

Trabajo Fin de Máster - Modalidad B

LA INDAGACIÓN COMO BASE DEL PROCESO DE
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA TEORÍA DE LA
TECTÓNICA DE PLACAS EN 1º DE BACHILLERATO

ENQUIRY-BASED TEACHING AND LEARNING OF THE
THEORY OF PLATE TECTONICS WITH FORM 6 LOWER
OR YEAR 12 SCIENCE STUDENTS
(SPANISH SCHOOL SYSTEM)

Autor

Gloria Soler Monente

Director

Juan Antonio Ansón García

Especialidad Biología y Geología

FACULTAD DE EDUCACIÓN

2016-2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contextualización personal	1
1.2. Contextualización a nivel de Junta Municipal y Centro.....	2
1.3. Contextualización a nivel de grupo	2
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1. Teorías sobre la experimentación y la indagación aplicadas a la enseñanza.	6
3.2. Uso del método científico y la indagación en educación. Problem and Project Based Learning.....	8
3.3. La indagación y el Método Científico en el marco de la LOMCE.....	10
3.4. Estado del arte de la teoría de la Tectónica de Placas.	10
3.5. La teoría de la Tectónica de Placas en la Educación Secundaria.	13
3.6. Análisis de aplicación de proyectos de indagación e innovación docente en la Enseñanza Secundaria	14
4. DISEÑO METODOLÓGICO	16
4.1. Conocimientos previos	17
4.2. Ideas alternativas	18
4.3. Objetivos	18
4.4. Metodología.....	20
4.5. Temporalización y secuenciación	22
4.6. Recursos materiales.....	23
4.7. Organización de grupos y espacios	24
4.8. Criterios y estándares de evaluación	24
4.9. Herramientas e instrumentos de evaluación	27
4.10. Criterios de calificación.....	28
4.11. Medidas de Atención a la Diversidad.....	28
5. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS	29
5.1. Resultados de la implementación en dos vías de 1º de Bachillerato	29
5.2. Calificaciones obtenidas por el alumnado	32
5.3. Resultados de las encuestas de satisfacción	33
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	34

7.	CONSIDERACIONES FINALES Y FUTURO DE LA ACTIVIDAD	36
8.	BIBLIOGRAFÍA	37
9.	ANEXOS	39

ÍNDICE DE ANEXOS

A-1.	CAPTURAS DE PANTALLA DE LA ACTIVIDAD UTILIZADA PARA LA EVALUACIÓN INICIAL (KAHOOT).
A-2.	GRÁFICA DE FASES Y TEMPORALIZACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA.
A-3.	DOCUMENTACIÓN GENERADA PARA LA PROPUESTA DIDÁCTICA.
A-4.	PLANISFERIOS COMPLETADOS CON LA ACTIVIDAD SÍSMICA Y VOLCÁNICA OBSERVADA DURANTE EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.
A-5.	RÚBRICAS.
A-6.	ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN REALIZADAS EN 1º DE BACHILLERATO Y RESULTADOS.
A-7.	FICHAS DE REFLEXIÓN Y AUTOEVALUACIÓN.
A-8.	POSTER DE LA ACTIVIDAD PRESENTADO EN LAS JORNADAS DE INNOVACIÓN DOCENTE

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Problemas y atribuciones de los proyectos analizados.....	16
Tabla 2.	Temporización de la Propuesta Didáctica.	23
Tabla 3.	Criterios y estándares de evaluación normativos de la propuesta.	24
Tabla 4.	Criterios y estándares de evaluación no normativos de la propuesta.	26
Tabla 5.	Criterios de calificación de la Propuesta Didáctica	28
Tabla 6.	Selección de las preguntas de la prueba de nivel relacionadas con al Tectónica de Placas.....	30
Tabla 7.	Implementación de la Propuesta Didáctica durante el Practicum.	31
Tabla 8.	Resultados de las encuestas de satisfacción.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Calificaciones obtenidas en la 1ª y la 2ª evaluación por los alumnos matriculados en biología y geología en 1ª de Bachillerato (sobre 42 alumnos).	3
Figura 2.	Comparativa de calificaciones entre las asignaturas de biología y geología y de física y química de los grupos 1BC y 1BC/BT en la 1ª y la 2ª evaluación. 4	
Figura 3.	Justificación y marco teórico de la actividad propuesta.	6

Figura 4. Infográfico del método científico. Extraído de Sanders, J. (2006-2017). El canasto.es.	9
Figura 5. Diferencias entre problem based learning y project based learning. Extraído de Santiago, R. (2013). Theflippedclassroom.es	9
Figura 6. Mapa de las 15 placas tectónicas mayores; Fuente: Traducido de USGS (1996).....	12
Figura 7. Derecha: Comparativa de calificaciones obtenidas a través de este proyecto docente y en el global de la asignatura (promedio de la 1ª y la 2ª evaluación. Izquierda: Comparativa entre la calificación obtenida en la actividad de indagación en cooperativo y en la pregunta de examen correspondiente.	33

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin del Máster (modalidad B) se elabora dentro del marco del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas, 2016-2017. En él se hace una revisión de estado del arte en cuanto a metodologías de indagación aplicadas a la docencia de la geología y, de forma más concreta, de la teoría de la Tectónica de Placas en la Educación Secundaria. A partir de ese marco teórico, se describe en detalle una propuesta didáctica integradora dentro de la temática elegida en 1º de Bachillerato, consistente en la aplicación de la indagación y del método científico como vehículo para que los alumnos lleguen a comprender mejor la citada teoría, partiendo de la observación y el uso de diferentes sistemas de alerta de la actividad sísmica y volcánica en forma de aplicaciones para ordenador, móvil o tableta. En concreto, se define una metodología de tipo PBL (*problem based learning*), en forma de trabajo cooperativo en grupos de 3-4 alumnos. A parte de cubrir los objetivos normativos definidos en la LOMCE, a través de la actividad se pretende dotar a la geología y a las ciencias de la tierra en general de la relevancia que les corresponde en la mente del alumnado, así como de ofrecer una visión de la Tierra como cuerpo planetario dinámico y complejo, de procesos interrelacionados entre sí. La implementación de la propuesta en el C.P.E.S San Valero de Zaragoza da paso al análisis detallado de la actividad desde un punto de vista práctico que complementa y perfila el diseño teórico, proporcionando resultados y conclusiones que permiten su evaluación y sugieren posibles adaptaciones de cara a su implementación futura.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad de indagación que se presenta a continuación fue desarrollada desde diferentes perspectivas, tomando como base contenidos de distintas asignaturas del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Zaragoza y se implementó en dos vías de 1º de Bachillerato del C.P.E.S. San Valero de Zaragoza durante la realización del Practicum II y III.

1.1. Contextualización personal

Soy licenciada en geología con especialidad en hidrogeología, disciplina en la que dispongo del postgrado en Hidrología Subterránea de la UPC y varios cursos de modelización y diseño. Siempre he sentido una inclinación personal especial por el aprendizaje de otras lenguas y por la inserción en otras culturas, lo que me ha llevado a vivir en diferentes países (España, EEUU, Alemania, China y, previsiblemente en un futuro próximo, Perú).

Mi desarrollo profesional me ha llevado a trabajar en campos tan diversos como la minería, la consultoría hidrogeológica y la administración de una Sociedad Limitada, acompañando mi labor frecuentemente con diferentes tareas en el campo de la traducción científica y técnica y la interpretación consecutiva. He trabajado como jefa de proyectos técnicos, como jefa de obra y como coordinadora de equipos multidisciplinares e internacionales. En total cuento con más de 10 años de experiencia laboral.

Tras este primer capítulo vital, decidí volver a España y comenzar uno nuevo en la docencia, en el que poder transmitir los conocimientos y experiencias adquiridos a generaciones futuras. Tras 2 años de enseñanza de diferentes materias en academias y a nivel particular, decidí dar el paso a la Enseñanza Oficial Reglada, motivo por el que me encuentro realizando el Máster de Educación Secundaria en el que se engloba este trabajo.

1.2. Contextualización a nivel de Junta Municipal y Centro

Se ha tomado el centro en el que se desarrollaron el Practicum I, II y III del máster como ámbito de referencia para dar contexto a la propuesta didáctica diseñada ya que fue el primer centro en el que se fue implementada y del que se cuenta con datos para el análisis, evaluación y mejora de las actividades que se describen en este trabajo. En cualquier caso, su aplicación práctica no se limita a ese centro ya su diseño haría posible su uso en cualquier tipo de centro.

El C.P.E.S. San Valero de Zaragoza es un colegio concertado incluido dentro de la Fundación Diocesana de carácter no lucrativo San Valero y está compuesto por un Centro de Educación Secundaria y por un Centro de Formación Continua y Ocupacional que comparten ubicación en la sede del Centro San Valero e incluyen entre sus instalaciones un edificio central (38 aulas teóricas, 10 aulas de informática, laboratorios y salón de actos), una nave de talleres (Automoción, Calderería y Construcciones Metálicas, y Fabricación Mecánica y Electrónica) y un pabellón deportivo. De acuerdo con el Plan de Formación 2016-2017 del Centro, el número de alumnos matriculados en los distintos niveles educativos (ESO, Bachillerato, Ciclos Formativos de Básica, Grado medio y Grado Superior) ha sido de en torno a 1200, procediendo la mayor parte del alumnado del barrio en el que está situado, o de zonas próximas a él. Al no contarse con datos concretos sobre la distribución de edades, géneros ni sobre el grupo de procedencia de los alumnos del centro, se partirá de los datos a nivel de la junta municipal ACTUR-Rey Fernando para la contextualización.

En base a los datos del Ayuntamiento de Zaragoza, el área de referencia presentaba en 2014 una densidad de población promedio de 20-40 habitantes por hectárea, con un porcentaje del 22-32% de menores de 25 años sobre el total de la población, siendo uno de los distritos más jóvenes de la ciudad de Zaragoza. La renta neta promedio de la junta ACTUR-Rey Fernando era de 11.500-12.499 €/año y se situaba dentro del tramo económico medio de la ciudad de Zaragoza. En cuanto a la procedencia de sus habitantes, de acuerdo con el Instituto Aragonés de Estadística (IAEST, 2015), la junta municipal ACTUR-Rey Fernando mostraba una distribución poblacional porcentual muy similar a la de la media de la ciudad de Zaragoza, con una mayoría de origen europeo (46,26%), seguida del grupo de habitantes de origen americano (23,65%), africano (19,58%) y asiático (10,41%). El grupo poblacional procedente de Oceanía, así como los apátridas, estaban escasamente representados.

1.3. Contextualización a nivel de grupo

Para la implementación de la actividad propuesta en este trabajo se consideraron dos vías de primero de Bachillerato con las que tuve ocasión de trabajar durante la realización del Practicum I, II y III: 1BC y 1BC/1BT. Los alumnos matriculados en

ambas vías estaban cursando 1º de Bachillerato de Ciencias y Tecnología, acogiendo los alumnos de 1BT a la rama tecnológica y los de 1BC a la científica. De los 68 alumnos matriculados en Bachillerato de Ciencias y Tecnología, el conjunto de ambas vías de la asignatura de biología y geología cuenta con un número total de 42 alumnos (21 alumnos por vía). Todos los alumnos matriculados son naturales y residentes en Zaragoza, con edades de 16, 17 y 18 años en el momento de la realización del Practicum (52%, 38% y 10% respectivamente). De los 42 alumnos matriculados en la asignatura, 4 habían repetido algún curso de la ESO.

En el momento de la realización del Practicum, no se tuvo constancia de que ninguno de los alumnos matriculados sufriese algún tipo de problema de aprendizaje, ni presentase reducción auditiva, visual o física. Tras consulta con los docentes oficiales, tan solo una alumna había tenido problemas recurrentes de salud a lo largo del curso que, sin embargo, no habían repercutido sobre sus resultados académicos. La duración del Practicum resultó demasiado corta para conocer a los alumnos a un nivel personal suficiente para determinar si sus trasfondos familiares, sociales o económico-sociales podían estar dificultando su aprendizaje en alguna medida. En este sentido hubiese sido deseable una reunión de puesta en contexto con la orientadora del centro pero la limitación temporal y de coordinación de horarios no la hicieron posible.

Solamente uno de los alumnos matriculados en la asignatura en el grupo de 1BC/1BT tenía una asignatura pendiente de evaluaciones anteriores en el momento de la realización del Practicum.

En cuanto a sus calificaciones, para el conjunto de las dos vías y con fines comparativos, se han tenido en cuenta tanto las de la asignatura de Biología y Geología (en adelante B&G), como las de Física y Química (en adelante F&Q). Como se puede apreciar en la figura 1, los alumnos considerados de los grupos 1BC y 1 BC/BT tuvieron un nivel de suspensos relativamente bajo en B&G (inferior al 5% en ambas evaluaciones), mientras que en F&Q el porcentaje fue mayor, del 19% y del 14% en primera y segunda evaluación respectivamente, lo que estaría acorde con la media escolar en esta etapa.

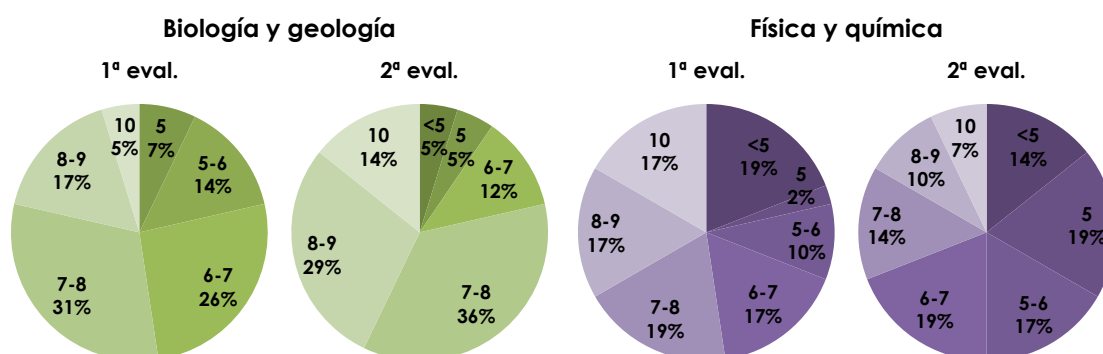


Figura 1. Calificaciones obtenidas en la 1ª y la 2ª evaluación por los alumnos matriculados en biología y geología en 1º de Bachillerato (sobre 42 alumnos).

Desde el punto de vista de la nota media, es alta, tanto en B&G (de 7,5 en la 1ª evaluación y de 8,12 en la segunda), como en F&Q (de 7,8 y de 6,37 en ambas evaluaciones respectivamente).

Partiendo de un enfoque comparativo de ambos grupos, en la figura 2 están representadas las calificaciones individuales de los 42 alumnos (21 por vía). Puede observarse que el reparto es homogéneo en ambos grupos, no existiendo diferencias generales netas entre ellos. En la primera evaluación, aunque en general el nivel de suspensos fue más alto en Física y Química que en Biología y Geología, en la mayor parte de los casos, la nube de datos se ajustaría a una tendencia 1:1, que indica que aquellos alumnos que obtienen las mejores calificaciones una asignatura por lo general también lo hacen en la otra. En los extremos más alejados de la nube, se da el caso de alumnos que, obteniendo un 10 en B&G, suspenden F&Q y viceversa pero no es la tendencia general. En la segunda evaluación, la nube está menos definida y los resultados en F&Q son mucho peores que los de B&G aunque sigue sin observarse una diferencia entre vías, siendo la nube homogénea en cuanto a su reparto de grupos.

