflicto cognitivo

entre lo que creen saber y los hechos que se han hallado por los científicos, de manera que activen sus conocimientos y creen nuevos a partir de teorías sólidas demostradas. Se le explicará someramente las teorías iniciales que dieron paso a la teoría de la Deriva Continental de Wegener y se les agrupará en grupos de 5 personas para realizar la actividad “Saca el paleontólogo que hay en ti” (ver Anexo 2). Más tarde expondrán las conclusiones sobre las pruebas que encontró Wegener para explicar su teoría de la Deriva Continental, tras el trabajo de investigación que hayan realizado. El profesor le explicará someramente la Teoría de la Deriva Continental de Wegener.

Competencias trabajadas: CAA, CMCT, CCL y CD

Actividad	Material	Tipo de trabajo	Duración	Competencias
Ficha Histórica	Ficha histórica	Equipos de 5	20 min	CAA, CCL, CMCT
Saca el paleontólogo que hay en ti	Ficha con actividad y Ordenador	Equipos de 5	30 min	CD, CCL, CMCT

Sesión 2. Ciclo de Wilson. Tipos de límites de las placas litosféricas.

Se le explicará al alumno el ciclo de Wilson, para lo que se invertirán cerca de unos 35 minutos. Una vez hecho, utilizaremos el siguiente recurso, para explicar los límites de las placas litosféricas (5 minutos):

<https://www.youtube.com/watch?v=2OLvJ6ALKic>

Tras ver el video, se les indicará que hagan un proyecto esquema o maqueta “en movimiento” sobre una de los 3 límites entre placas que hay. El **objetivo** de la sesión será fomentar el trabajo de investigación, aplicando la lógica y construyendo un conocimiento desde la investigación. Ese proyecto será evaluado y dispondrán de una semana para entregarlo. Cada grupo expondrá el suyo delante de la clase. El proyecto tendrá que estar construido mediante el uso de material para reciclar (Anexo 3). Esta sesión se valdrá de la metodología “Partes y todo, donde se analizarán semejanzas y diferencias entre la teoría de la deriva continental y la tectónica de placas.

Competencias trabajadas: CAA, CMCT, CSC, CD

Actividad	Material	Tipo de trabajo	Duración	Competencias
Proyecto Límite de Placa	Plástico	Equipos de 5	15 min	CAA, CSC, CMCT

Sesión 3. Subduction Factory. Origen de los movimientos entre placas.

La sesión se realizará en el laboratorio del centro. El profesor montará previamente el tanque simulador de una zona de subducción y los alumnos deberán recoger las observaciones y notas que precisen. Después se pondrán en común y el profesor aprovechará para explicar las fuerzas y características principales de una zona de subducción (Anexo 4). El **objetivo** será fomentar el descubrimiento como lógica de esta disciplina, de manera que el profesor guíe a la clase y dirija la investigación para llegar a buscar nuestras propias respuestas.

Tras realizar la práctica, el profesor iniciará un debate sobre cuáles son las posibles causas del movimiento de las placas. Instará a que los alumnos busquen en la web posibles explicaciones, que tendrán que exponer más tarde en común para toda la clase. Se utilizará la estrategia de inteligencias múltiples, para desarrollar la inteligencia lingüístico-verbal y musical, pues se les pedirá a los alumnos que realicen un rap con las conclusiones sobre el origen de los movimientos entre placas.

Competencias trabajadas: CAA, CMCT, CCL, CD, SIEP, CSC

Actividad	Material	Tipo de trabajo	Duración	Competencias
Práctica 1	Tanque	Individual	30 min	CMCT
Debate		Grupos de 10 personas	25 min	CMCT, CCL, CAA, CD
Rap		Grupos de 10 personas	5 min	CCL, SIEP, CSC

Sesión 4. Zonas de subducción. Prisma de acreción-ciclo del carbono.

En esta sesión se incitará a acabar el rap preparado sobre el origen de los movimientos y se les iniciará en el tema del prisma de acreción y el ciclo del carbono con el siguiente recurso: Web-Quest (WQ) (Anexo 5). El **objetivo** vuelve a ser la investigación, con la enseñanza mediante resolución guiada de problemas que bajo la guía del profesor construya el conocimiento en el alumno mediante la investigación.

En esta actividad serán los alumnos los que investiguen sobre el prisma de acreción de acuerdo a los siguientes puntos principales:

1. Importancia de los prismas de acreción.
2. Regulación del ciclo del carbono.
3. Historia de la Tierra. Importancia del reciclaje para la dinámica interna terrestre.

Competencias trabajadas: CAA, CMCT, CCL, CD, SIEP, CSC

Actividad	Material	Tipo de trabajo	Duración	Competencias
Rap		Grupo de 10 personas	15 min	CCL, SIEP, CSC
WQ	Ordenador	Individual/grupal	40 min	CD, CMCT, CAA

Sesión 5. Materia oscura microbiana.

El docente hará una pequeña exposición del tema, de la importancia que el prisma de acreción tiene en la dinámica interna de la Tierra y del tipo de biosfera que se puede encontrar en las zonas de subducción. El **objetivo** será que activen sus conocimientos y construyan nuevos mediante la investigación de un tema donde los conocimientos previos y la lógica de la disciplina nos planteen un conflicto. Aquí comenzaremos con la metodología 3,2,1- Puente. Individualmente los alumnos escribirán 3 ideas, 2 preguntas, 1 metáfora o imagen. Pasaremos a la lectura de la noticia: <https://unamglobal.unam.mx/la-vida-en-la-tierra-profunda-identifican-ecosistema-subteraneo/>

De nuevo, individualmente repetiremos el 3,2,1 con la nueva información. Después de compartirá por parejas los cambios producidos a partir de los conocimientos previos.

Competencias trabajadas: CCL, CAA, CMCT

Actividad	Material	Tipo de trabajo	Duración	Competencias
3,2,1 puente		Individual/Parejas	55 min	CCL, CAA, CMCT

En todas las sesiones se relacionarán los conceptos impartidos con otras materias como física, química y biología.

Sesión 6. Salida de campo. Visita al pasado.