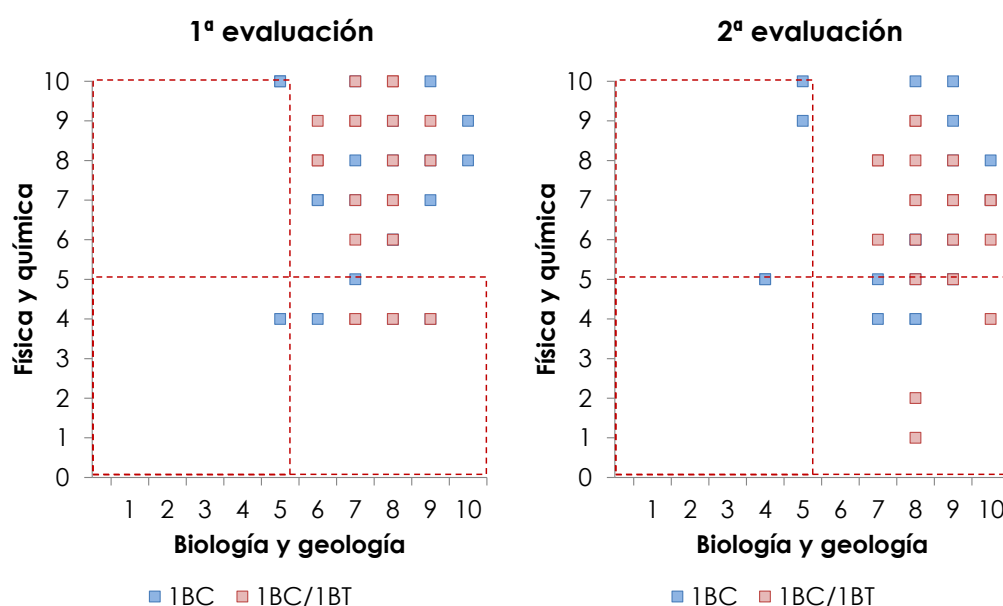


Figura 2. Comparativa de calificaciones entre las asignaturas de biología y geología y de física y química de los grupos 1BC y 1BC/1BT en la 1ª y la 2ª evaluación.

Con respecto a la actitud en clase, se detectó una diferencia importante entre ambos grupos, confirmada por los docentes oficiales. Mientras que en el grupo 1BC/1BT resultó sencillo impartir clases teóricas y el nivel de atención se mantenía elevado, en 1BC resultaba muy difícil conseguir que la clase permaneciese en silencio, siendo necesarias llamadas al orden continuas para poder desarrollar los temas. En el extremo opuesto, en los momentos en los que se esperaba la participación de los alumnos a través de la formulación de preguntas abiertas en clase, estas medidas tuvieron mejor acogida en el grupo más silencioso (1BC/1BT) en el que algunos alumnos (casi siempre los mismos) contribuían consistente y acertadamente. Por último, 1BC/1BT resultó ser también más crítico y reivindicativo que 1BC.

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el informe que elabora anualmente la empresa Aon Benfield Analytics (Podlaha, A, Bowen, S., Darbinyan, C., Löring, N., 2017), 2016 fue un año especialmente azotado por catástrofes naturales, cuya combinación supuso pérdidas

económicas de 210 billones de Dólares a nivel mundial, un 21% por encima de la media de los últimos 16 años y un 59% superior al de la mediana para el mismo periodo de tiempo. En general, se contabilizaron 315 eventos catastróficos, incluyéndose entre ellos terremotos, huracanes, inundaciones, sequías e incendios. Más difíciles de cuantificar de forma concreta fueron las pérdidas de vidas humanas a causa de esos mismos eventos, estimándose que el evento más mortífero del año con 673 bajas humanas fue el terremoto registrado en Ecuador en el mes de abril. Aunque 2016 resultó ser un año especialmente negro, la media interanual, sitúa a las catástrofes naturales, principalmente geológicas y climatológicas, a la cabeza entre las causas “no controlables” tanto en materia de pérdidas económicas como en cuanto a la pérdida de vidas humanas. La evolución esperable hacia eventos cada vez más devastadores, en particular en materia de clima, pone de manifiesto la necesidad de comprender mejor los sistemas naturales que se desarrollan en nuestro planeta, no solamente en cuanto a la investigación y desarrollo de las disciplinas científicas aisladas sino también en cuanto a su interrelación dentro del “*sistema Planeta-Tierra*”. En este sentido, cobra una importancia fundamental despertar el interés por comprender el planeta que habitamos de forma global en las futuras generaciones de científicos y de ciudadanos implicados en la realidad natural que viven en su día a día.

Dentro de la concepción de sistema planetario, el aprendizaje actual de la geología en la Educación Secundaria en España es escaso y está estructurado de una forma eminentemente “enciclopédica”. Este tipo de aprendizaje memorístico de conceptos aislados está muy alejado del enfoque integrador de la disciplina dentro de ese sistema de procesos dinámicos interrelacionados que proporcionaría al alumno una idea global del funcionamiento de nuestro planeta. En este sentido, resulta interesante el enfoque hacia cambios curriculares innovadores de las Ciencias de la Tierra en el entorno anglosajón a través de la implementación a nivel de Educación Secundaria de una perspectiva de sistema planetario o *Earth System* que integra la geología, la oceanografía y la climatología y permite dar una idea básica sobre cómo funciona el planeta, explicando convenientemente los procesos que se producen en él (Pedrinaci, 1999).

Adicionalmente, la enseñanza de la geología en la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato está privada frecuentemente de su lado más aplicado por limitaciones temporales y de recursos, perdiéndose el nexo con la realidad de los procesos planetarios que proporcionaría la geología aprendida in situ. En particular en áreas urbanas, los estudiantes en edad escolar han tenido poco o nulo contacto con el medio natural y es muy difícil para ellos asociar lo aprendido en las aulas a su realidad cotidiana, sobre todo en el caso de ciencias que tienen una carga tan importante de aprendizaje práctico como es el caso de la geología. En este sentido, el aprendizaje de las ciencias de la tierra y, de manera extensiva, el aprendizaje de cualquier otra ciencia dentro de la perspectiva de sistema planetario puede beneficiarse enormemente del desarrollo de proyectos en los que el alumno realice un seguimiento de manifestaciones cotidianas y extraiga conclusiones a partir de sus observaciones, apoyado en la base teórica incluida en el currículum oficial.

Dentro del currículo de la LOMCE para la Enseñanza Secundaria Obligatoria y el Bachillerato son precisamente los ciclos del relieve y la teoría de la Tectónica de Placas los apartados que aportan una dimensión más claramente dinámica y de sistema de procesos interrelacionados entre sí a la docencia de las ciencias de la tierra por lo que se

considera un punto de partida interesante para desarrollar la visión de dinámica planetaria global en los alumnos. Desde el punto de vista de la observación directa de sus manifestaciones, si bien se hace prácticamente imposible (y, en algunos casos, altamente peligroso) realizarla *in situ*, los avances en ciencia y tecnología ponen a nuestra disposición herramientas de observación a distancia que pueden ser implementadas sin problemas en la docencia de la asignatura. Tal es el caso de diferentes sistemas de alerta de terremotos y actividad volcánica que nos permiten conocer prácticamente en tiempo real y a través de algo tan sencillo como es la instalación de una aplicación en el móvil, ordenador o tableta, los eventos que se producen cada día a nivel mundial.

3. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de la propuesta didáctica que se incluye en el presente trabajo se apoya fundamentalmente en la aplicación del método científico con fines didácticos, combinado con las técnicas de indagación aplicadas a la docencia y en el uso de las TICs en el aula, desde la perspectiva de la enseñanza de la teoría de la Tectónica de Placas. A grandes rasgos, la justificación y el marco teórico de este trabajo se resumen de forma esquemática en la figura 3.

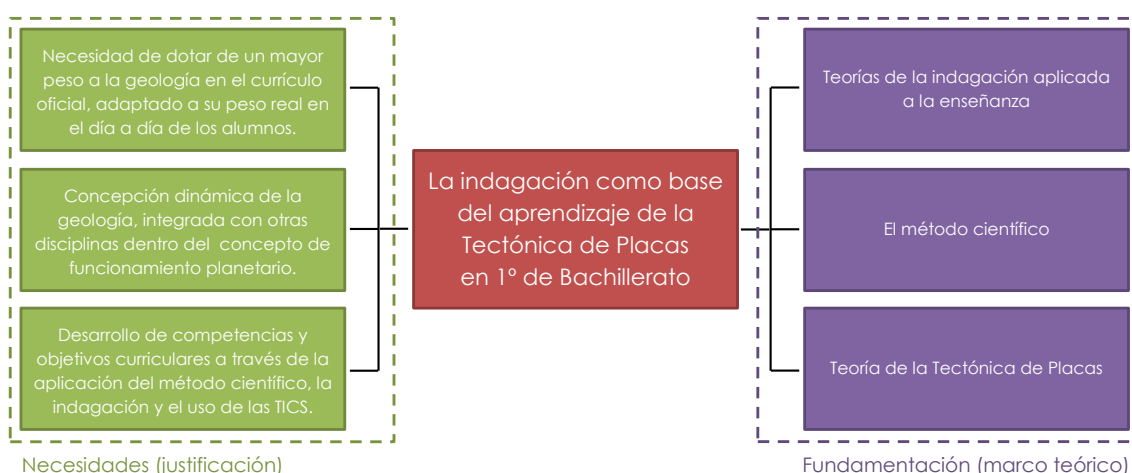


Figura 3. Justificación y marco teórico de la actividad propuesta.

3.1. Teorías sobre la experimentación y la indagación aplicadas a la enseñanza.

El análisis histórico muestra que la indagación como herramienta didáctica no es un campo de estudio reciente, remontándose su definición en la Edad Contemporánea a las teorías de John Dewey que, en su libro *Democracia y Educación* (1916), sentaba las bases para la concepción de la educación desde la tesis principal de la creación de un interés dinámico que evoluciona y se adapta en función de las actividades y de las características a las que se somete el individuo. Si nos remontásemos a periodos anteriores de la historia, el método socrático, desarrollado posteriormente en detalle por Platón y Aristóteles, ya situaba la curiosidad del propio alumno, al que se incita a compartir cualquier búsqueda o indagación de sus compañeros, en el centro del proceso

de enseñanza-aprendizaje. Esta visión que fue compartida por Immanuel Kant en el s. XVIII (Frankena, W. K, 1968).

En la visión de John Dewey, la información que se presenta al alumno debe ser relevante para su vida presente y el conocimiento se construye en base a experiencias personales, con una fuerte carga de trabajo experimental, a través de la que se pretende potenciar la curiosidad natural del niño y dirigirla hacia la investigación de materias de interés. Desde esta perspectiva, en su libro *Experiencia y Educación* (1938), Dewey definió al alumno como centro de la acción educativa y al aprendizaje como consolidación de la experimentación (Castiñeiras, 2002). Desde su concepción social de la educación, la escuela se convierte en el lugar donde el valor del conocimiento es resolver situaciones problemáticas. Dentro de su metodología experimental, Dewey definió 5 etapas:

- Definir un problema que lleve al alumno a buscar una solución.
- Recoger la información y datos necesarios.
- Definir un proceso dividido en etapas que lleve a la resolución del problema planteado.
- Construir y comprobar hipótesis.
- En caso de que la hipótesis no sea confirmada, volver a los datos y seguir investigando.

Posteriormente, Joseph Schwab, en su artículo *The practical: A language for curriculum* (1969) llevaría la teoría del aprendizaje basado en experiencias a la dimensión curricular, describiendo el currículo de la época como obsoleto por estar fijado en una visión eminentemente teórica de los contenidos. Dentro de su *Teoría Práctica del Currículo*, Schwab pretende dar solución al problema generalizado de reducir toda la educación a leyes universales y generalizaciones y defiende una visión de enseñanza a través de la deliberación práctica y la experimentación que transforme poco a poco las instituciones y prácticas docentes a partir de los problemas reales y no de aspiraciones impuestas. Desde su perspectiva, los profesores deben ser considerados los actores principales que deben renunciar a la cesión de responsabilidad del currículo a agentes externos, participando de una visión más filosófica de la dirección de la escuela.

Los estudios de estos autores, padres del concepto de la indagación como base del aprendizaje y grandes defensores de la metodología práctica, en conexión con el concepto de Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), desarrollado por Schulman en 1987 llevaron a Lisa Martin-Hansen (2002) a definir los siguientes tipos de indagación:

- **indagación abierta** o centrada en el estudiante,
- **indagación guiada** en la que el docente participa de forma activa como guía en el desarrollo de su indagación,
- **indagación acoplada** en la que se integran los dos modelos anteriores de forma simultánea,
- e **indagación estructurada** o centrada en el docente.

De forma simultánea al desarrollo de los trabajos de Martin-Hansen, el *National Research Council* estadounidense definió en 2001 cinco cuestiones fundamentales para la indagación educativa (Garritz Ruiz, A., Labastida Piña, D. V., y Espinosa Bueno, S., 2015), que comparten la estructura definida anteriormente por Dewey y las características propias del método científico en general:

- El planteamiento de preguntas científicamente orientadas (PCO) que atraigan a los estudiantes,
- la existencia de evidencias suficientes que permitan a los alumnos desarrollar y evaluar sus explicaciones a las PCO a partir de sus propias observaciones,
- el planteamiento de explicaciones desarrolladas por los estudiantes a partir de esas evidencias,
- la evaluación de sus explicaciones y potencial desarrollo de explicaciones alternativas, dentro del desarrollo de conocimiento científico y
- la comunicación y justificación de las explicaciones propuestas.

3.2. Uso del método científico y la indagación en educación. Problem y Project Based Learning.

Como se ha definido anteriormente, la propuesta que se desarrollará en el capítulo 4 de este trabajo está fundamentada en la aplicación del método científico al aprendizaje de la geología a niveles de final de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y el comienzo del Bachillerato, si bien en el desarrollo de este TFM se considerará únicamente su aplicación en 1º de Bachillerato, ya que es el único curso en el que pudo implementarse durante la realización del Practicum II y III del máster.

En líneas generales, el método científico adaptado a la educación se divide en diferentes fases, tal como se resume gráficamente en la figura 4 (Sanders, 2007). No es casualidad que las fases del método científico -Observación, búsqueda de información, formulación de hipótesis, experimentación y confirmación o no de las hipótesis y obtención de conclusiones (desarrollo de leyes científicas)- sean un reflejo de las 5 etapas definidas por Dewey, ya que el método científico se fundamenta en sí en el procedimiento indagativo. La fase de experimentación en la aplicación del método científico a la investigación en geología está muy limitada ya que, dada la magnitud de los procesos geológicos en cuanto a extensión física y temporal, se hace inabarcable.

En la actualidad se está produciendo un resurgir de la aplicación del método científico a través de la metodología indagativa en los centros españoles de Educación Secundaria que había estado dormida durante las últimas décadas. En este sentido, se han importado metodologías de aplicación habitual en el entorno anglosajón como el *Problem Based Learning* y el *Project Based Learning*, conocidos frecuentemente por sus siglas en inglés: PBL. De nuevo, no se trata de una metodología nueva, datando sus primeras aplicaciones en varias universidades americanas de medicina de la década de los 60. Su entrada en Europa se dio en 1974 a través de la Universidad de Maastricht, que diseñó todas sus facultades en base a este sistema de aprendizaje.

En el infográfico de la figura 5 (Santiago, R., 2013) se resumen las características principales de la metodología a nivel general y dentro de las particularidades del *Problem* y el *Project Based Learning* en particular.



Figura 4. Infográfico del método científico. Extraído de Sanders, J. (2006-2017). El canasto.es.

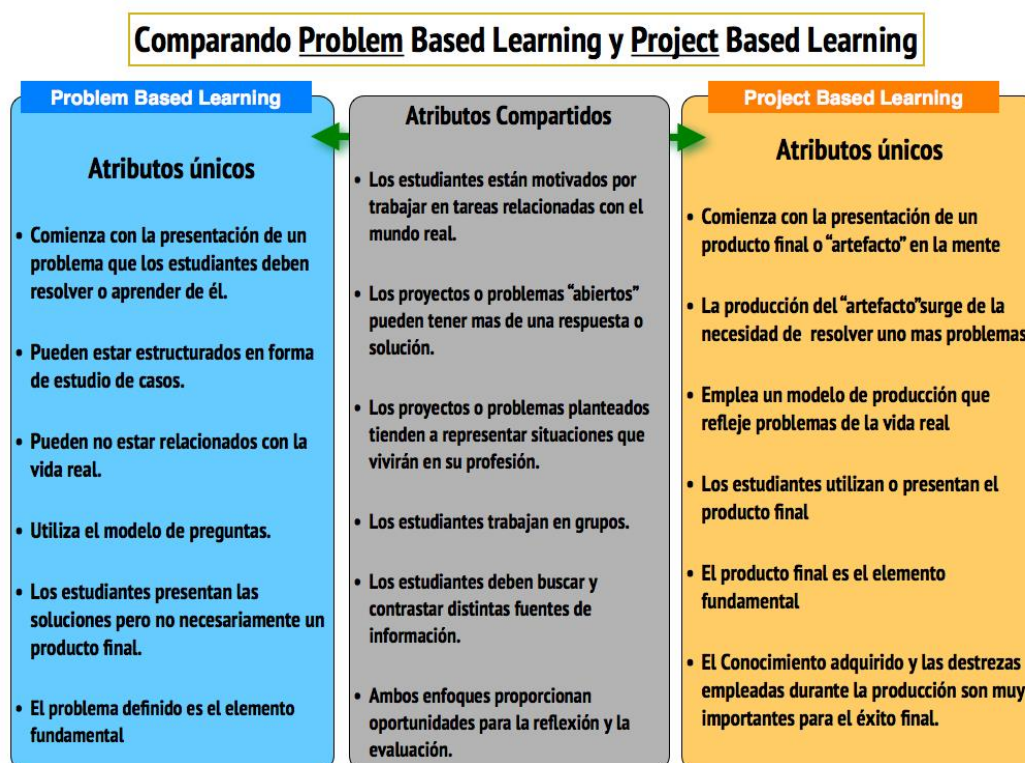


Figura 5. Diferencias entre problem based learning y project based learning. Extraído de Santiago, R. (2013). Theflippedclassroom.es

3.3. La indagación y el Método Científico en el marco de la LOMCE.

Desde el punto de vista del marco legislativo, la indagación y el uso del método científico adquieren un peso fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de las orientaciones metodológicas definidas en la LOMCE, tanto en la etapa de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, como en el Bachillerato.

De forma concreta, dentro de los objetivos de etapa definidos en la Orden ECD/489/2016 de 26 de mayo, se incide en la necesidad de incentivar la creatividad de los alumnos a través de preguntas abiertas en combinación con el método científico. Al igual que la indagación como tal, el método científico se cita además de forma recurrente entre los objetivos y estándares evaluables de diferentes asignaturas, incluida la de Biología y Geología a diferentes niveles.

En Bachillerato y, en particular en el caso de las orientaciones metodológicas de la asignatura de Biología y Geología de 1º, definidas en la Orden ECD/494/2016 de 26 de mayo, se define la necesidad de incluir actividades que partan de preguntas abiertas y que lleven al alumno a formular hipótesis y contrastarlas a través de la observación y la experimentación para extraer conclusiones. Se incluye también dentro de las mismas orientaciones metodológicas la posibilidad de desarrollar proyectos de indagación que podrán recogerse en un documento digital y exponerse en el aula. Estas orientaciones se concretan en los objetivos 8 y 9 definidos para la Asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato que se tratarán en el apartado 4.3 de este trabajo.

A partir de estas premisas, la actividad propuesta en este trabajo se ha orientado de forma que se ajuste en la medida de lo posible a las orientaciones metodológicas definidas en las órdenes citadas y de aplicación en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón.

3.4. Estado del arte de la teoría de la Tectónica de Placas.

No es materia de este trabajo realizar un desarrollo teórico de la Tectónica de Placas si bien es importante considerar la evolución y el estado del arte de su conocimiento a la hora de estudiar la trasposición didáctica de sus fundamentos al alumnado de 1º de Bachillerato.

En este sentido, si bien no se trata de una teoría reciente (su formulación data de 1968), el momento de su definición sigue constituyendo el punto de inflexión que revolucionó la geología y las ciencias de la tierra, aportando coherencia a las diferentes observaciones inconexas que se habían realizado hasta la época e integrando los diferentes conceptos de una ciencia que hasta el momento había sido eminentemente descriptiva. Se pasó con ella “*del cómo es al cómo funciona*” (Pedrinaci, 2001). El nacimiento de esta teoría constituye por tanto el primer paso en el desarrollo de la concepción dinámica del sistema planeta Tierra que se ha tomado como piedra angular en la justificación del desarrollo de este trabajo.

En el muy recomendable artículo “*La tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta*” (Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.A., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G., 2013), se analiza precisamente el aspecto del desarrollo aún en evolución de la teoría y los retos que esto plantea de cara a su trasposición a los libros

de texto escolares y a las actividades desarrolladas en la Enseñanza Secundaria. A grandes rasgos, se considera que a pesar de ser una teoría integradora que da explicación de forma fundamentada a los procesos que tienen lugar en nuestro planeta, constituyendo el cuerpo doctrinal actual de las ciencias de la tierra, no ha sufrido todavía las revoluciones necesarias para depurarla y ampliarla, como sucedería por ejemplo en el campo de la física con las revoluciones drásticas del conocimiento desde la ley de la Gravitación Universal, a través de la teoría de la Relatividad primero y de la Física Cuántica y las teorías de Cuerdas y Supercuerdas más recientemente.

Adicionalmente, dentro de su carácter relativamente joven, la teoría de la Tectónica de Placas, desde que fue formulada y aceptada por la comunidad científica y traspuesta a los libros de texto, ha sufrido y sigue estando sujeta a una evolución continua a través de la investigación y la búsqueda de respuestas de muchos de los frentes que aún quedan por resolver.

El punto flaco principal de la teoría ha sido históricamente el de determinar el motor del movimiento de las placas que, en los libros de texto a nivel de Educación Secundaria y Bachillerato siguen apareciendo como agentes pasivos que son desplazados el movimiento de las células de convección. Si bien la convección sigue siendo considerada como uno de los motores principales dentro de la dinámica terrestre, considerar su acción en exclusiva entra en conflicto con la propia observación del movimiento y de las variaciones en la geometría de las placas, así como con los modelos físico-matemáticos de las propias células de convección. En la actualidad está aceptado por la comunidad científica que las placas intervienen de forma activa en su propio movimiento (modelo top-down) y que el hundimiento por gravedad de la corteza oceánica envejecida en las zonas de subducción arrastra al resto de la placa dando paso a la creación de corteza oceánica en forma de relleno pasivo en las dorsales oceánicas. Este movimiento pasa a ser uno de los actores principales en la Tectónica de Placas. Introducir al alumnado en las teorías más recientes sobre el motor de la Tectónica de Placas a través, por ejemplo, de vídeos documentales como el de “*La Tierra (la Fosa de las Marianas)*” (History Channel - A&E Television Networks, 2009), despertaría su interés por la teoría y por la geología en general.

Otra cuestión que ha tenido una gran evolución histórica es el del propio mapa de las placas tectónicas. Los mapas de naturaleza más tradicional incluyen 7 grandes placas, que se amplían a 14 si se incluyen también las de tamaño mediano, tal como se definieron en “*The new view of the Earth*” (Seiya Uyeda, 1978). Comúnmente se consideran las placas Euroasiática, Africana, Indoaustraliana, Norteamericana, Sudamericana, Pacífica, Antártica, Arábica, Caribeña, de Coco, de Nazca, de Juan de Fuca, de Scotia y Filipina. Sin embargo, estudios más recientes añaden decenas más de placas con lo que surge la duda de cuál es el material idóneo para su uso en clase. Con la intención de no complicar en exceso el visionado del mapa por parte de los alumnos, en el caso de la actividad descrita en este trabajo, se tomó el mapa traducido de la versión del libro online “*This Dynamic Earth*” (USGS, 1996), que además de las 14 placas citadas anteriormente, incluye la Placa India (ver figura 6). Sin embargo y en conformidad con lo citado en la bibliografía, es necesario considerar que en algunos casos la falta de especificidad puede llevar a la propia teoría de la Tectónica de Placas a contradecirse en determinadas zonas, como por ejemplo al no considerar la Placa de Anatolia como placa diferenciada de la Placa Euroasiática (Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.A., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G., 2013).

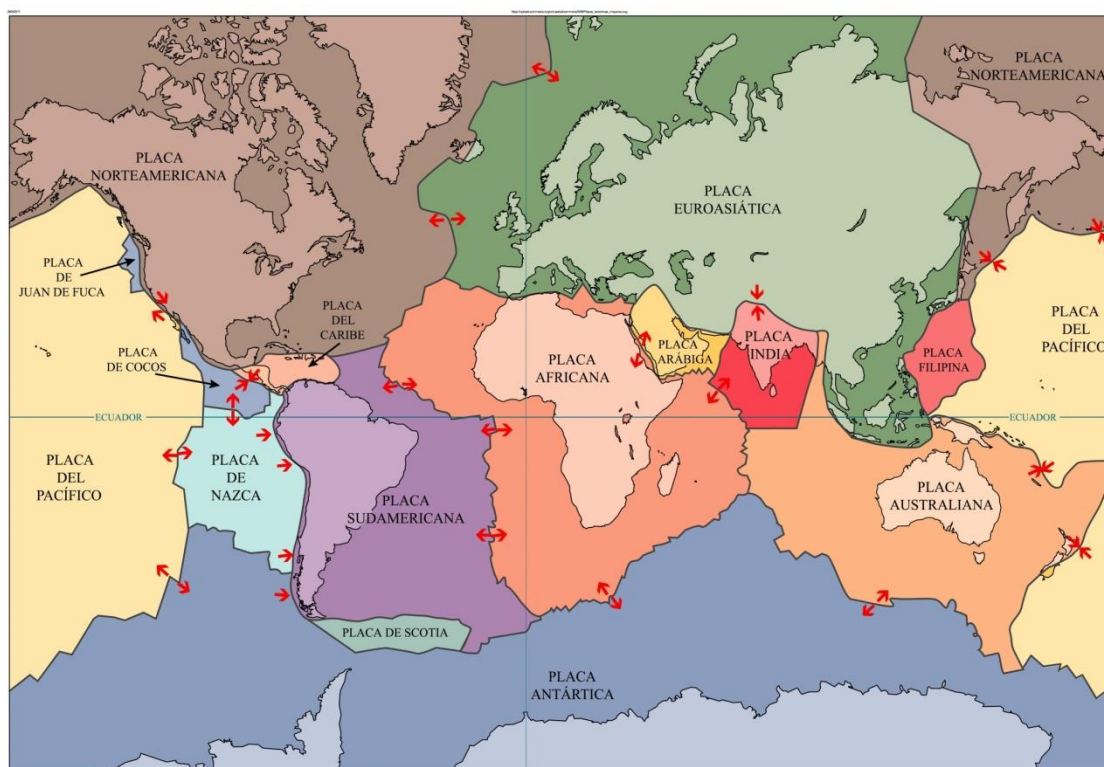


Figura 6. Mapa de las 15 placas tectónicas mayores; Fuente: Traducido de USGS (1996).

Un tema que no suele citarse en la literatura de Educación Secundaria y Bachillerato es que el movimiento de las placas litosféricas se da en forma de rotación en torno a un eje que atravesaría el Centro de la Tierra y los denominados Polos de rotación o de Euler. Esta simplificación tiene como consecuencia que la deriva de los continentes a lo largo de la historia de la Tierra pueda resultar contradictoria con la concepción bidimensional que se desarrolla en el aula. En la actualidad, los modelos geológicos-geofísicos que se habían venido utilizando para medir indirectamente la velocidad relativa a la que se desplazan las placas ha sido complementada por la aparición de modelos geodésicos que, desde la implementación del GPS, han posibilitado integrar de forma rápida una gran cantidad de datos que corroboran los cálculos y observaciones realizados para las placas mayores y, lo que es más importante, que han contribuido a definir la existencia y movimiento de las placas más pequeñas. Si bien introducir estos conceptos en el aula de forma teórica podría resultar excesivamente complejo a ese nivel, su visualización tridimensional a partir de animaciones de modelos podría despertar enormemente el interés del alumnado por un campo que en la actualidad se encuentra en auge dentro de la investigación interdisciplinar en geología y cuya aplicación conducirá a mejoras notables en la definición de riesgos geológicos a nivel mundial.

Otro punto de importancia significativa es la rigidez o no de las placas litosféricas. Si bien en la bibliografía se han definido tradicionalmente como cuerpos rígidos y, de hecho es ese mantenimiento de su geometría en el tiempo uno de los puntos clave en la definición de la Deriva Continental (madre de la Tectónica de Placas), estudios recientes indican que presentan una cierta plasticidad, que les conferiría un comportamiento de fluido muy viscoso.

3.5. La teoría de la Tectónica de Placas en la Educación Secundaria.

En el campo concreto de la geología, como se adelantó en el capítulo 2 de justificación, se haría necesario dotar las ciencias de la tierra de un mayor peso dentro del currículo oficial, que se adaptase a su peso real a nivel de la socioeconomía mundial y la realidad cotidiana de los alumnos. Adicionalmente, sería positivo adecuar los contenidos y la forma de impartirlos a una concepción dinámica de la disciplina en la que el alumnado fuese capaz de integrar esta disciplina con otras dentro del concepto de funcionamiento planetario global (Pedrinaci et. al. 2013). Desde este enfoque, es precisamente la Tectónica de Placas la que ofrece una visión más integradora del planeta, explicándose a través de ella la mayoría de procesos geológicos y estando íntimamente relacionada con otros contenidos curriculares como son el relieve terrestre, el cambio climático, las variaciones del nivel del mar, la distribución de rocas o las estructuras geológicas de origen tectónico (Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.A., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G., 2013).