Tras todas las sesiones, el docente organizará una salida de campo, donde el alumno podrá apreciar *in situ* todos los contenidos expuestos en la unidad. Esta actividad está

programada para intentar en la misma jornada, aunar conceptos con otras asignaturas, como puede ser historia (se verán zonas de distintas edades) e incluso matemáticas (podrán apreciarse distintas fallas, donde se podrán calcular los momentos angulares y fuerzas de la falla). El **objetivo** de esta sesión por tanto es trabajar un aprendizaje basado en proyectos. Al alumno previamente se le incitará con un problema previo: La necesidad de localizar el aterrizaje de una nave que viaja al pasado en la localización que le hemos preparado. Los alumnos tendrán que localizar el mejor sitio para un hipotético viaje que vamos a realizar desde el presente al Triásico. Para ello tendrán que estudiar la zona desde un punto de vista geoclimático y paleontológico para sacar conclusiones que serán expuestas a votación popular. Deben tener en cuenta si la zona estaba inundada o no, mediante las pruebas geológicas que podemos encontrar. El profesor evaluará los mejores sitios de aterrizaje. Se intentará integrar conocimientos de otras materias como química, física, matemáticas e historia proponiendo diversas actividades a lo largo de la jornada.

Competencias trabajadas: CCL, CAA, CMCT

Actividad	Material	Tipo de trabajo	Duración	Competencias
Salida de campo	Cuadernillo	Individual	Una jornada completa	CCL, CAA, CMCT

4.6.3. Cronología

Esta unidad didáctica, se incluye dentro del Bloque 7, programado para la semana del 10-14 de mayo de 2021. Inicialmente se seguirá el orden de bloques del curriculum, para poder facilitar a los alumnos conceptos de física y química, que ya se habrán impartido con anterioridad en estas fechas. Además una de las actividades es una salida de campo (Anexo 6), por lo que el cronograma es ideal para realizarla en este mes. Se impartirá justo al finalizar la unidad 21, denominada “Estructura del interior Terrestre” donde se detallan las distintas capas que se pueden diferenciar de acuerdo a su composición y en función de su mecánica. En esta unidad ya han aprendido las distintas capas de la Tierra y los terremotos.

4.7. Evaluación

4.7.1. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación generales especificados en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014 y en la Orden de 15 de enero de 2021 de la Junta de Andalucía, son:

3. Precisar los distintos procesos que condicionan su estructura actual (Tierra).

4. Comprender la teoría de la deriva continental de Wegener y su relevancia para el desarrollo de la teoría de la Tectónica de placas.

5. Clasificar los bordes de placas litosféricas, señalando los procesos que ocurren entre ellos.

Estos criterios generales de evaluación son subdivididos como muestra la tabla 3.

4.7.2. Criterios de calificación

De acuerdo al artículo 25 del Real Decreto 1105/2014 y la Orden de 15 de enero de 2021 de la Junta de Andalucía, la evaluación continua llevada a cabo durante el curso regirá una prueba escrita a la finalización de cada bloque de la asignatura. La calificación final será la media de todas las evaluaciones continuas y la media de las rúbricas de las actividades desarrolladas y calificables, previo aviso al alumno por parte del docente (tabla 4). Estos criterios son expuestos y aprobados por el Departamento e incluidos en el Proyecto del Centro I.E.S. Santísima Trinidad.

Los resultados de la evaluación de cada materia se extenderán en la correspondiente acta de evaluación, en el expediente y en el historial académico del alumno o alumna, y se expresarán mediante una calificación numérica, en una escala de uno a diez, sin emplear decimales, que irá acompañada de los siguientes términos: Insuficiente (IN), Suficiente (SU), Bien (BI), Notable (NT), Sobresaliente (SB), aplicándose las siguientes correspondencias: Insuficiente: 1, 2, 3 o 4. Suficiente: 5. Bien: 6. Notable: 7 u 8. Sobresaliente: 9 o 10. Se considerarán calificación negativa los resultados inferiores a 5. Cuando un alumno o alumna no se presente a la evaluación extraordinaria de alguna materia, en el acta de evaluación se consignará No Presentado (NP). La situación No Presentado (NP) equivaldrá a la calificación numérica mínima establecida para cada etapa, salvo que exista una calificación numérica obtenida para la misma materia en prueba ordinaria, en cuyo caso se tendrá en cuenta dicha calificación. Los criterios de evaluación que se calificarán específicos de la unidad vienen desarrollados en la tabla 3.

4.7.3. Estándares de aprendizaje

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre y a la Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, la enseñanza de la materia Biología y Geología en Bachillerato tendrá los estándares de aprendizaje contemplados en la tabla 3.

4.7.4. Instrumentos de calificación

Para calificar la actividad y aprendizaje de los alumnos, el docente se valdrá de herramientas como las rúbricas para evaluar el aprendizaje de los alumnos. Para evaluar cada actividad, el profesor deberá evaluar el trabajo desempeñado por el alumno en el

cuaderno de actividades, así como su actitud y predisposición en el desarrollo de las sesiones. De acuerdo a ello se seguirá la siguiente rúbrica para esta unidad didáctica:

ITEM	Grado de consecución (GC) máximo (9-10)	GC Alto (7-8)	GC suficiente (5-6)	GC inadecuado (0-4)	Puntuación (0-10)
Ficha Histórica	Siempre contribuye con interés e información relevante	En su mayoría muestra interés y aporta información relevante	A veces muestra interés y aporta información relevante	Nunca muestra interés y aporta información relevante	
“Saca el paleontólogo que hay en ti”	Siempre sigue las instrucciones y realiza las actividades de forma eficaz	En su mayoría, sigue las instrucciones y realiza las actividades de forma eficaz	A veces sigue las instrucciones y realiza esfuerzo por completar las actividades de forma eficaz	Siempre sigue las instrucciones y realiza las actividades de forma eficaz	
Proyecto Límite entre placas	Reconoce en su totalidad la estructura y sabe representarla	Reconoce en su mayoría la estructura y sabe representarla	Reconoce parcialmente la estructura y se esfuerza por representarla	No reconoce la estructura y no muestra esfuerzo por representarla	
Práctica 1	Comprende en su totalidad el mecanismo de las zonas de subducción y los procesos acontecidos en él	Comprende en su mayoría el mecanismo de las zonas de subducción y los procesos acontecidos en él	Comprende parcialmente el mecanismo de las zonas de subducción y los procesos acontecidos en él	No comprende el mecanismo de las zonas de subducción, ni los procesos acontecidos en él	

Debate	Participa activamente y lanza ideas argumentadas con el tema	Participa la mayoría de veces y lanza ideas argumentadas con el tema	Participa a veces e intenta proponer ideas argumentadas relativamente con el tema	No participa ni expone ninguna idea sobre el tema	
Rap	Es muy activo a la hora de lanzar ideas y componer el tema	Es activo a la hora de lanzar ideas y componer el tema	Es poco activo a la hora de lanzar ideas y componer el tema	No es nada activo a la hora de lanzar ideas y componer el tema	
WQ	Se muestra interesado en todo momento y realiza las tareas de búsqueda aplicando el sentido científico	Se muestra interesado la mayoría de las veces y realiza las tareas de búsqueda aplicando el sentido científico	Se algo interesado en realizar las tareas de búsqueda aplicando el sentido científico	No muestra ningún interés en realizar las tareas, ni aplicar el sentido científico a la búsqueda	
Salida de campo	Muestra interés y participa activamente en todas las actividades programas. Además completa las actividades del cuadernillo con	Muestra interés y participa la mayoría de veces en todas las actividades programas. Además completa las actividades del cuadernillo con conocimientos	Muestra algo interés y participa suficientemente en todas las actividades programas. Además intenta completar las actividades	No muestra interés ni participa en las actividades programas. Además no muestra esfuerzo por intentar completar las actividades del cuadernillo.	

	conocimientos amplios del tema.	suficientes del tema.	del cuadernillo.		
--	---------------------------------	-----------------------	------------------	--	--

Tabla 4. Rúbrica de las actividades evaluables por el docente.

4.7.5. Recuperación

De acuerdo a lo dispuesto en la programación departamental del centro, los alumnos con menos de un 45% de puntuación en la prueba de evaluación continua de este bloque tendrán que recuperarla en las siguientes pruebas de recuperación. Aquellos que alcancen el 45% en estas partes pero no lleguen al 50% de la evaluación final, tendrán que recuperar las partes con calificación menor al 50%.

La prueba de evaluación de recuperación se fechará tras la finalización del temario docente, y antes de la evaluación final del centro. El departamento será el encargado de poner las fechas de las evaluaciones de recuperación, bajo supervisión del Consejo Escolar.

El cuerpo docente proveerá a los alumnos que tengan que valerse de la recuperación con material de apoyo sobre los Bloques de contenidos no superados y clases de refuerzo necesarias o tutorías a aquellos alumnos que lo soliciten.

4.7.6. Proceso de autoevaluación

Al alumno se le facilitará un formulario de autoevaluación al inicio y a la finalización de cada bloque, mediante la aplicación de Google forms. Este instrumento sólo y únicamente servirá al docente para tener una aproximación de los problemas de aprendizaje que puedan surgir en cada bloque y ver la evolución de los alumnos a medida que se avanza en la asignatura. Como ejemplo, de la parte de la unidad que se contempla aquí, se ha realizado una autoevaluación de la Tectónica de Placas en la siguiente dirección:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdq5rO9Um9ZIkRQ1oGzUnFrX71Rx4U8rqvdV6YbqSmampsgnA/viewform?usp=sf_link

Mediante esta herramienta el docente podrá autoevaluar el sistema y metodología aplicada para el aprendizaje de esta unidad y valorar elementos de mejora que pueda incluir en el siguiente curso.

5. Elementos curriculares complementarios.

5.1. Medidas para atender al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo (ANEAE).

Por la Orden de 25 de julio de 2008, por la que se regula la atención a la diversidad del alumnado que cursa la educación básica en los centros docentes públicos de Andalucía, se recogen las siguientes medidas:

1. La evaluación del alumnado con necesidad específica de apoyo educativo que curse las enseñanzas correspondientes a Bachillerato se registrará por el principio de inclusión y asegurará su no discriminación, así como la igualdad efectiva en el acceso y la permanencia en el sistema educativo, para lo cual se tomarán las medidas de atención

a la diversidad contempladas en esta orden y en el resto de la normativa que resulte de aplicación.

2. En función de lo establecido en el artículo 16.4 del Decreto 110/2016, de 14 de junio, se establecerán las medidas más adecuadas, tanto de acceso como de adaptación de las condiciones de realización de las evaluaciones, para que las mismas se apliquen al alumnado con necesidad específica de apoyo educativo, conforme a lo recogido en su correspondiente informe de evaluación psicopedagógica. Estas adaptaciones en ningún caso se tendrán en cuenta para minorar las calificaciones obtenidas.

Por tanto, todas las actividades calificables e instrumentos de evaluación se adaptarán a las necesidades especiales del alumnado para promover la consecución de los objetivos específicos y estándares de aprendizaje del alumnado.

Medidas preventivas: Permiten evitar o detectar tempranamente dificultades de aprendizaje en los alumnos, fundamentalmente con alumnos que presentan dificultades de aprendizaje generales (problemas de expresión y comprensión verbal, problemas de cálculo numérico, problemas de ortografía y caligrafía, etc.). En este sentido, se obtendrán datos (aptitudes e inteligencia general, etc.) del Equipo de Orientación Educativa del centro una actividad evaluadora de estas aptitudes. Esta evaluación facilitará el conocimiento de varias facetas del alumnado:

- Aptitudes generales.
- Hábitos de estudio.
- Motivación profesional.

Medidas de apoyo ordinario: Una vez detectada la necesidad educativa que ha presentado algún/a alumno/a en concreto, el profesorado (junto con el tutor/a y el orientador/a) organizará actividades de recuperación y refuerzo (para aquellos alumnos que muestren dificultades para alcanzar los objetivos educativos) y actividades de ampliación o desarrollo (para aquellos alumnos que necesiten actividades de enriquecimiento, para desarrollar al máximo sus capacidades).

Siempre que sea necesario el profesorado procederá a realizar (en coordinación con el departamento de Orientación) las adaptaciones curriculares que sean precisas, con objeto de conseguir que aquellos alumnos y alumnas que, manifestando interés en el aprendizaje, no consiguen los objetivos previstos en la programación, alcancen no obstante las capacidades básicas previstas en la etapa.

6. Innovación

En esta unidad didáctica el docente intentará implementar una educación en valores mediante el desarrollo de actividades como “Saca el paleontólogo que hay en ti”, donde se trata de fomentar el espíritu emprendedor y de consecución de objetivos. A parte de promover una actitud proactiva, intentar buscar soluciones a problemas actuales mediante la búsqueda y filtración de información de fuentes fiables vs. no fiables en la web.