En el currículo español de Educación Secundaria según la LOMCE y tal como aparece en las órdenes ECD/489/2016 y ECD/494/2016, la Tectónica de Placas es parte de los contenidos de las siguientes asignaturas:

- Biología y Geología de 4º de ESO (asignatura troncal de opción; Enseñanzas Académicas).
- Biología y Geología de 1º de Bachillerato (asignatura troncal de opción; C. Salud).
- Cultura Científica de 1º de Bachillerato (asignatura específica obligatoria; Ciencias).
- Ciencias de la Tierra y el Medioambiente de 2º de Bachillerato (asignatura de libre configuración tanto de C. Salud, como de C. Tecnológico).
- Geología de 2º de Bachillerato (asignatura troncal de opción; C. Salud o específica tanto de C. Salud, como de C. Tecnológico).

En el caso concreto de 1º de Bachillerato, en el que se centra este TFM, la Tectónica de Placas se trata entre los bloques 7 y 8. Los apartados específicos del BOA citado referentes a estos bloques, con la definición concreta de criterios de evaluación, competencias clave y estándares de aprendizaje evaluables, se tratarán de forma específica en el apartado 4.8 de este trabajo.

Sin entrar en mayor detalle, el enfoque que se le da a la teoría dentro de las asignaturas en las que se engloba en el currículo español es, como se ha insistido en varias ocasiones a lo largo de este trabajo, eminentemente descriptivo. Esto es así incluso en el caso de las actividades propuestas como desarrollo de proyectos encontradas en los libros de texto consultados que, si bien incentivan la búsqueda autónoma de información de los alumnos en fuentes de datos diversas, no incluyen la observación ni la elaboración de hipótesis en esos proyectos.

3.6. Análisis de aplicación de proyectos de indagación e innovación docente en la Enseñanza Secundaria

En el desarrollo de una propuesta docente, es importante considerar, no solamente su fundamentación teórica estricta, sino también posibles experiencias que se hayan recogido a partir de la implementación práctica de propuestas similares. En este sentido, como ya se describió en detalle en el apartado 3.1, la indagación como herramienta didáctica no es un campo de estudio reciente. Sin remontarnos a etapas anteriores de la historia, existen ejemplos de implementación reciente en la didáctica de las ciencias experimentales en Educación Secundaria, en particular en torno a la década de los 80-90. Con el objetivo de estudiar el grado de éxito que alcanzaron estos proyectos y de fundamentar futuras propuestas didácticas de forma que se corrijan y minimicen los problemas encontrados en el pasado en la medida de lo posible, se han considerado algunos estudios de implementación desde una perspectiva cuantitativa y cualitativa. En concreto se han considerado dos proyectos de innovación docente, basados en la indagación o que la incluyen dentro de los recursos que desarrollan: *SATIS* y *Projecte Ciències*.

- **SATIS**, denominado así por sus siglas en inglés "*Science and Technology in Society*" fue desarrollado con el ánimo de ayudar a los profesores a relacionar la ciencia y la tecnología con la realidad cotidiana de los alumnos. El programa fue creado por la *Association for Science Education* (ASE) británica en 1984 y se estructura en unidades sencillas a desarrollar en 75 minutos, abiertas a la modificación y creadas para cubrir temas de ciencia y tecnología dentro de su contexto social. El proyecto está enfocado a alumnos de menos de 16 años y la mayor parte de las unidades fue desarrollada entre 1980 y 1989, aunque muchas de ellas fueron actualizadas entre los años 2000 y 2009.
- **Projecte Ciències 12-16:** Desarrollado por el *Departament d'Educació* de la Generalitat de Catalunya e implementado entre los años 1990 y 2003, su estructura tiene como objetivo que los alumnos reconstruyan los contenidos disciplinares de diferentes materias de ciencias a partir de la indagación y la aplicación del método científico, de forma que entren en contacto con la naturaleza del objetivo del estudio de las ciencias.

El desarrollo y los resultados obtenidos a partir de la implementación de ambos programas se analizan en los artículos *Factores que determinan la supervivencia de una innovación educativa* (Albeiras Maymí, J., y Solsona Pairó, N., 2009), que analiza la implementación del *Projecte Ciències* en 60 centros de Secundaria de Cataluña y *SATIS (16-19): an evaluation of this resource for post-16 science education* (Stewart, M., 1997) que hace referencia a la posibilidad de ampliación de los materiales desarrollados en el programa SATIS para su uso con alumnos y estudiantes de más de 16 años.

Si bien los dos programas analizados se diseñaron para la Enseñanza Secundaria Obligatoria y no se puede afirmar que sean completamente extrapolables a alumnos de Bachillerato, considerar los resultados obtenidos es interesante. En general, los artículos considerados ponían de manifiesto los siguientes puntos:

- En el caso del *Projecte Ciències*, los profesores encontraron que el paso de un planteamiento de tipo “clase magistral” a la filosofía constructivista requerida por el proyecto no resultaba fácil ni a los alumnos, ni a los profesores que se encontraban con una carga inabarcable de trabajo extra que no podía cubrirse dentro del horario lectivo. Adicionalmente, al implementarse solamente en algunas asignaturas, se rompía la homogeneidad del método educativo a nivel de centro, surgiendo conflictos con otros profesores y en el desarrollo del propio proyecto que venían definidos, principalmente, por la alta demanda de tiempo necesario para su implementación. En este sentido, su “rentabilidad” resultaba mucho más baja en cuanto a la adquisición de conocimientos que la de métodos más convencionales, lo que se agravaba con la consideración de que el diseño de los materiales no cubría convenientemente las necesidades particulares de todos los alumnos.
- En el caso del proyecto SATIS, el tiempo resultó ser también un factor decisivo, aunque en este caso y dado que se analiza principalmente su potencial de implementación en niveles superiores, el estudio analizado (Stewart, M., 1997) incide más sobre su aplicabilidad práctica, considerando que el grado de pensamiento abstracto necesario para su éxito no siempre está completamente desarrollado en la franja de edad para la que está pensado el proyecto (12-16 años). Adicionalmente, la metodología requiere que los resultados obtenidos de experiencias de laboratorio sean siempre los adecuados para llegar a las conclusiones esperadas, lo que constituye en sí una meta utópica.

De los resultados de ambas investigaciones se deriva que el diseño de actividades de indagación no solo debería estar enmarcado dentro de un contexto ligado a la realidad social, económica y cultural sino que este hecho ha de resultar evidente a los alumnos. Una temporalización adecuada es imprescindible, teniendo en cuenta qué cuestiones desarrolla la actividad dentro de los contenidos del currículo oficial. Adicionalmente, si bien es positivo que la indagación constituya una parte importante del trabajo del alumnado, la transmisión del conocimiento no puede apoyarse enteramente sobre proyectos de naturaleza constructivista. Es muy importante considerar la inversión de tiempo necesario, no solamente de los alumnos sino de los propios profesores para que una actividad que tiene una intención inicial muy positiva, no acabe convirtiéndose en una sobrecarga de trabajo para ninguna de las partes. Además, es necesario que las actividades de observación y experimentación estén diseñadas de forma que se aseguren resultados viables desde el punto de vista didáctico o bien que, si no lo son, puedan constituir en sí mismos una fuente de análisis y aprendizaje. Por último, en el campo de las ideas alternativas, es necesario hacer un análisis previo para prever problemas potenciales en el desarrollo de la materia.

Este análisis de implementación de ambos proyectos desde diferentes perspectivas se resume en la tabla 1 de la página siguiente.

En el desarrollo de la actividad de indagación que se propone en este trabajo, se han tenido en cuenta estos factores de forma general y se analizarán de manera particular a través de las observaciones de implementación recogidas en el aula en el capítulo de resultados.

Tabla 1. Problemas y atribuciones de los proyectos analizados.

Problemas atribuibles a	Proyecto Ciències 12-16	Programa SATIS
PROFESOR	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad de adaptación a una filosofía constructivista. - Trabajo extra excesivo. - Compatibilización con ideas y prácticas del resto del profesorado. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se hace alusión a este punto en el artículo.
AULA	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de adaptación de las dinámicas del aula. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se hace alusión a este punto en el artículo
INSTITUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Desconexión entre sociedad y escuela. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitación temporal.
PROPIO PROYECTO	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación mucho menos eficiente temporalmente en la adquisición de conocimientos. - Actividades inadecuadas para satisfacer las necesidades de todas las franjas del alumnado. - Materiales escritos peores que un libro de texto standard 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenidos sobrecargan a los alumnos. - Contribución al desarrollo personal del estudiante no resulta suficiente. - Contenidos abstractos/simbólicos difíciles para el estadio evolutivo cognitivo de estudiantes de 16 años. - La introducción de nueva terminología en el lenguaje utilizado podría llevar a malentendidos. - Peligro potencial de que los resultados obtenidos en el laboratorio entren en conflicto con los esperados y necesarios para el éxito didáctico de la actividad. - Problemática con ideas alternativas erróneas preconcebidas

4. DISEÑO METODOLÓGICO

Como se ha explicado en el marco teórico de este trabajo y, tal como se indica en el título, la propuesta realizada se define por la aplicación de la indagación y el método científico al aprendizaje de la Teoría de la Tectónica de Placas. Originalmente se consideró su posibilidad teórica de implementación en diferentes niveles de la Educación Secundaria (4º de ESO y 1º de Bachillerato) pero en el presente trabajo se analizará únicamente a nivel de 1º de Bachillerato por no contarse todavía con información de su aplicación en niveles de la ESO.

Se define para el desarrollo de la misma un proceso indagación parcialmente basado en el alumno en el que el profesor define los contenidos y la extensión de la investigación, así como la estructuración de los resultados y la presentación de los mismos pero el foco del trabajo está en el estudiante y su propia curiosidad. El problema del que se parte es la observación de los propios eventos sísmicos y vulcanológicos, a partir de los que el estudiante debe desarrollar, basándose en un modelo de preguntas facilitado por el docente, un conocimiento significativo de los procesos planetarios que los originan. La labor del docente se define como la de un “sabio en la sombra”, disponible para la resolución de dudas concretas a demanda del estudiante pero sin interferir de forma activa en la investigación (se permitirá a los

alumnos que cometan sus propios errores y aprendan a través de ellos). De forma concreta, la actividad responde a un modelo de tipo PBL (*problem based learning*), tal como fue definido en el apartado 3.2. Se espera que los estudiantes asuman, de esta forma, una mayor responsabilidad en su aprendizaje.

La actividad propuesta se divide en las siguientes fases, que serán descritas de manera detallada en el apartado 4.4 de metodología y secuenciación:

- Fase 0 consistente en una evaluación inicial y la explicación de la actividad.
- Fase 1 de observación.
- Fase 2 de documentación y búsqueda de información.
- Fase 3 de formulación y validación de hipótesis (en ausencia de experimentación).
- Fase 4 de exposición de resultados.

4.1. Conocimientos previos

Para un desarrollo fluido de la actividad, se considera que los alumnos deberán tener nociones básicas sobre dinámica global y tectónica de placas a comienzo de la misma y un nivel mínimo de conocimientos de partida deseables equiparables a los adquiridos en el nivel directamente anterior al del curso en el que se encuentren. Para definir los conocimientos previos, se ha partido de los estándares de aprendizaje de 4º ESO extraídos del BOA Núm. 105 de 2 de junio de 2016.

- *Est.BG.2.6.1. Analiza y compara los diferentes modelos que explican la estructura y composición de la Tierra. Modelo dinámico y modelo geoquímico.*
- *Est.BG.2.7.1. Relaciona las características de la estructura interna de la Tierra asociándolas con los fenómenos superficiales: vulcanismo, sismicidad, tectónica de placas y orogénesis.*
- *Est.BG.2.8.1. Expresa algunas evidencias actuales de la deriva continental y la expansión del fondo oceánico.*
- *Est.BG.2.9.1. Conoce y explica razonadamente los movimientos relativos de las placas litosféricas.*
- *Est.BG.2.9.2. Interpreta las consecuencias que tienen en el relieve los movimientos de las placas.*
- *Est.BG.2.10.1. Identifica las causas que originan los principales relieves terrestres.*
- *Est.BG.2.11.1. Relaciona los movimientos de las placas con distintos procesos tectónicos.*

Para comprobar si el nivel de los conocimientos previos del grupo es suficiente para el desarrollo de la actividad, se realizará una pequeña evaluación de nivel no sujeta a calificación al comienzo de la misma, idealmente en forma de juego, actividad competitiva, etc. A modo de ejemplo, en el anexo 1 se incluyen las capturas de pantalla del Kahoot que se desarrolló como prueba de nivel de 1º de Bachillerato durante la realización del Practicum II y III. El ejercicio constó de 15 preguntas sobre los contenidos generales de la materia de geología en 4º de ESO y estuvo basado en el libro

de texto de la asignatura que habían tenido los alumnos el año anterior. En el apartado 5.1 se describirá la prueba de nivel de forma más detallada, desde la perspectiva de la selección de las preguntas relacionadas con la Tectónica de Placas que aparecieron en el “Kahoot de salida de la asignatura” así como de los resultados obtenidos en la misma.

4.2. Ideas alternativas

No se pretende que el listado sea exclusivo pero en base a mi propia experiencia y de acuerdo con la bibliografía consultada (Pedrinaci, 2002), se considerarán las siguientes como ideas alternativas más frecuentes en el campo de la dinámica terrestre:

- El relieve es inmutable: Siempre ha estado ahí y siempre lo estará.
- La formación de las montañas se dio en algún momento del pasado pero no se considera que sea un proceso actual ni futuro.
- La formación de un orógeno es siempre un proceso catastrófico que se dio en una época de eventos catastróficos de la historia de la tierra.
- A pesar de que parece estar claro que, si hay un fósil marino en una roca, esta debió de crearse bajo el mar, tiende a explicarse este hecho, incluso a altitudes de más de 3.000 msnm., exclusivamente en base a subidas y bajadas del nivel del mar.
- Las diferencias entre el concepto de placa tectónica y el de continente pueden estar poco claras. En general, existe un problema de discernimiento entre geografía física y política.
- Una dorsal oceánica es una cordillera submarina y, como cordillera, ha tenido que formarse de la misma forma que cualquier otro orógeno.
- Si se forma un orógeno, esto es debido a esfuerzos verticales.

A lo largo del desarrollo de la actividad, se realizarán preguntas destinadas a que los propios alumnos se cuestionen estos puntos y cubran, a partir de sus propias deducciones y preguntas, posibles lagunas de comprensión.

4.3. Objetivos

Se han dividido los objetivos de la actividad en dos grupos: objetivos curriculares y objetivos competenciales. A estas dos características, extraídas del marco normativo español, se ha añadido una tercera de objetivos no normativos que se orienta a desarrollar en el alumnado una perspectiva planetaria global.

Los **objetivos curriculares**, definidos en el BOA Núm. 106 de 3 de junio de 2016 para la asignatura de Biología y Geología y se describen a continuación.

- *Obj.BG.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.*

- *Obj.BG.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.*
- *Obj.BG.3. Reconocer la coherencia que ofrece la teoría de la Tectónica de Placas y la visión globalizadora 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.*
- *Obj.BG.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.*
- *Obj.BG.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.*
- *Obj.BG.9. Desarrollar habilidades 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.*

En cuanto a los **objetivos competenciales**, a través del desarrollo de este proyecto de indagación se pretende:

- Desarrollar la **competencia en comunicación lingüística (CCL)** en tanto que los alumnos deberán realizar el análisis de textos de naturaleza científica, mejorando sus habilidades de comprensión lectora en diferentes idiomas (se consideran el castellano y el inglés, si bien en función del centro en el que se desarrolle la actividad, podrían incluirse otros como el alemán o el francés). Los resultados de la actividad indagativa se expondrán de forma oral ante la clase, con lo que se pretende que los alumnos desarrollen su capacidad de transmisión oral de forma correcta y bien estructurada.
- Hacer uso constante de la **competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)** a través de la implementación del método indagativo-científico, el uso de sistemas de conversión de coordenadas geográficas, la interpretación y desarrollo de gráficos y mapas de diferente naturaleza, etc.
- Contribuir al desarrollo de la **competencia digital (CD)**, ya que fase 1 de observación se fundamenta en exclusiva en el uso de aplicaciones para móvil, tableta u ordenador. La fase 2 de documentación y búsqueda de información también tendrá una fuerte carga digital, realizándose fundamentalmente a partir de fuentes de la red, así como la fase 4 de las presentación de resultados, en el caso de los alumnos que decidan utilizar medios digitales de cualquier tipo para ello.
- Al ser la actividad fundamentalmente responsabilidad del propio alumno, apoyado en el docente que actuará como “sabio en la sombra”, se desarrollará especialmente la **competencia de aprender a aprender (CPAA)**, a través del desarrollo por parte

del alumno de estrategias de estructuración de los contenidos y el tiempo con apoyo docente.

- De forma subordinada se desarrollarán también las **competencias sociales y cívicas (CSC)** a través del trabajo cooperativo, **el sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIE)**, al ser los alumnos los que decidan que método de exposición implementar y cómo implementarlo y la **competencia de conciencia y expresiones culturales (CEC)**, valorándose positivamente a los grupos que consideren las consecuencias de la actividad planetaria sobre las poblaciones que habitan diferentes zonas de la Tierra, desde una perspectiva social, cultural, en cuanto a su grado de desarrollo económico, etc.

Dentro de los **objetivos no normativos**, se consideran particularmente aquellos que pretenden solventar de alguna forma las debilidades descritas en el capítulo 2 de justificación, que se resumen en:

- Dotar a la geología y a las ciencias de la tierra en general de la relevancia que les corresponde, si bien no a nivel del sistema educativo español, al menos sí en la percepción del alumnado de su importancia dentro de la realidad que se da diariamente a nivel global y que les lleve a comprender la interrelación entre geología, economía y sociedad, entre otras. No se pretende profundizar en este punto en cuestiones relativas a la influencia de la geología en la geopolítica pero pueden ofrecerse unas primeras pinceladas a este respecto, al menos en lo concerniente a la influencia de la magnitud y frecuencia de las catástrofes naturales sobre el grado de desarrollo económico de determinadas zonas del planeta.
- Desarrollar en el alumnado la percepción de la Tierra como cuerpo planetario dinámico y complejo de procesos interrelacionados, hacia una concepción de tipo sistema planetario (*Earth System*).
- Permitir al alumno que realice un seguimiento de manifestaciones tectónicas cotidianas y extraiga conclusiones a partir de sus observaciones, apoyado en la base teórica.

4.4. Metodología

Como ya se presentó a comienzo del apartado 4, la presente propuesta didáctica consiste en el desarrollo de un proyecto de indagación y está fundamentado en la aplicación del método científico al aprendizaje de la teoría de la Tectónica de Placas en 1º de Bachillerato a través de la implementación de un proceso de indagación parcialmente basado en el alumno y con estructura de PBL (tipo *problem based learning*).

La forma de implementación de esta propuesta didáctica se resume de forma gráfica en el anexo 2 (de forma conjunta con la temporalización de cada fase) y se describe en detalle a continuación:

- **Fase 0 - Prueba de nivel y explicación de la actividad.** Consistirá en un juego o actividad competitiva (tipo Kahoot) en la que se evaluará si el nivel de conocimientos de base de los alumnos es suficiente para el desarrollo de la actividad. En caso de no serlo, se llevará a cabo una sesión de repaso de forma previa a la descripción de la actividad. La descripción de la actividad se llevará a

cabo a través de un PowerPoint explicativo en el que se presentarán las apps a utilizar en el desarrollo de la actividad, cómo instalarlas y cómo usarlas. Se presentarán también las fuentes de consulta y se definirán los objetivos y la temporalización de la actividad. El documento utilizado a tal efecto en el Practicum II y III realizado en el C.P.E.S. San Valero de Zaragoza se incluye en el anexo 3.

- **Fase 1 - Observación.** Se realizará a través de apps y páginas web sobre manifestaciones sísmicas y volcánicas del planeta y de actualización prácticamente en tiempo real. Se proporcionará a los alumnos un listado de aplicaciones y webs fiables sobre la materia y se les dividirá en grupos, cubriendo diferentes zonas especialmente activas del planeta (sobre todo en límites de placa, aunque no de forma exclusiva). Si bien, las manifestaciones tectónicas no están ni mucho menos restringidas a esas zonas, y orientar la actividad a la espectacularidad de los grandes terremotos y erupciones volcánicas en los límites de placa incurre en un cierto “tradicionalismo docente” que a priori podría parecer poco innovador (Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.A., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G., 2013), se ha considerado que es mejor comenzar cubriendo objetivos pequeños uno a uno. En este sentido, se han considerado especialmente los objetivos definidos en el apartado 4.3, en concreto el de dotar al alumnado de una visión global de la Tectónica de Placas dentro de una concepción dinámica del planeta. A lo largo de una semana, los alumnos deberán observar los eventos sísmicos de magnitud igual o superior a 4 de sus zonas de referencia y representarlos en un planisferio que se pondrá a su disposición, bien colgado en la pared del aula o haciéndolo circular entre los alumnos al comienzo de cada sesión de la asignatura (ver anexo 4).

Las aplicaciones a utilizar serán: *Google Earth*., *Earthquake Watch* y *Earthquake Alerter*.

- **Fase 2 - Documentación y búsqueda de información.** Para que los estudiantes puedan extraer conclusiones lógicas de sus observaciones, deberán tener unas nociones básicas de dinámica terrestre. Dada la limitación temporal, la fase de documentación se llevará a cabo en paralelo a la fase de observación y se basará fundamentalmente en el repaso de conceptos aprendidos previamente y en el aprendizaje de los temas que hacen referencia a la tectónica de placas en el libro de texto de la asignatura. Adicionalmente, se proporcionará a los alumnos un listado de fuentes de consulta fiables online (ver anexo 3). Se considera que el método óptimo de desarrollo de la fase de búsqueda de información será en forma de trabajo cooperativo y a través de la tutoría entre iguales en horario lectivo dentro de los grupos de trabajo previstos, de forma que los alumnos tengan la posibilidad de resolver posibles dudas y conflictos técnicos con ayuda del docente si lo desean.

Las fuentes de consulta recomendadas serán:

- Web del Earthquake Hazards Program del US GEOLOGICAL SURVEY
<https://earthquake.usgs.gov/>
- Web del Volcano Hazards Program del US GEOLOGICAL SURVEY
<https://volcanoes.usgs.gov/vhp/observatories.html>
- Global Volcanism Program de la Institución Smithsonian.
<http://volcano.si.edu/>

- **Fase 3 - Formulación y validación de hipótesis en ausencia de experimentación.** Una vez recopiladas la información bibliográfica y las observaciones de la actividad terrestre en sus zonas de referencia a lo largo de una semana, los estudiantes deberán extraer conclusiones causa-efecto que lleven a explicar los procesos de la dinámica terrestre que den sentido a los eventos sísmicos y vulcanológicos observados. De nuevo, se considera que el método óptimo de desarrollo de esta fase será en los grupos previstos y dentro del horario lectivo. Para la validación de las hipótesis, el docente realizarán, grupo por grupo, preguntas del tipo “¿crees que las fuentes consultadas son unánimes en cuanto a la explicación de los procesos?, ¿crees que hay otros procesos que podrían explicar los fenómenos observados?,...” y otras de carácter específico en cada área geográfica.
- **Fase 4 - Exposición de resultados.** Los alumnos deberán desarrollar una herramienta de presentación de resultados a su elección y exponer los eventos observados debidamente explicados, así como un megaevento histórico geológico de sus zonas de referencia. De nuevo, al incluir un megaevento en la actividad podría parecer que se peca de “sensacionalismo geológico”, tan presente en el desarrollo de actividades de este tipo pero se ha considerado que este punto en concreto dota a la actividad de especial atractivo, especialmente entre el alumnado joven.

En las presentaciones se deberán incluir obligatoriamente, aunque no necesariamente de forma exclusiva los siguientes puntos:

- Breve descripción de las placas tectónicas de cada zona (continental/oceánica/mixta, grande/mediana/pequeña,...) y de los límites entre ellas (divergentes, deslizantes o convergentes).
- Tipo/s de volcanes y de magma esperables en la zona.
- Actividad sísmica y volcánica observada durante la semana y sus causas (resultado de la indagación).
- Megaeventos que hayan podido darse en cada zona desde que existe registro (grandes terremotos, explosiones volcánicas importantes, tsunamis, etc.)

4.5. Temporalización y secuenciación

De acuerdo con el calendario escolar publicado por Educaragón para el año 2016-2017, el curso lectivo de los alumnos de ESO y Bachillerato se desarrolla a lo largo de un total de 181 días contabilizados que corresponderían a 36 semanas completas. Teniendo en cuenta que en el currículo oficial la asignatura de Biología y Geología de 1º de bachillerato se dispone de cuatro sesiones semanales para el desarrollo de la asignatura y descontando las horas dedicadas a exámenes y repasos, así como a actividades no curriculares, se dispone a modo orientativo de entre 11 y 12 sesiones para el desarrollo del bloque 7: Estructura y composición de la Tierra, que abarca todos los contenidos a desarrollar dentro de la propuesta en la que se basa este trabajo.

En la temporalización concreta de la actividad se considera que serían necesarias entre 7 y 8 sesiones para el desarrollo propiamente dicho (incluida la fase final de exposición de resultados) y de 1 a 2 sesiones para complementar con contenidos teóricos las posibles dudas que pudiesen quedar al respecto de la misma, de forma que

su desarrollo quedaría englobado dentro de los límites de tiempo disponible para el desarrollo de cada bloque.

La temporización del proyecto está representada en la tabla 2, la secuenciación puede consultarse en esa misma tabla y en la figura 8 del anexo 2.

Tabla 2. Temporización de la Propuesta Didáctica.

Fase	Duración
Fase 0 - Prueba de nivel y explicación de la actividad	1 sesión
Fase 1 - observación <ul style="list-style-type: none"> - Se realiza en paralelo a las fases 2 y 3 y como trabajo autónomo de los alumnos en casa. A comienzo de cada clase, se incluyen en el planisferio los eventos observados e día anterior. 	4 sesiones
Fase 2 - Documentación y búsqueda de información	3 sesiones
Fase 3 - Formulación y validación de hipótesis en ausencia de experimentación	1 sesión
Fase 4 - Exposición de resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Preparación de las presentaciones (1 sesión) - Exposición de resultados (2-3 sesiones) 	2-3 sesiones
Repaso de contenidos de cursos anteriores (en caso de ser necesario) y de los contenidos del curso vigente	1-2 sesiones

4.6. Recursos materiales

El desarrollo de la actividad no tiene una alta demanda de recursos materiales, siendo necesarios solamente los de uso más común en cualquier centro de Educación Secundaria.

En este sentido serán necesarios:

- **A aportar por el alumnado:**
 - Al menos un móvil o tableta con capacidad para la instalación y uso de las siguientes aplicaciones: Google Earth, Earthquake Watch y Earthquake Alerter.
 - Material escolar fungible de uso habitual.
 - Libros de texto.
- **A aportar por el centro de estudios:**
 - **Fase 0 - Introducción.** Ordenador y proyector o pantalla digital para la presentación de la actividad y la sesión de introducción a las aplicaciones propuestas.
 - **Fase 1 - Observación.** Planisferio fijo para la pared con pines de colores (en el caso de que los alumnos acudan siempre a la misma aula para el aprendizaje de la asignatura) o planisferios portátiles de tamaño A-3 (en el caso de que los

alumnos se desplacen a diferentes aulas para el aprendizaje de la asignatura). En el anexo 4 se incluye un ejemplo de planisferio completado con las observaciones de los alumnos.

- **Fases 2 y 3 - Documentación y búsqueda de información y formulación y validación de hipótesis.** Ordenadores fijos (sala de ordenadores) o portátiles (en el aula) para consulta de las webs propuestas y desarrollo de las presentaciones. Batería de preguntas desarrolladas por el profesor para cada grupo (personalizadas)
- **Fase 4 - Exposición de resultados.** Ordenador y proyector o pantalla digital para la presentación de la actividad por parte de los diferentes grupos. Rúbricas de evaluación y coevaluación (ver anexo 5).

4.7. Organización de grupos y espacios

Para que la actividad fluya y con el fin de garantizar que la tarea es suficiente aunque no excesiva para todos los miembros del equipo, la configuración ideal de grupos sería en equipos de tres personas. En grupos escolares con un número de alumnos alto, puede aumentarse el número de alumnos por equipo a cuatro para que todos los grupos puedan recibir una zona suficientemente activa del planeta. La organización de los grupos se dejará a libre criterio del alumnado.

El desarrollo de la actividad está diseñado de manera que pueda llevarse a cabo en el aula habitual, con la configuración de aula habitual, si bien pueden hacerse pequeñas modificaciones en la configuración de las mesas para garantizar el correcto desarrollo del trabajo grupal. En general, una correcta iluminación y ventilación de los espacios de trabajo es siempre recomendable.

4.8. Criterios y estándares de evaluación

Los criterios y estándares de evaluación se han dividido en dos grupos, criterios y estándares normativos y criterios y estándares no normativos. Los **normativos** se extraen de los citados en el BOA Núm. 106 de 3 de junio de 2016 para el bloque 7 de la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato, a los que se suman los criterios 8.2 y 8.5 del bloque 8. Todos ellos y su relación con las competencias clave desarrolladas se resumen en la tabla 3. Los **no normativos** se derivan de los objetivos no normativos definidos en el apartado 4.3, en los que se fundamenta la actividad propuesta y se resumen en la tabla 4 (Crit. y Est. A a F).

Tabla 3. Criterios y estándares de evaluación normativos de la propuesta.

CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN NORMATIVOS		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	C. CLAVE
Crit.BG.7.1. Interpretar los diferentes métodos de estudio de la Tierra, identificando sus aportaciones y limitaciones.	Est.BG.7.1.1. Caracteriza los métodos de estudio de la Tierra en base a los procedimientos que utiliza y a sus aportaciones y limitaciones.	CMCT

CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN NORMATIVOS		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	C. CLAVE
Crit.BG.7.2. Identificar las capas que conforman el interior del planeta de acuerdo con su composición, diferenciarlas de las que se establecen en función de su mecánica, y marcar las discontinuidades y zonas de transición.	Est.BG.7.2.1. Resume la estructura y composición del interior terrestre, distinguiendo sus capas composicionales y mecánicas, así como las discontinuidades y zonas de transición entre ellas.	CMCT CCL
	Est.BG.7.2.2. Ubica en imágenes y esquemas las diferentes capas de la Tierra, identificando las discontinuidades que permiten diferenciarlas.	CMCT CCL
	Est.BG.7.2.3. Analiza el modelo geoquímico y geodinámico de la Tierra, contrastando lo que aporta cada uno de ellos al conocimiento de la estructura de la Tierra.	CMCT CCL
Crit.BG.7.3. Precisar los distintos procesos que condicionan su estructura actual.	Est.BG.7.3.1. Detalla y enumera procesos que han dado lugar a la estructura actual del planeta.	CMCT CCL
Crit.BG.7.4. Comprender la teoría de la deriva continental de Wegener y su relevancia para el desarrollo de la teoría de la Tectónica de Placas.	Est.BG.7.4.1. Indica las aportaciones más relevantes de la deriva continental, para el desarrollo de la teoría de la Tectónica de Placas. Explica los postulados de ambas teorías, las compara y analiza las pruebas e ideas sobre el movimiento de continentes y placas tectónicas.	CMCT
Crit.BG.7.5. Clasificar los bordes de placas litosféricas, señalando los procesos que ocurren entre ellos.	Est.BG.7.5.1. Identifica los tipos de bordes de placas explicando los fenómenos asociados a ellos. Reconoce y localiza (en mapas o representaciones) ejemplos actuales de las distintas etapas del Ciclo de Wilson.	CMCT CCL
Crit.BG.7.6. Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica.	Est.BG.7.6.1. Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural.	CMCT CD
Crit.BG.7.7. Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial.	Est.BG.7.7.1. Conoce la clasificación de minerales y rocas e identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas.	CMCT CCEC
Crit.BG.8.2. Categorizar los distintos tipos de magmas en base a su composición y distinguir los factores que influyen en el magmatismo.	Est.BG.8.2.1. Discrimina los factores que determinan los diferentes tipos de magmas, como los procesos de evolución, clasificándolos atendiendo a su composición.	CMCT

CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN NORMATIVOS		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	C. CLAVE
Crit.BG.8.5. Diferenciar los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad.	Est.BG.8.5.1. Analiza los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad.	CMCT

Tabla 4. Criterios y estándares de evaluación no normativos de la propuesta.

CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN NO NORMATIVOS		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	C. CLAVE
Crit. A. Desarrollar la percepción de la importancia de la geología y a las ciencias de la tierra dentro de la realidad cotidiana planetaria e interrelacionar geología, economía y sociedad.	Est. A. Comprende la percepción de la importancia de la geología y a las ciencias de la tierra dentro de la realidad cotidiana planetaria e interrelacionar geología, economía y sociedad.	CMCT CPAA
Crit. B. Desarrollar la percepción de la Tierra como cuerpo planetario dinámico y complejo de procesos interrelacionados, hacia una concepción de tipo sistema planetario (Earth System).	Est. B. Percibe la Tierra como cuerpo planetario dinámico y complejo de procesos interrelacionados, desde una concepción de tipo sistema planetario (Earth System).	CMCT CPAA
Crit. C. Desarrollar competencias en indagación y aplicación del método científico. Razonar los procesos planetarios a partir del seguimiento de manifestaciones tectónicas cotidianas.	Est. C. Es capaz de realizar actividades de indagación y aplicación del método científico. Razona los procesos planetarios a partir del seguimiento de manifestaciones tectónicas cotidianas.	CMCT CPAA
Crit. D. Desarrollar habilidades en el manejo de sistemas de información geográfica simples (tipo GoogleEarth) y en el uso de aplicaciones de sistemas de alerta de terremotos y actividad volcánica (Earthquake Watch, Earthquake Alerter, web del Global Volcanism Program de la Institución Smithsonian).	Crit. D. Es capaz de manejar sistemas de información geográfica simples (tipo GoogleEarth) y de usar aplicaciones de sistemas de alerta de terremotos y actividad volcánica (Earthquake Watch, Earthquake Alerter, web del Global Volcanism Program de la Institución Smithsonian).	CMCT CD
Crit. E. Desarrollar habilidades de documentación a través de literatura impresa, prensa e internet en base a las fuentes proporcionadas (libro de texto de la asignatura, web del Earthquake y del Volcano Hazards Program del USGS, web del Global Volcanism Program de la Institución Smithsonian) y otras. Desarrollar la capacidad crítica para evaluar la utilidad y fiabilidad de diferentes fuentes de consulta.	Crit. E. Es capaz de documentarse a través de literatura impresa, prensa e internet en base a las fuentes proporcionadas (libro de texto de la asignatura, web del Earthquake y del Volcano Hazards Program del USGS, web del Global Volcanism Program de la Institución Smithsonian) y otras. Es crítico en cuanto a la utilidad y fiabilidad de diferentes fuentes de consulta.	CMCT CCL SIE CD

CRITERIOS Y ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN NO NORMATIVOS		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	C. CLAVE
Crit. F. Desarrollar competencias en materia de trabajo cooperativo y exposición ordenada y razonada de resultados. Sensibilizar sobre el efecto de la actividad terrestre (en particular la relacionada con riesgos geológicos) sobre las manifestaciones económicas, sociales y culturales de diferentes comunidades a nivel mundial.	Est. F. Es capaz de realizar trabajo cooperativo y de exponer resultados ordenada y razonadamente. Comprende que existe una relación no exclusiva entre la actividad terrestre (en particular la relacionada con riesgos geológicos) y las manifestaciones económicas, sociales y culturales de diferentes comunidades a nivel mundial.	CMCT CCL CD CSC SIE CEC

4.9. Herramientas e instrumentos de evaluación

La evaluación de la actividad se hará en base a cuatro herramientas:

- Evaluación del trabajo de los diferentes grupos y del grado de participación en el seguimiento diario de la actividad sísmica y volcánica. Las observaciones se harán por una doble vía:
 - A través del seguimiento de la actualización del planisferio de clase (a cada grupo le será asignado un color). Para ello, el profesor deberá seguir, en paralelo a los alumnos, la actividad sísmica y volcánica mundial a lo largo del tiempo de desarrollo del proyecto y determinar si los alumnos están realizando diariamente las anotaciones debidas en el planisferio.
 - En forma de anotaciones estructuradas en el cuaderno del profesor, en base a las cuestiones que surjan en el desarrollo de la actividad.

En el anexo 4 se incluyen los planisferios escaneados resultantes del desarrollo de la actividad tras su implementación en las dos vías de 1º de Bachillerato del C.P.E.S. San Valero.

- Evaluación de las exposiciones de cada grupo por parte del profesor (50%) y en forma de coevaluación intragrupo (30%) e intergrupo (20%). Esta evaluación se hará en forma de rúbricas del profesor y de los participantes de forma anónima e individual. En la rúbrica de coevaluación intragrupo se incluirán cuestiones referentes a la evaluación del trabajo individual realizado por cada integrante dentro de los grupos de trabajo cooperativo. La rúbrica intergrupo se rellenará a lo largo del desarrollo de las presentaciones y servirá por un lado para que los alumnos se evalúen los unos a los otros y, por otro, cumplirá la función de incentivar a los alumnos a que presten atención durante las exposiciones de los otros grupos.

En el anexo 5 se incluyen las rúbricas utilizadas en el C.P.E.S. San Valero durante la realización del Practicum II y III.

- Pregunta de examen sobre aspectos relacionados con la Tectónica de Placas en la zona de referencia de cada alumno considerado. Esta pregunta estará estructurada en dos partes de forma que sea posible evaluar el grado de comprensión de los alumnos sobre la teoría de forma general y sobre la zona trabajada a lo largo del desarrollo de la actividad en particular y permitirá al profesor la evaluación del

nivel adquirido en cuanto a diferentes estándares de evaluación de forma individual para cada alumno.

Una posible pregunta concreta de examen, así como su evaluación, se tratarán en detalle en el capítulo 5 de análisis de datos y resultados.

- Encuestas anónimas a los alumnos sobre satisfacción, autoevaluación del grado de comprensión de la materia y comentarios y propuestas de mejora a través de plataformas de tipo *Survey Monkey*.

Las encuestas utilizadas en el C.P.E.S. San Valero se incluyen en el anexo 6 y sus resultados se analizan en el capítulo 5.

4.10. Criterios de calificación

Los criterios de calificación de la presente propuesta se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. *Criterios de calificación de la Propuesta Didáctica*

CALIFICACIÓN	
Calificación obtenida a lo largo del desarrollo del Proyecto de Investigación:	
- A partir de evaluación docente	25%
- A partir de coevaluación	25%
Calificación obtenida en la prueba escrita	50%

4.11. Medidas de Atención a la Diversidad

Los alumnos de los grupos de primero de Bachillerato de referencia (ver apartado 1.3) no precisan medidas de atención específicas.

En este sentido, dentro de las medidas de atención a la diversidad que se plantean desde esta propuesta didáctica, se consideran las siguientes:

- Se mantendrá un contacto frecuente con el tutor del grupo y la coordinadora del centro para contar y contribuir con información sobre la evolución del alumnado en general.
- Aquellas actividades que se realicen en momentos en que un alumno, por circunstancias justificadas, no pueda acudir a clase, podrán ser realizadas en casa. La fecha de entrega se pactará con el estudiante, dotándole de la suficiente flexibilidad para compatibilizar estudios con su realidad personal.
- En el caso de largas ausencias de un alumno por motivos justificados de salud física, mental o emocional, se buscarán materiales de refuerzo e incluso la organización de grupos de tutoría entre iguales para ponerse al día.

- Los criterios de evaluación y calificación se adaptarán en los casos que sea posible, siempre previo acuerdo con el resto del claustro para asegurar un trato homogéneo del alumnado.
- Se incluirán medidas de refuerzo positivo hacia los alumnos cuyo ritmo de aprendizaje sea más lento. A estos alumnos se les dotará de tutorías adicionales y se le asignará un compañero de clase que tenga más facilidad en la asignatura para realizar tutorías entre iguales.
- En el caso de potenciales alumnos de altas capacidades, se proporcionará material adicional avanzado y la posibilidad de apoyar a sus compañeros en el desarrollo de la actividad.

5. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

5.1. Resultados de la implementación en dos vías de 1º de Bachillerato

Como ya se ha descrito anteriormente, la actividad propuesta se implementó en dos vías de la asignatura de biología y geología de primero de Bachillerato durante la realización del Practicum II y III.

La implementación de la propuesta didáctica no presentó dificultades en ninguno de los dos grupos, que están habituados a realizar trabajos en equipo de forma frecuente ya que, de forma general en la asignatura, el 50% del peso de la nota final se calcula en base a trabajos y el 50% por exámenes. Se estructuró la actividad de forma que hubiese 3 alumnos por grupo y se dio a los estudiantes la posibilidad de organizar los equipos según su propio criterio.

Todos los alumnos (ambas vías) optaron por trabajar en los mismos equipos que lo habían hecho el resto del curso 2016-2017, de manera que la organización se dio prácticamente de forma natural. A cada grupo se le asignó una zona dentro de una lista de áreas con actividad sísmica y volcánica frecuente previamente seleccionadas (ver anexo 3), pudiendo elegir cada grupo voluntariamente la zona a trabajar. Algunos de los alumnos mostraron en el propio proceso de elección que contaban con conocimientos previos e interés particular en determinadas zonas de estudio.

El punto de partida de la actividad fue, como se ha descrito anteriormente, una prueba de nivel de la materia. En la Tabla 6 puede consultarse la selección de las preguntas relacionadas con la Tectónica de Placas que aparecieron en el “Kahoot de salida de la asignatura”. En condiciones ideales, hubiese sido deseable realizar diferentes pruebas de nivel a medida que se avanzaba en los contenidos de geología de la asignatura en lugar de una única que englobase todos los conocimientos adquiridos en geología a nivel de 4º de ESO pero el tiempo disponible para el desarrollo de la actividad fue un factor limitante. Adicionalmente, contando con tiempo suficiente para poder trabajar cada una de las preguntas detenidamente, hubiese sido muy práctico orientarlas de forma que se desarrollase una base conveniente para cubrir los objetivos definidos en el apartado 4.3 y a solventar en la medida de lo posible potenciales ideas alternativas, tal como se definieron en el apartado 4.2. La implementación de la actividad no se dio sin embargo en condiciones ideales, siendo preciso adaptarla a las condiciones reales (limitación de tiempo muy importante y desarrollo paralelo a otros

contenidos de la asignatura). Por este motivo y al no ser posible llegar a conocer bien a los alumnos en una semana y media de tiempo, se optó por desarrollar la prueba de nivel inicial con una doble función evaluativa y formativa y se incluyeron muchas preguntas cuya respuesta fuese: “Todas las respuestas anteriores son ciertas” que, unidas a las representaciones gráficas que aparecían en el encabezado de cada una de las preguntas (ver anexo 1), tenían un objetivo docente “encubierto”, introduciendo a los alumnos inadvertidamente, a través de juegos, en la materia.

Tabla 6. Selección de las preguntas de la prueba de nivel relacionadas con al Tectónica de Placas.

PREGUNTA	OPCIONES
3. La corteza oceánica...	Es principalmente basáltica.
	Tiene relieves como dorsales, llanuras abisales, fosas,...
	Presenta tanto actividad volcánica aislada, como arcos isla.
	Todas son ciertas.
4. La corteza continental...	Está constituida sobre todo por granito y rocas metamórficas.
	Presenta morfologías como penillanuras, rifts y cordilleras.
	Es más gruesa que la corteza oceánica.
	Todas son ciertas.
11. La Teoría de la Deriva Continental afirma que...	Los continentes se deslizan sobre un fondo oceánico inmóvil.
	La rotación de la Tierra podría ser la causa del movimiento.
	En el frente de avance de los continentes se forman arrugas.
	Todas las anteriores son ciertas.
12. La teoría de la Tectónica de Placas afirma que...	Las placas litosféricas se deslizan sobre el manto sublitosférico.
	El movimiento se debe a corrientes de convección.
	Se dan “colisiones” entre placas litosféricas.
	Todas las anteriores son ciertas.
13. ¿Cuántos tipos de de placas litosféricas hay?	2
	3
	1
	5
14. El movimiento relativo de las placas tectónicas puede ser...	Divergente, convergente o de cizalla.
	En los bordes convergentes puede destruirse litosfera.
	En los bordes divergentes se crea litosfera.
	Todas las anteriores son ciertas.