Con las distintas actividades planteadas se persigue fomentar una actitud crítica y una posición científica ante las observaciones que podemos hacer en nuestro mundo, de

manera que el alumno se plantee preguntas que antes no se hacía y que posea herramientas para poder hallar soluciones a esas preguntas. En un mundo donde las TIC inundan la educación, aprender su manejo y discernir la información veraz de la dudosa es clave para moverse en investigación. En la actividad del WQ se persigue ese objetivo principalmente. Además el WQ fomenta una actitud proactiva a la hora de emprender algo con una idea. Es una herramienta, que bajo un buen uso, dota al alumno de juicio frente a posibles ideas de emprendimiento que posea. Manipular la información encontrada de manera que pueda ser utilizada con un fin científico de conocimiento y emprendimiento es una de las opciones que otorga la utilización de una herramienta pedagógica como el WQ.

Con el proyecto de ciencias de los límites entre placas se trata de fomentar una actitud de trabajo en equipo donde se puedan desarrollar competencias como la lingüística o la social y dónde se planteen verdaderamente un trabajo científico que conste principalmente de los mismos pasos que se dan en el ámbito de la investigación: búsqueda de información, integrar esa información en un modelo teórico y practicar las teorías halladas mediante experimentos.

Además, con la práctica sobre la zona de subducción, se pretende que integren la idea de fabricar o hacer modelos a baja escala que puedan explicar hecho que observamos a grande escala. Esta manera de utilizar los conocimientos es la base del método científico, con estas actividades se pretende integrar estas bases en el alumnado.

Por tanto, a parte de fomentar las competencias clave se trata de intentar que el alumno abra sus ideas preconcebidas en temas científicos y se guíe de manera autónoma en la búsqueda de la información veraz, como un científico hace hoy en día, mediante todos los medios de última tecnología de los que estamos rodeados, pero atendiendo a que eso requiere un desarrollo del sentido crítico que le permita discernir entre información real y veraz y falacias sin lógica ni fundamento.

7. Bibliografía

Aloisi, G., et al. (2006), Nucleation of calcium carbonate on bacterial nanoglobules, *Geology*, 34(12), 1,017–1,020, <https://doi.org/10.1130/G22986A.1>.

Argand, E. (1924). La tectonique de l'Asie. Extrait du Compte-rendu du XIIIe Congrès Géologique International 1922. *Liège: Imprimerie Vaillant-Carmann*. 1,171–372.

Barry, P. H., et al. (2019a), Forearc carbon sink reduces long-term volatile recycling into the mantle, *Nature*, 568(7753), 487–492, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1131-5>.

Barry, P. H., et al. (2019b), Helium, inorganic and organic carbon isotopes of fluids and gases across the Costa Rica convergent margin, *Sci. Data*, 6, 284, <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0302-4>.

Bercovici, D., Tackley, P.J., Ricard, Y. (2015). 7.07 - The Generation of Plate Tectonics from Mantle Dynamics. *Treatise on Geophysics (Second Edition)*, Elsevier, 271-318, ISBN 9780444538031. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53802-4.00135-4>.

Carenas Fernandez Maria Beatriz, Giner Robles, Jorge Luis, Gonzalez Yelamos, Javier, Pozo Rodríguez, Manuel.(2018). Biología y geología. *Ediciones Paraninfo, S.A.*

- Chen, L., Wang, X., Liang, X., Wan, B. et Liu, L. (2020). Subduction tectonics vs. Plume tectonics—Discussion on driving forces for plate motion. *Science china earth sciences*, 63(3), 315-328. doi:10.1007/s11430-019-9538-2.
- Choubert, B. (1935). Recherches sur la genèse des chaînes paléozoïques et antécambriennes. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique* 8, 5–50.
- Colman, D. R., Lindsay, M. R. et Boyd, E. S. (2019). Mixing of meteoric and geothermal fluids supports hyperdiverse chemosynthetic hydrothermal communities. *Nature communications*, 10(1). doi:10.1038/s41467-019-08499-1.
- Deville, E., Mascle, A., Callec, Y., Huyghe, P., Lallemand, S., Lerat, O. et Granjeon, D. (2015). Tectonics and sedimentation interactions in the east Caribbean subduction zone: An overview from the Orinoco delta and the Barbados accretionary prism. *Marine and petroleum geology*, 64, 76-103. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2014.12.015.
- Fernandez, C.; Alfaro, P.; Gutiérrez Alonso, G.; Alonso Chaves, F. M. (2019). ¿Qué mueve las placas tectónicas? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2019 (27.3) ISSN (edición impresa): 1132-9157 - (edición electrónica): 2385-3484 – Pags. 238-245.
- Fundación española para la ciencia y la tecnología. (2015): VII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia. Madrid. *FECYT*.
- Hess, H. H. (1962). History of ocean basins. In *Petrologic Studies: A Volume in Honor of A. F. Buddington* (eds A. E. J. Engel, H. L. James & B. F. Leonard). *New York: Geological Society of America*. pp. 599–620.
- Holmes, A. (1944). *Principles of Physical Geology*. London, Edinburgh, Paris, Melbourne, Toronto, *New York: Thomas Nelson and Sons Ltd.*, 532 pp.
- International Ocean Discovery Program. <https://iodp.tamu.edu/>. Acceso: 15/6/2021.
- Kasting, J. F., Catling, D. (2003). Evolution of a Habitable Planet. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 41:429-463. <https://doi.org/10.1146/annurev.astro.41.071601.170049>.
- Korenaga, J. (2020). Plate tectonics and surface environment: Role of the oceanic upper mantle. *Earth-science reviews*, 205, 103185. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103185.
- Lilienthal, T. C. (1756). Die gute Sache der in der heiligen Schrift alten und neuen Testaments enthaltenen Göttlichen Offenbarung, wider die Feinde derselbenerwiesen und gerettet. *Königsberg: JohannHeinrich Hartung*, 7, 588 pp.
- López Moratalla, N., (2008). *Biología y Geología 1º Bachillerato*. *Editex*.
- Lyell, C. (1830–1833). *Principles of Geology, being an At-tempt to Explain the Former Changes of the Earth's Sur-face, by Reference to causes now in Operation*. Volumes 1–3. *London: John Murray*.
- Madrid Rangel, M.A., Castillo de la Torre, A. (2008). *Biología y geología 1º bachillerato*. *Santillana Educación, S.L.* ISBN: 8429409777, 9788429409772.
- Mason, R.G. & Raff, A. D. (1961). A magnetic survey off the west coast of North America, 32°N to 42°N. *Geological Society of America Bulletin*. 72, 1259–1265.