PREGUNTA	OPCIONES
15. En un arco isla o arco de islas...	Las islas son de origen volcánico.
	Puede haber riesgo de tsunamis.
	Suelen ser frecuentes los terremotos y la actividad volcánica.
	Todas las anteriores son ciertas.

La fase de observación se mantuvo en ambos grupos por un periodo de una semana y media natural, a la que correspondieron 6 sesiones de clase. Desgraciadamente, las limitaciones temporales del Practicum impidieron que la propuesta pudiese ser llevada a cabo íntegramente en clase y se hizo coincidir, como trabajo personal en casa, con la enseñanza del bloque 8 (los procesos geológicos y petrogenéticos). En un principio consideré que la carga de trabajo podía llegar a suponer un inconveniente importante a la hora de desarrollar la propuesta pero, pese a algunas reticencias iniciales, el resultado de la actividad resultó satisfactorio. En la tabla 7 se resumen las características generales de implementación de la propuesta didáctica durante el Practicum II y III. Las fichas de reflexión y autoevaluación docente pueden consultarse en el anexo 7.

Tabla 7. Implementación de la Propuesta Didáctica durante el Practicum.

NIVEL Y VÍA EN EL QUE SE IMPLEMENTA LA ACTIVIDAD	1º DE BACHILLERATO	
	IBC/IBT	IBC
Orden de implementación	27/04-04/05/2017	18/05-27/05/2017
Adaptación a la metodología y temporización propuestas	Parcial por falta de tiempo, los estudiantes dispusieron de una semana y media pero el trabajo se realizó desde casa y el papel del profesor como “sabio en la sombra” se realizó por correo electrónico.	
Adecuación de los materiales disponibles	Total	
Adecuación de los espacios	Total	
Número de alumnos	21	21
Configuración de los grupos	3 alumnos / voluntaria	3 alumnos / voluntaria
Resultados generales de la prueba de nivel inicial (Kahoot)	Nivel general medio con importantes diferencias de nivel entre alumnos	Nivel general medio-bajo con importantes diferencias entre alumnos
Acogida y desarrollo de la actividad	Muy buena acogida y nivel de participación e interés alto en la mayor parte de los grupos.	
Consecución de objetivos	La mayoría de los grupos realiza un análisis completo y correcto de la actividad y alcanza los objetivos.	
Evaluación tras fase 4 de presentación de resultados (en cuanto a satisfacción) (Ver anexo 6)	Muy positiva en los 5 parámetros encuestados. Todos los encuestados consideraron la actividad interesante.	Medianamente positiva en los 5 parámetros encuestados. Todos los encuestados consideraron la actividad interesante.

NIVEL Y VÍA EN EL QUE SE IMPLEMENTA LA ACTIVIDAD	1º DE BACHILLERATO			
	IBC/IBT		IBC	
Evaluación tras fase 4 de presentación de resultados (en cuanto a calificación)	Mínima	8,5	Mínima	7,6
	Máxima	9,8	Máxima	10
	Promedio	9,4	Promedio	8,9
	7-8	0 alumnos	7-8	3 alumnos
	8-9	3 alumnos	8-9	6 alumnos
	9-10	18 alumnos	9-10	12 alumnos

5.2. Calificaciones obtenidas por el alumnado

Con el fin de evaluar si lo aprendido durante la actividad había contribuido realmente al aprendizaje significativo de cada alumno, se incluyó, tanto en IBC/IBT, como en IBC la siguiente pregunta referente a la temática concreta en el examen final:

8. Relaciona los tipos de límites de placas con las morfologías y fenómenos asociados a ellos (0,5 ptos.). Realiza una breve explicación de cada uno de los items (1 pto.) y asócialos a la zona que trabajaste en la actividad de observación de terremotos (1 pto.)

1. Límites divergentes	a) Fallas transformantes
2. Límites deslizantes	b) Fosa oceánica
3. Límites convergentes	d) Arco insular
	e) Subducción
	f) Dorsales oceánicas

A partir de esta pregunta y del análisis de los resultados obtenidos por los alumnos a lo largo del desarrollo del Practicum en general, se ha realizado una comparativa de la calificación final obtenida por los alumnos en las actividades que realicé como docente en prácticas y la media de las calificaciones obtenidas por cada estudiante en la 1ª y la 2ª evaluación. Esta comparativa está representada gráficamente en la parte izquierda de la figura 7 de la página siguiente en la que se observa que la línea de ajuste 1:1 sería prácticamente perfecta, correspondiéndose la calificación asignada durante mi labor docente con la nota media de cada alumno de forma fiel. De nuevo, la nube de puntos es homogénea en cuanto a las vías, no existiendo diferencias netas entre ellas.

Dado que la calificación final se apoya, de acuerdo con la programación de la asignatura del centro, al 50% en la calificación de examen y al 50% en la calificación obtenida en los trabajos, he considerado interesante realizar una última comparativa que enfrentase ambas calificaciones. En este sentido, las calificaciones obtenidas en el examen no se correspondieron con las obtenidas en el trabajo práctico en un porcentaje importante de los casos (ver parte derecha de la figura 7), poniéndose de manifiesto que 7 alumnos, a pesar de haber obtenido una calificación alta en la actividad, no habían alcanzado un nivel suficiente en la materia de acuerdo con los resultados de examen: 5 de ellos en IBC/IBT (el 23,8% de su vía) y 2 de ellos en IBC (el 9,5% de su vía).

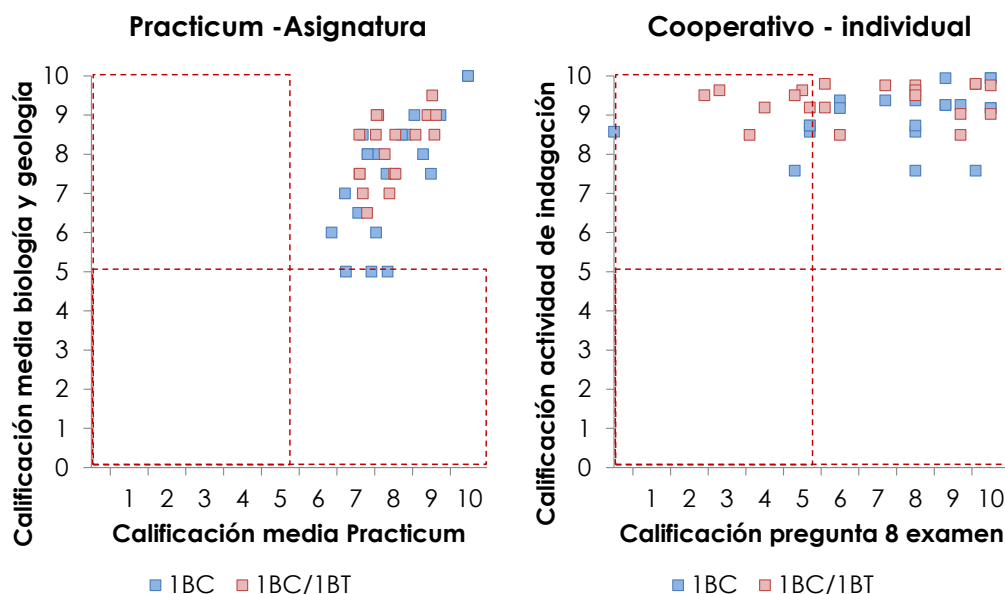


Figura 7. Derecha: Comparativa de calificaciones obtenidas a través de este proyecto docente y en el global de la asignatura (promedio de la 1ª y la 2ª evaluación. **Izquierda:** Comparativa entre la calificación obtenida en la actividad de indagación en cooperativo y en la pregunta de examen correspondiente.

En otras palabras, mientras que las calificaciones obtenidas en la actividad de indagación fueron por lo general altas, las calificaciones obtenidas en el examen fueron heterogéneas, siendo recomendable incluir mejores herramientas de evaluación y calificación para evitar que algunos alumnos no alcancen el nivel de conocimiento suficiente a través de la realización de actividades grupales. De nuevo, no se observa una diferencia neta entre vías.

5.3. Resultados de las encuestas de satisfacción

Al finalizar el periodo docente en prácticas y tras la realización de la actividad de indagación, se ofreció a los alumnos de ambos grupos participar en una encuesta de satisfacción anónima y voluntaria a través de la plataforma *Survey Monkey*. En el anexo 6 y en la tabla 8 de la página siguiente pueden consultarse los resultados de dicha encuesta, en los que se aprecia una diferencia de opinión importante entre vías. Pese a haber proporcionado el link de la encuesta justo tras la realización de la prueba escrita y pese a ser el primer grupo en el que desarrollé la propuesta didáctica descrita en este trabajo, los resultados de la encuesta de satisfacción arrojan datos mucho más halagüeños en el caso de 1BC/1BT que en 1BC. En general, el grado de comprensión y de valoración, tanto de las sesiones teóricas como de la actividad de indagación fueron mucho mejores en ese grupo. Este dato me resultó sorprendente ya que el grado de implicación e incluso en algún caso de pasión a la hora de realizar las presentaciones había parecido muy superior en 1BC. De forma general y centrándome en los resultados de la encuesta referentes a la actividad (preguntas 3, 5, 6, 7, 8 y 9), en la mayor parte de los casos y, como se indicó en la tabla 7, la valoración general de los alumnos encuestados fue positiva.

Tabla 8. Resultados de las encuestas de satisfacción.

Pregunta	IBC/IBT	IBC
3	67% afirma ampliar conocimientos sobre la TP, 33% no	45% amplían conocimientos sobre la TP, 33% no, 20% no tiene claros conceptos
5	50% valoran bien el autoaprendizaje, 50% lo valoran positivamente pero quieren una sesión teórica	33% valoran bien el autoaprendizaje, 45% lo valoran positivamente pero quieren una sesión teórica, 22% no lo valora bien.
6	La actividad resulta interesante al 100% de los encuestados	El 100% de los encuestados valoran la actividad como interesante pero el 22% no tienen claros algunos puntos
7	El 100% tuvo claro qué apps utilizar y cómo hacerlo y siguió la actividad sísmica fácilmente	El 79% pudo seguir la actividad aunque el 22% tiene dudas sobre las apps. El 11% encontró dificultades para seguirla.
8	El 50% valora que la actividad les ha llevado a entender mejor la TP en general y en su zona. Al otro 50% le quedan dudas sobre el general o la zona	El 55% valora que la actividad les ha llevado a entender mejor la TP en general y en su zona. Al otro 45% le quedan dudas sobre el general o la zona
9	El 80% prefiere actividades de indagación centradas en el alumno, el 20% restante prefiere algún apoyo docente.	El 23% prefiere actividades de indagación centradas en el alumno, el 33% prefiere algún apoyo docente, el 22% una centrada totalmente en el docente y el 22% restante prefiere no indagar.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La incentivación del aprendizaje de la geología y de las ciencias de la tierra en general constituye un valor de futuro por motivos muy diversos y es necesario que su relevancia dentro del currículo español de Enseñanza Secundaria refleje el peso real de las disciplinas científicas que la integran. De forma extensiva a los campos de aplicación tradicionales de la geología (recursos minerales, hidrogeología, medioambiente, patrimonio natural, etc.), la evolución esperable hacia eventos cada vez más devastadores, en particular en materia de clima, pone de manifiesto la necesidad de comprender mejor los sistemas naturales que se desarrollan en nuestro planeta, no desde la perspectiva aislada de las diferentes disciplinas científicas, sino también en cuanto a su interrelación dentro de un “*sistema Planeta-Tierra*”. Adquiere así una importancia fundamental despertar el interés por comprender los procesos implicados y su interrelación en las futuras generaciones, no solo de científicos, sino de todos los ciudadanos.

En este sentido, los ciclos del relieve y la Teoría de la Tectónica de Placas son los apartados que aportan una dimensión más claramente dinámica y de sistema de procesos interrelacionados a la docencia de las ciencias de la tierra en general por lo que se consideran un punto de partida interesante para desarrollar esa visión planetaria dinámica en los alumnos. El aprendizaje desde la perspectiva de “sistema planetario” puede beneficiarse además de forma sustancial a través del desarrollo de proyectos en los que el alumno realice un seguimiento de manifestaciones cotidianas y extraiga conclusiones a partir de sus observaciones, apoyado en la base teórica incluida en el currículum oficial.

Con este espíritu, en el presente trabajo se ha desarrollado una propuesta didáctica integradora, fundamentada en la aplicación de la indagación guiada y del método científico al aprendizaje de la geología a niveles de final de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato. Se ha definido para ello una metodología de indagación parcialmente basada en el alumno en la que el profesor define los contenidos y la extensión de la investigación, así como la estructuración de los resultados y la presentación de los mismos pero el foco del trabajo está en el estudiante y su propia curiosidad. La actividad responde a un modelo de tipo PBL (*problem based learning*) en el que el problema del que se parte es la observación de los propios eventos sísmicos y vulcanológicos, a partir de los que el estudiante debe desarrollar, basándose en un modelo de preguntas, un conocimiento significativo de los procesos planetarios que los originan. La labor del docente se define entonces como la de un “sabio en la sombra”, disponible para la resolución de dudas concretas a demanda del estudiante pero sin interferir de forma activa en la investigación. Se han definido 4 fases en el desarrollo de la propuesta docente: Prueba de nivel y explicación de la actividad, observación, documentación y búsqueda de información, formulación y validación de hipótesis en ausencia de experimentación y exposición de resultados.

La actividad se implementó en dos vías de 1º de Bachillerato del C.P.E.S. San Valero de Zaragoza y, de forma general, resultó muy satisfactoria, tanto desde un punto de vista personal, como a partir de las impresiones obtenidas de los alumnos en el aula y en los resultados de las encuestas.

Desde el punto de vista docente, de forma análoga a lo observado en otros proyectos de innovación consultados y tal como se citó en el apartado 3.6, una temporalización adecuada es imprescindible. De esta forma un problema importante en la implementación de la propuesta didáctica que se ha definido en este trabajo fue el del tiempo disponible para el desarrollo de la misma en clase que, en el mejor de los casos fue de 3 sesiones y media, frente a las 11-12 que se consideran necesarias en su diseño metodológico. Por este motivo, gran parte de las cuestiones propias de las fases 2 y 3 tuvieron que ser resueltas en casa por los alumnos, siendo imposible la observación directa y la propia indagación real en los grupos y, reduciéndose el proyecto para muchos de ellos a la observación y documentación de los eventos, aunque sin el punto central de la deducción y el contraste de hipótesis. Adicionalmente, en esas condiciones, el apoyo docente resultó muy difícil y fueron pocos los grupos que enviaron dudas por e-mail o que acudieron a la sala del departamento. En todo caso aunque en un principio consideré que la carga de trabajo podía llegar a suponer un inconveniente importante a la hora de desarrollar la propuesta, pese a algunas reticencias iniciales, la mayor parte de los alumnos se implicaron en ella y mostraron un grado de interés alto.