- Materia oscura microbiana (2019). *Revista Investigación y Ciencia*. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-primer-mapa-3d-de-la-va-lctea-761/materia-oscura-microbiana-17221>. Acceso: 15/6/2021.
- Meinhold, G. et Celâl Şengör, A. M. (2019). A historical account of how continental drift and plate tectonics provided the framework for our current understanding of palaeogeography. *Geological magazine*, 156(2), 182-207. doi:10.1017/s0016756818000043
- Molengraaf, G. A. F. (1916). The coral reef problem and isostasy. Proceedings of the Koninklijke Nederlandsche. *Akademie van Wetenschappen Amsterdam* 19, 610–27.
- Molengraaf, G. A. F. (1928). Wegener's continental drift. In Theory of Continental Drift: Symposium on the Origin and Movement of Land Masses both Inter-Continental and Intra-Continental, as Proposed by Alfred Wegener (eds W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht, B. Willis, R. T. Chamberlin, J. Joly, G. A. F. Molengraaff, J. W. Gregory, A. Wegener, C. Schuchert, C. R. Longwell, F. B. Taylor, W. Bowie, D. White, J. T. Singewald Jr. & E. W. Berry). *American Association of Petroleum Geologists*, Special Publication. pp. 90–2.
- Mullis, K. (1987). Specific Synthesis of DNA in vitro via a Polymerase-Catalyzed Chain Reaction, *Methods Enzymol.*, 155, 335–350.
- Ortelius, A. (1596). Thesaurus Geographicus, recognitus et auctus. In quo omnium totius terræ regionum, montium, promontiorum, collium, siluarum, desertorum, insularum, portuum, populorum, urbium, oppidorum, pagorum, fanorum, tribuum: Item oceani marium, fretorum, fluuiorum, torrentium, sinuum, fontium, lacuum, paludumque nomina & appellationes veteres; additismagna ex parte etiam recentioribus. Antwerp: Officina Plantiniana.
- Owen, R. (1857). Key to the Geology of the Globe: An Essay, designed to show that the Present Geographical, Hydrographical, and Geological Structures, observed on the Earth's Crust, were the Result of Forces Acting According to Fixed, Demonstrable Laws, Analogous to those Governing the Development of Organic Bodies. Boston: *Gould and Lincoln*, 256 pp.
- Pedrinaci, E. (2014). La Geología en la Educación Secundaria: Situación Actual y Perspectivas. *Revista de la sociedad española de mineralogía*. Macla 14. 32-37.
- Pedrinaci, E. (2016). Qué debe saber todo ciudadano acerca del planeta en que habita. *Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 83.7-12.
- Pujadas Ferrer, J. (2019). Cartas de los lectores: Las leyes de Lyell y la geología actual. *Revista Investigación y Ciencia*. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-primer-mapa-3d-de-la-va-lctea-761/cartas-de-los-lectores-las-leyes-de-lyell-y-la-geologia-actual-17218>.
- Ramírez, N., Serrano, J.A., Sandoval, H. (2006). Extremophile microorganisms. Halophile actinomycetes in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 37, 3, 56-71.
- Sánchez-Gomez, M. (2019). Cartas de los lectores: Las leyes de Lyell y la geología actual. *Revista Investigación y Ciencia*. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-primer-mapa-3d-de-la-va-lctea-761/cartas-de-los-lectores-las-leyes-de-lyell-y-la-geologia-actual-17218>.

3d-de-la-va-lctea-761/cartas-de-los-lectores-las-leyes-de-lyell-y-la-geologa-actual-17218.

Schubert, G., Turcotte, D.L., Olson, P. (2001). Mantle convection in the Earth and planets. *Cambridge University Press*. ISBN 0521798361, 9780521798365.

Schwinner, R. (1920). Vulkanismus und Gebirgsbildung. Ein Versuch. *Zeitschrift für Vulkanologie* 5, 175–230.

Schwinner, R. (1941). Der Begriff der Konvektionsströmung in der Mechanik der Erde. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* 58, 119–58.

Silgado Herrero, A., Tardón Díaz, A., (2010). Biología y Geología. Otras menciones: Olmedo González, Juan Antonio (Coord. Ed.). *Ministerio de Educación*.

Snider, A. (1859). La Création et ses mystères dévoilés. *Paris: A. Franck and E. Dentu*, 487 pp.

Sommer, S., Pfannkuche O., Rickert D., Kähler A. (2002) Ecological implications of surficial marine gas hydrates for the associated small-sized benthic biota at the Hydrate Ridge (Cascadia Convergent Margin, NE Pacific). *Marine ecology progress series* 243: 25–38.

Suess, E. (1893). Are great ocean depths permanent? *Natural Science*. 2, 180–7.

Tatsumi, Y., Kogiso, T. (2003). The subduction factory: its role in the evolution of the Earth's crust and mantle. *Geological Society, London, Special Publications*, 219, 55-80. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.219.01.03>.

Tatsumi, Y. (2005). The subduction factory: How it operates in the evolving Earth. *GSA Today*: v. 15, no. 7, doi: 10.1130/1052-5173(2005)0152.0.CO;2.

Van Norden, W. (2002). Problems in Geology Education: Our High Schools are the Weakest. *PALAIOS*. 17 (1): 1–2. [https://doi.org/10.1669/0883-1351\(2002\)017<0001:PIGEOH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1669/0883-1351(2002)017<0001:PIGEOH>2.0.CO;2).

Vine, F.J. & Matthews, D. H. (1963). Magnetic anomalies over ocean ridges. *Nature*. 199, 947–9.

Von Huene, R. et Scholl, D. W. (1991). Observations at convergent margins concerning sediment subduction, subduction erosion, and the growth of continental crust. *Reviews of geophysics*, 29(3), 279. doi:10.1029/91rg00969.

Wankel SD. (2011). Influence of substrate biosphere on geochemical fluxes from diffuse hydrothermal fluids. *Nature Geoscience*. 4: 461-468.

Wegener, A. (1912a). Die Entstehung der Kontinente. *Geo-logische Rundschau*. 3, 276–92.

Wegener, A. (1912b). Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 58, 185–95, 253–6, 305–9.

Wegener, A. (1915). Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 1st edition. *Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn*, 94 pp.

Wegener, A. (1920). Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 2nd edition. *Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn*, 135 pp.

Wegener, A. (1929). Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 4th edition. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn, 231 pp.

Wicander, R., Monroe, J.S., Pozo Rodríguez, M. (2008). Geología. Dinámica y evolución de la tierra. Editorial Paraninfo, S.A.

Wilson, J. T. (1965). A new class of faults and their bearing on continental drift. *Nature* 207, 343–7.

Wilson, J.T. (1968). Static or mobile Earth: the current scientific revolution. Proceedings of the American Philosophical Society, 112, 309–320. <https://www.jstor.org/stable/986051>.

Wilson, R. W., Houseman, G. A., Buitter, S. J. H., Mccaffrey, K. J. W. et Doré, A. G.. (2019). Fifty years of the Wilson Cycle concept in plate tectonics: an overview. *Geological society, london, special publications*, 470(1), 1-17. doi:10.1144/sp470-2019-58

Wikipedia. Placas tectónicas actuales. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plates_tect2_en.svg. Acceso: 25.5.2021

8. Anexos

8.1. Anexo 1: Ficha Histórica

FICHA HISTÓRICA

Alfred Wegener

Biografía (1880-1930)

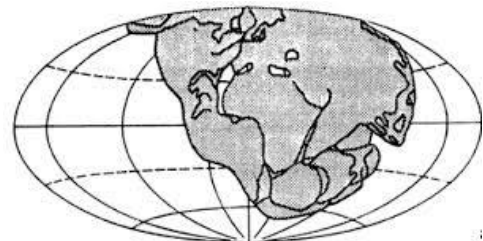
Alfred Lothar Wegener fue un meteorólogo y geofísico alemán, uno de los grandes padres de la geología moderna al proponer la teoría de la deriva continental. Se doctoró en Astronomía por la Universidad de Berlín, pero centró su campo de estudio en la geofísica, la meteorología y la geología.

Siendo profesor de Meteorología en la Universidad de Graz de 1924 a 1930, renovó la idea de que todos los continentes estuvieran en un momento dado unidos en una gran área de tierra que él llamó Pangea. Su teoría de la deriva parecía más aparente que la de puentes terrestres que conectaban todos los continentes.

Propuso un mecanismo para la deriva continental que centró en su afirmación que la rotación de la tierra originó una fuerza centrífuga hacia el ecuador. Pensaba que Pangea se originó cerca del Polo Sur y que la fuerza centrífuga del planeta originó que el Protocontinente se rompiera y los continentes resultantes vayan a la deriva hacia el ecuador. Sus teorías, descritas en *El origen de los continentes y de los océanos* (1915), no fueron corroboradas por los científicos hasta el año 1960, cuando la investigación oceanográfica descubrió el fenómeno conocido como expansión del fondo del mar.



Alfred Wegener



Sabías que...

Récord

En 1906, junto a su hermano, Kurt Wegener, también científico, establecieron un récord de duración de vuelo en globo, al permanecer en el aire durante 52 horas.

Actividades:

1. Alfred Wegener propuso la teoría de la Deriva Continental pero, ¿fue aceptada su teoría desde el primer momento? ¿Eran correctas todas sus asunciones? ¿Por qué?
2. ¿Cómo explicarías tú el concepto de deriva continental? Haz un esquema y explícalo.
3. Qué crees que es más importante, ¿aceptar las teorías propuestas anteriormente por científicos reconocidos o intentar explicar con teorías científicas propias, observaciones de la naturaleza? Explica porqué.

Referencias:

1. Wikipedia. Alfred Wegener. Acceso: 24 Feb 2021 desde: https://es.wikipedia.org/wiki/Alfred_Wegener.
2. Hallam, A. (1975). Alfred Wegener and the Hypothesis of Continental Drift. *Scientific American*, 232(2), 88-97. Acceso: 24 Feb 2021, desde: <http://www.jstor.org/stable/24949733>
3. Busca Biografías. Biografía de Alfred Wegener. Acceso: 24 Feb 2021 desde: <https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/5264/Alfred%20Wegener>

8.2. Anexo 2. Actividad “Saca el paleontólogo que hay en ti”

Saca el Paleontólogo que hay en ti

Según hemos visto en clase, Wegener basó sus teorías en distintas pruebas o hechos que corroboran sus observaciones. Mediante las siguientes actividades tendrás que investigar, como todo paleontólogo, los posibles indicios que conectan lugares actualmente localizados a miles de kilómetros.

1. Los Apalaches pasan por Cáceres. <https://www.publico.es/ciencias/apalaches-pasan-caceres.html>. Visita esta página e investiga cuál fue la primera prueba que Wegener halló. Responde a las siguientes preguntas:

¿Son parecidas las estructuras geológicas de Cáceres y los Apalaches? Indaga sobre los Highlands escoceses, e intenta unir los 3 puntos mediante semejanzas y diferencias.

2. Imagina que estás de vacaciones por la costa de Nueva York y encuentras unos restos a los que les haces una foto (A). Tu prima, sin embargo, está viajando por Francia y también recopila fotos de las siguientes huellas (B). Examina atentamente ambas figuras:



A)



B)

¿Crees que pertenecen al mismo ser vivo? Argumenta el porqué.

3. Datando rocas, un amigo y tu encontráis un fósil en el Ártico, cuya similitud con un arrecife de coral es asombrosa. Observa la imagen y responde:



¿Cómo es posible hallar un fósil de una estructura que actualmente vive en zonas Tropicales? Intenta formular una hipótesis, ayudándote de la web.

Estos 3 hallazgos fueron presentados por Wegener cuando explicó su teoría de la Deriva Continental. Tras haber investigado sobre el tema, intenta formular una hipótesis que apoye o bien desmienta lo que Wegener argumentó.

8.3. Anexo 3. Actividad “Proyecto de Ciencias: Límites entre placas”

Construye un límite entre placas, con material reciclado, puedes apoyarte en esquemas o ilustraciones representadas en libros. Este límite deber de poder moverse para ilustrar los movimientos que se desarrollan en el límite elegido. “Recuerda utilizar tu imaginación de científico”.

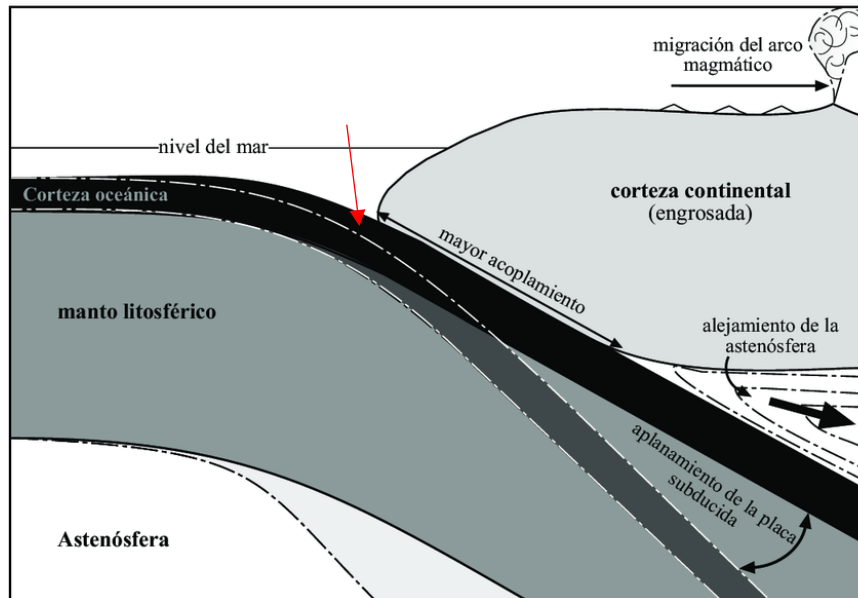
Con esta actividad se pretende que sea el propio alumno quien indague con las distintas fuentes de información que se le han facilitado, los que construyan un límite entre placas e investiguen sobre las partes que lo conforman.

8.4. Anexo 4. Práctica de Laboratorio.

Práctica 1. Zonas de subducción

Explicación y preparación de la práctica para el docente:

- Distribución: Divididos en grupos de 3-5 personas.
- Temporización: 50 min (10 min de preparación, 30 min recogida de datos, 10 min de análisis de resultados)
- Material: acuario/minitanque, arena fina (máx 5mm), mecanismo que provoque movimientos de arrastre de la placa. Se necesitan dos trozos de madera de pino de 15 cm de grosor y de latón o aluminio de unos 5-10 cm de grosor. Compondremos el tanque como el esquema que se muestra a continuación, donde la capa del manto litosférico sería el latón o aluminio, con mayor densidad, mientras que la de corteza continental sería la madera. Cubriremos con agua hasta emular el nivel del mar. Y engancharíamos un mecanismo para arrastrar la placa de aluminio y que los estudiantes pudieran observar el rozamiento entre las dos placas, los “terremotos” que se producen en la zona, entendidos como las vibraciones que gracias al agua vamos a poder observar.



Metodología:

Montar el tanque/acuario y emular el movimiento de subducción de la placa y el choque con la placa de la corteza continental. El docente deberá tirar de la placa hacia debajo de manera firme y lenta, para que los alumnos observen lo que pasa. Para emular el prisma de acreción se añadirá plastilina roja donde indica la flecha roja.

Análisis de resultados:

Se les plantearán las siguientes cuestiones a los alumnos:

1. Recoge datos de los terremotos observables en la zona. Magnitud (escala ficticia: fuertes, débiles) y localización.
2. Dibuja los elementos destacables nuevos que han aparecido tras la práctica.
3. Intenta dibujar las fuerzas a las que se ven sometidas ambas placas.

8.5. Anexo 5. Web-Quest.

“Vamos a investigar”

Forma un grupo de 5 personas y seguidamente recopila individualmente, información sobre cómo se produce el ciclo del carbono en la Tierra y si es posible que haya vida en las zonas de subducción, utilizando todos los recursos web de los que dispongas. Tras recopilar la información, clasifícala en fiable o poco fiable.

Elabora una hipótesis que dé respuesta a la pregunta planteada y describe el mecanismo por el que se da el ciclo del carbono en la Tierra. Expón los resultados con tu grupo y elegid las 3 hipótesis más plausibles del origen del carbono en la Tierra, para ello intenta que tu hipótesis tenga respuesta a estas 3 cuestiones:

1. Explica de dónde se puede obtener el carbono total utilizado en la Tierra.
2. ¿Crees que se destruye o se crea carbono en la Tierra? Explica el mecanismo.
3. Esquematiza cómo se destruye/crea o conserva el carbono en la Tierra.

8.6. Anexo 6. Visita al pasado

Excursión programada gracias al Instituto Geológico y Minero de España. Dentro de su web, hay distintas actividades que se pueden implementar para realizar una salida de campo con los alumnos. Fuente: <http://info.igme.es/ielig/LIGInfo.aspx?codigo=AND410>

Aprendizaje basado en proyectos: Al alumno previamente se le instigará con un problema previo: La necesidad de localizar el aterrizaje de una nave que viaja al pasado en la localización que le hemos preparado. Los alumnos tendrán que localizar el mejor sitio para un hipotético viaje que vamos a realizar desde el presente al Triásico. Para ello tendrán que estudiar la zona desde un punto de vista geoclimático y paleontológico para sacar conclusiones que serán expuestas a votación popular. El profesor evaluará los mejores sitios de aterrizaje.

Se integrarán contenidos de otras asignaturas:

Matemáticas-Física:

Se le planteará al alumno problemas de vectores midiendo las fallas encontradas en el lugar.

Biología:

Se le planteará el estudio de las especies de fósiles halladas en el lugar.

Historia:

Se instará a realizar una investigación de la historia del lugar para ver si ha podido influir en las pruebas geológicas que encontremos en la localización.

Química:

Se analizará la alcalinidad del suelo para intentar datar el tipo de roca que encontraremos.

Datos generales

Código LIG: AND410.

Código Geosite: MZ011.

Denominación: Ventana tectónica de Valdepeñas de Jaén.

Descripción:

La estructura en mantos de corrimiento de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas ha sido puesta en entredicho por distintos autores, especialmente aquellos que centraron su trabajo de campo en la parte oriental de la cordillera.

En el sector central de las Béticas, la estructura en mantos de corrimiento es especialmente evidente gracias a, como principal evidencia, la presencia de afloramientos de los materiales subyacentes que quedan rodeados por los materiales cabalgantes. Son las ventanas tectónicas.

Su existencia permite constatar la superposición tectónica de enormes masas de materiales que se pusieron en movimiento aprovechando la existencia de un nivel plástico, en este caso las arcillas rojas del Triásico, que sirvió de nivel de despegue de las series mesozoicas respecto al zócalo paleozoico. Asimismo, la existencia de estas ventanas permite constatar hasta donde se prolonga, como mínimo, la superposición

tectónica y con ello calcular, únicamente a partir de datos de geología de superficie, la distancia mínima de traslación.

Mas información en el Inventario Andaluz de Georrecursos.

Origen LIG: Andalucía

Fecha de creación de la ficha: 31/12/2004

Confidencialidad: Público.

Itinerario de acceso: BUENA

Fisiografía

Cota máxima:

0 m.

Cota mínima:

0 m.

Cota media:

0 m.

Superficie:

1386.7 hectáreas.

Situación geológica

Dominio geológico (GEODE):

Subbético y Campo de Gibraltar.

Unidad geotectónica 2º orden:

Subbético.

Contexto Ley 42/2007:

El rifting de Pangea y las sucesiones mesozoicas de las cordilleras Bética e Ibérica.

Unidad geológica Ley 42/2007:

Estructuras y formaciones del basamento, unidades alóctonas y cobertera de las Cordilleras Alpinas.

Edad rasgo inferior:

Jurásico.

Edad rasgo superior:

Cretácico.

Edad encajante inferior:

Mesozoico.

Interés

Geológico principal:

Tectónico.

Las tres ventanas tectónicas que se incluyen en este PIG ocupan una posición relativa muy semejante, unos kilómetros al sur del frente de cabalgamiento del Subbético, y en las tres afloran materiales del Dominio Intermedio. En los afloramientos se dispone de amplias y bellas panorámicas, en las que contrasta la a menor resistencia a la erosión de los materiales del Cretácico, que afloran ampliamente en las ventanas tectónicas, frente a la mayor competencia de los materiales Jurásicos que se les superponen. En la base de los materiales Jurásicos es frecuente encontrar una lámina de arcillas rojas triásicas, ricas en yesos, que actuaron como nivel de despegue de la serie mesozoica y, a la vez, lubricaron el movimiento. En el caso de la ventana tectónica de Valdepeñas de Jaén, sin duda, el mejor ejemplo entre los tres incluidos en este LIG, es posible abarcar prácticamente toda la extensión de la ventana tectónica y del frente de los materiales cabalgantes que la rodean totalmente, en una única panorámica. Este privilegiado punto de observación se ubica sobre la misma carretera de Jaén a Valdepeñas de Jaén, en las cercanías de la esquina noroccidental del afloramiento.

Geológico secundario:

Estratigráfico. Sedimentológico.

Estratigráfico-Sedimentológico: en la ventana tectónica afloran turbiditas carbonatadas del Jurásico superior-Berriasiense que han sido incluidas en el LIG y Geosite que se refiere a estos depósitos.

Interés no geológico:

Arquitectónico. Histórico o cultural.

Estos afloramientos se localizan en la provincia de Jaén, a menos de una hora de camino de la capital. Por ello, además de la riqueza paisajística de los distintos entornos de los lugares seleccionados, hemos de contar con el patrimonio histórico-artístico del entorno. En la ciudad de Jaén destacan, entre sus monumentos, la catedral de estilo renacentista de impresionante fachada, el castillo de Santa Catalina de origen árabe y distintos palacios, entre ellos el de Villadompardo, sede de un museo de arte naïf, otro de arte y costumbres populares, así como de los Baños Arabes, descubiertos en sus sótanos en el último tercio del siglo XX y actualmente visitables. El Museo Provincial acoge, entre otras, una bella colección de esculturas ibéricas procedentes de diversos asentamientos iberos, muy abundantes por toda la provincia.

Protección

Inventario/catálogo:

Inventario Andaluz de Georrecursos. Proyecto Global Geosites.

Uso y seguimiento

Recogida de fósiles:

Incompatible con la conservación del lugar o sin ejemplares.

Recogida de minerales:

Incompatible con la conservación del lugar o sin ejemplares.

Visitas

Equipamiento:

Mirador: No.

Mesas, bancos, etc.: No.

Señalización: No.

Fuente de agua potable en las inmediaciones: No.

Accesos discapacitados:

No.

Autores

Autores:

P.A. Ruiz Ortiz

J.M. Molina

Proponentes:

P.A. Ruiz Ortiz

J.M. Molina

Referencias:

AGUADO, R., DE GEA, G. A. y RUIZ-ORTIZ, P. A. (1996): Datos bioestratigráficos sobre las formaciones cretácicas del Dominio Intermedio en el corte tipo (sur de Jaén). Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. *Geogaceta*, 20(1): 197-200.

CASTRO, J.M., MOLINA, J.M. y RUIZ-ORTIZ, P.A. (1997): Valdepeñas de Jaén. Geología. En: Jaén: Pueblos y Ciudades. VII: 2682-2685 Ed. Diario Jaén- Cajasur,.

COMAS, M.C y RUIZ-ORTIZ, P.A. (1982): Facies de canal, margen de canal e intercanal en turbiditas carbonatadas. Berriasense inferior. Ventana de Cabra de Santo Cristo. Cordilleras Béticas. *Cuader. Geol. Iber.* 8: 527-544.

MOLINA, J.M. (1987): Análisis de facies del Mesozoico en el Subbético Externo (Provincia de Córdoba y Sur de Jaén). Tesis Doctoral. 518 p. Univ. de Granada,

RAMIREZ DEL POZO, J. y ALVARO, M. (1988): Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico y Cretácico de la Unidad de Huelma, Jaén. (Cordilleras Béticas). En: II Congreso Geológico de España. Comunicaciones, 1: 177-180.

RUIZ-ORTIZ, P. A. (1980): Análisis de facies del Mesozoico de las Unidades Intermedias (entre Castril, prov. de Granada y Jaén). Tesis Doctoral. 274 p Univ. de Granada,.

RUIZ-ORTIZ, P. A. (1981): Sedimentación turbidítica en el Cretácico de las Unidades Intermedias. Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. En: Programa Internacional de Correlación Geológica (PICG) 2: 261-279, Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Madrid,.

RUIZ-ORTIZ, P.A. (1983): A carbonate submarine fan in a fault-controlled basin of the Upper Jurassic. *Sedimentology*, 30: 33-48.

RUIZ-ORTIZ, P. A., MOLINA, J. M. y NIETO, L. M. (1996): Turbiditas calcáreas y otros fenómenos de resedimentación/erosión en el Jurásico superior-Cretácico Inferior de la unidad de Huelma (Jaén). Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. *Geogaceta*, 20(2): 323-326.

SANZ DE GALDEANO, C. (1973): Geología de la transversal Jaén-Frailes (Provincia de Jaén). Tesis Doctoral. 274 p. Univ. Granada.