Corroborando también lo observado en el análisis de propuestas innovadoras anteriores, si bien es positivo que la indagación constituya una parte importante del trabajo del alumnado, la transmisión del conocimiento no puede apoyarse enteramente sobre ella. De esta forma, tanto a la luz de las calificaciones individuales obtenidas por parte de algunos alumnos en la pregunta de examen, como en base a los resultados de las encuestas, un apoyo docente más constante y activo y una o varias sesiones teóricas o teórico-prácticas tras la finalización de la actividad habrían supuesto una gran diferencia para un porcentaje nada despreciable de los alumnos, que estimo en torno a un 30%-40%. De nuevo, la limitación temporal no lo hizo posible. Adicionalmente, un

punto que no se considera en los estudios analizados pero que sin embargo tiene una importancia fundamental es la valoración del autoaprendizaje y de la indagación por parte del alumnado. En base a las encuestas realizadas, aunque en una de las vías la valoración de este tipo de actividades resultó positiva para el 100% de los encuestados, en la otra (IBC), un 22% de los alumnos preferiría no realizar tareas de autoaprendizaje y en torno a un 45% preferiría ser guiado totalmente por el docente, dentro del que un 22% preferiría, directamente, no indagar.

Quizás el punto que resultó menos satisfactorio es el de la evaluación del conocimiento y el seguimiento de la actividad de cada alumno dentro de los equipos de trabajo cooperativo ya que, como se explicó en el apartado 5.2 y tal como puede apreciarse de claramente en la gráfica de la figura 7, en muchos casos individuales no se alcanzó un nivel mínimo, con el agravante de que pasaron desapercibidos en el desarrollo de la actividad grupal. Una inversión de tiempo adecuada habría subsanado en parte este punto aunque se hace necesario el desarrollo de mejores herramientas de control.

De todas formas, a pesar de los puntos citados arriba que requieren revisión y serán tratados en el capítulo 7, el balance fue positivo y, como se ha expuesto en el apartado 5.3, las encuestas muestran que la actividad fue interesante para todos los alumnos encuestados y que la definición de la misma, el uso de las aplicaciones y el seguimiento de la actividad sísmica y volcánica de sus zonas de referencia no entrañó dificultades para la mayor parte de los grupos. Un porcentaje importante de los alumnos evaluó que sus conocimientos en materia de la Teoría de la Tectónica de Placas así como el de la naturaleza y funcionamiento concreto de la zona de referencia trabajada habían aumentado.

En base a criterios menos objetivos, mi percepción como docente observador es que la mayor parte de los alumnos reaccionaron sorprendidos ante la observación de que la actividad sísmica y volcánica mundial es un fenómeno cotidiano y no de naturaleza exclusivamente catastrófica, lo que me lleva a evaluar muy positivamente la consecución de los objetivos descritos en el apartado 4.3, no solamente a nivel de objetivos normativos, sino en especial en cuanto a los objetivos no normativos de desarrollar en el alumnado la percepción de que la Tierra es un cuerpo planetario dinámico y complejo de procesos interrelacionados entre sí, así como el de permitir al alumno que realice un seguimiento de manifestaciones tectónicas cotidianas. Durante la fase 4 de exposición de resultados de las zonas asignadas a cada grupo fue también muy interesante observar desatarse incluso “pasión” en algunos grupos, en particular en el caso de la descripción de megaeventos, donde no faltaron frases del tipo: *“Mi volcán favorito de la zona es...”*, *“esperad que ahora viene lo mejor”*, *“ójala nos hubiese tocado Indonesia”*, *“siempre me gustó la Falla de San Andrés pero ahora prefiero Alaska”*, etc.

7. CONSIDERACIONES FINALES Y FUTURO DE LA ACTIVIDAD

Como se adelantó en el capítulo anterior, a pesar de que la actividad tuvo resultados muy positivos, hay algunos puntos que requieren ser revisados de cara a la implementación futura de la propuesta didáctica descrita. En este sentido, la siguiente

lista no pretende ser exhaustiva pero, en líneas generales se consideran las siguientes mejoras:

- Asegurarse de que el tiempo disponible para el desarrollo de la propuesta es suficiente e intentar respetar la temporalización tal como está descrita en el diseño metodológico del capítulo 4. Si esto no fuese posible, deberían realizarse adaptaciones sobre la propia actividad de forma que al menos parte de su desarrollo (fundamentalmente las fases 0, 3 y 4) se de en el aula.
- A raíz de los resultados arrojados por la comparativa de la pregunta de examen frente a la calificación del trabajo cooperativo, se pone de manifiesto que sería necesario adaptar la evaluación y calificación para garantizar que los conceptos básicos son asimilados por la totalidad de los alumnos. Se hace preciso un mayor control del trabajo y de los conocimientos adquiridos a nivel individual dentro de los grupos de trabajo cooperativo, por ejemplo mediante la mejora de las rúbricas de coevaluación intra- e intergrupar y la creación de una rúbrica de observación docente de la actividad que dé más peso al trabajo individual.
- Se sugiere también aumentar el porcentaje de la prueba escrita sobre la calificación final al 60-70%, aunque priorizando que tanto la evaluación, como la calificación de la actividad y la unidad didáctica que se desarrolla en ella, estén conformes con las descritas en la programación de la asignatura y en la filosofía general del centro.
- Es imprescindible acompañar el desarrollo de la actividad con sesiones teóricas y vídeos en los que se aclaren los conceptos básicos del tema, sin entrar en una explicación específica de lo que sucede a nivel de cada zona, preferiblemente tras el desarrollo de la actividad para no interferir en el proceso indagativo.

8. BIBLIOGRAFÍA

Albeiras Maymí, J., y Solsona Pairó, N. (2009). *Factores que determinan la supervivencia de una innovación educativa*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, núm. 27(3), pp. 393-404

Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.A., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G. (2013). *La tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, núm. 21 (21.2), pp. 168-180.

Boletín Oficial del Estado (2014). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Consultado (11/04/217) en

<https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>.

Boletín Oficial del Estado (2015). *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 de, 29. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Boletín Oficial de Aragón de 2 de junio de 2016 (2016). *Orden ECD/489/2016 de 26 de mayo por la que se define el currículo oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria en Aragón*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

- Boletín Oficial de Aragón de 3 de junio de 2016 (2016). *Orden ECD/494/2016 de 26 de mayo) por la que se define el currículo oficial del Bachillerato en Aragón*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Castiñeiras, M. (2002). *La teoría pedagógica de John Dewey. Aspectos normativos y componentes utópicos*. Revista de filosofía y teoría política, núm. 34, pp. 63-69.
- Dewey, J. (1916). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Ediciones Morata (1998).
- Dewey, J. (1939). *Experiencia y educación*. Serie clásicos de la Educación, editorial Biblioteca Nueva (2004).
- Domènech Casal, J. (2015). *Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, núm. 12(1), pp.186-197
- Feig, A. D., & Stokes, A. (Eds.). (2011). *Qualitative inquiry in geoscience education research (Vol. 474)*. Geological Society of America.
- Frankena, W. K. (1968). *Tres filosofías de la educación en la historia: Aristóteles, Kant, Dewey*. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
- Garritz Ruiz, A., Labastida Piña, D. V., y Espinosa Bueno, S. (2015). *El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento de captura*. X congreso nacional de investigación educativa - área 5: educación y conocimientos disciplinares, pp. 1-13.
- Garritz Ruiz, A., Labastida Piña, D. V., Espinosa Bueno, S. y Padilla, K. (2009). *El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento para capturarlo*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, núm. Extra, pp. 723-727.
- Gobierno de España (2006). *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*. Boletín Oficial del estado, 106 (4). Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Gobierno de España (2013). *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa*. Boletín Oficial del Estado. Consultado (11/04/217) en www.boe.es/diario_boe/txt.php.
- Granda, A. (1988). *Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología*. Enseñanza de las Ciencias, núm. 6(3), pp. 239-243.
- Hall-Wallace, M. K., & McAuliffe, C. M. (2002). *Design, implementation, and evaluation of GIS-based learning materials in an introductory geoscience course*. Journal of Geoscience Education, núm. 50(1), pp. 5-14.
- Pedrinaci, E. (1999). *Geología en el bachillerato: escasa y desestructurada*. Aula de Innovación Educativa, núm. 81, pp. 50-52.

- Pedrinaci, E. et al. (2013). *Alfabetización en Ciencias de la Tierra*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, núm. 21.2, pp. 117-127
- Podlaha, A, Bowen, S., Darbinyan, C., Lörling, N. (2017) *2016 Annual Global Climate and Catastrophe Report*. Aon Benfield Analytics, Impact Forecasting.
- Ramamurthy, M. K. (2005). *A new generation of cyberinfrastructure and data services for earth system science education and research*. Advances in Geosciences, núm. 8, pp.69–78
- Schwab, J. J. (1969). *The practical: A language for curriculum*. The School Review, núm. 78(1), pp. 1-23.
- Sangers, J. (2006-2017). *El método científico*. El canasto. Consultado (15/05/2017) de: <http://https://canasto.es/blog/metodo-cientifico-productividad>
- Santiago, R. (2013). *¿Aprendizaje basado en Problemas o Aprendizaje Basado en Proyectos?* The flipped classroom.com
- Soler, G (2017). *Practicum I, II y III del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas (2016-2017) de la Universidad de Zaragoza*. Memoria de las asignaturas.
- Stewart, M. (1997). *SATIS (16-19): an evaluation of this resource for post-16 science education*. Educational Research, núm. 39(2), pp. 149-156.

9. ANEXOS

ANEXO 1.

**CAPTURAS DE PANTALLA DE LA ACTIVIDAD UTILIZADA
PARA LA EVALUACIÓN INICIAL (KAHOOT)**

PREGUNTA 1

Un mapa topográfico...

16



Skip

0

Answers

▲

Es una representación del relieve de la superficie terrestre

◆

Indica la escala y la dirección del Norte geográfico

●

Tiene curvas de nivel que indican la elevación del terreno

■

Todas las anteriores son ciertas



PREGUNTA 2

La clasificación **descriptiva** de las formas del relieve...

18



Skip

0

Answers

▲

Se realiza en base al aspecto de las formas

◆

El modelado antrópico sería un ejemplo

●

No tiene diferencia con la clasificación interpretativa

■


Se realiza en base al proceso que ha originado esa forma



PREGUNTA 3

La corteza **oceánica**...

19



Skip

0

Answers

▲

Es principalmente basáltica

◆


Tiene relieves como dorsales, llanuras abisales, fosas,...

●

Presenta tanto actividad volcánica aislada, como arcos isla

■


Todo vale!!



PREGUNTA 4

La corteza **continental**...

18



Skip

0

Answers

▲

Está constituida sobre todo por granito y rocas metamórficas

◆

Presenta penillanuras, rifts y cordilleras

●

Es más gruesa que la corteza oceánica

■

Todas son ciertas



PREGUNTA 5

¿Qué es cierto sobre los procesos geológicos externos?

18



Skip

0

Answers

▲

Son meteorización, erosión, transporte y sedimentación

◆

Suelen llevar al levantamiento del terreno

●

Suelen ser de naturaleza catastrófica

■


Todas las anteriores son ciertas



PREGUNTA 6

La meteorización...

20



Skip

0

Answers

▲

Debe su nombre a la acción de los meteoritos

◆


La hidrólisis se produce como consecuencia del CO2 disuelto

●

La gelifración se da únicamente en áreas de montaña

■

Es la disgregación de las rocas por agentes ambientales



PREGUNTA 7

La erosión...

19



0 Answers

▲ Evacúa detritos o clastos producidos por la meteorización

◆ Arranca clastos de las rocas

● Redistribuye la masa de los continentes

■ Todas las respuestas son ciertas


Skip



PREGUNTA 8

¿Qué es cierto sobre el transporte y la sedimentación?

16



0 Answers


▲ Los materiales pueden transportarse en disolución

◆ Cuando la energía es alta, todos los clastos son grandes

● Siempre se produce estratificación

■ En la foto (Mar del Norte) se ve un medio de alta energía

Skip



PREGUNTA 9

¿Cuál es la respuesta más acertada sobre el ciclo de las rocas?

15



0 Answers

▲ El metamorfismo se caracteriza por altas temperaturas

◆ Las rocas que se originan a partir del magma son volcánicas

● Se da en el interior y en el exterior de la corteza cont.

■ La diagénesis es el paso de sedimentos a rocas sedimentarias

Skip



PREGUNTA 10

¿Qué es cierto sobre la composición y estructura de la Tierra?

16

[Skip](#)

0
Answers



PIN: 2788563
10 of 15

▲

◆

●

■

G
9.335

▲ La corteza oceánica tiene un espesor variable de 30 a 70 km

● El manto se compone de materiales fluidos tipo "magma"

◆ El núcleo interno se compone sobre todo de Fe y Ni sólidos

■ La corteza y la litosfera son esencialmente lo mismo

PREGUNTA 11

La Teoría de la Deriva Continental afirma que...

14

[Skip](#)

0
Answers



PIN: 2788563
11 of 15

▲

◆

●

■

G
10.428

▲ Los continentes se deslizan sobre un fondo oceánico inmóvil

● En el frente de avance de los continentes se forman arrugas

◆ La rotación de la Tierra podría ser la causa del movimiento

■ Todas las anteriores son ciertas

PREGUNTA 12

La teoría de la Tectónica de Placas afirma que...

18

[Skip](#)

0
Answers



PIN: 2788563
12 of 15

▲

◆

●

■

G
11.682

▲ Placas litosféricas se deslizan sobre el manto sublitosférico

● Se dan colisiones entre placas litosféricas

◆ El movimiento se debe a corrientes de convección

■ Todas las anteriores son ciertas

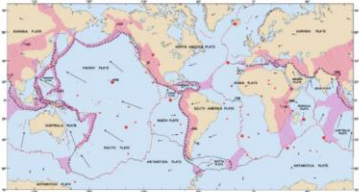
PREGUNTA 13

¿Cuántos tipos de de placas litosféricas hay?

18

Skip

0
Answers




▲ 2

◆ 3

● 5

■ 1



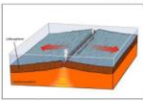
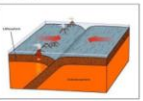
PREGUNTA 14


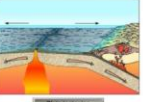
El movimiento relativo de las placas tectónicas puede ser...


19

Skip

0
Answers



▲ Divergente, convergente o de cizalla

◆ En los bordes convergentes puede destruirse litosfera

● En los bordes divergentes se crea litosfera

■ Todas las anteriores son ciertas

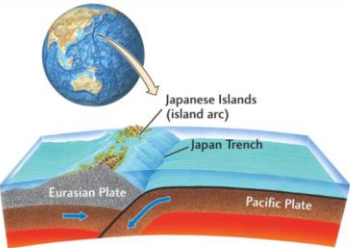
PREGUNTA 15


En un arco isla o arco de islas...

19

Skip

0
Answers





▲ Las islas son de naturaleza volcánica

◆ Puede haber riesgo de tsunamis

● Suele darse sismicidad y magmatismo

■ Todas las anteriores son ciertas

ANEXO 2.
GRÁFICA DE FASES Y TEMPORALIZACIÓN DE LA
PROPUESTA DIDÁCTICA

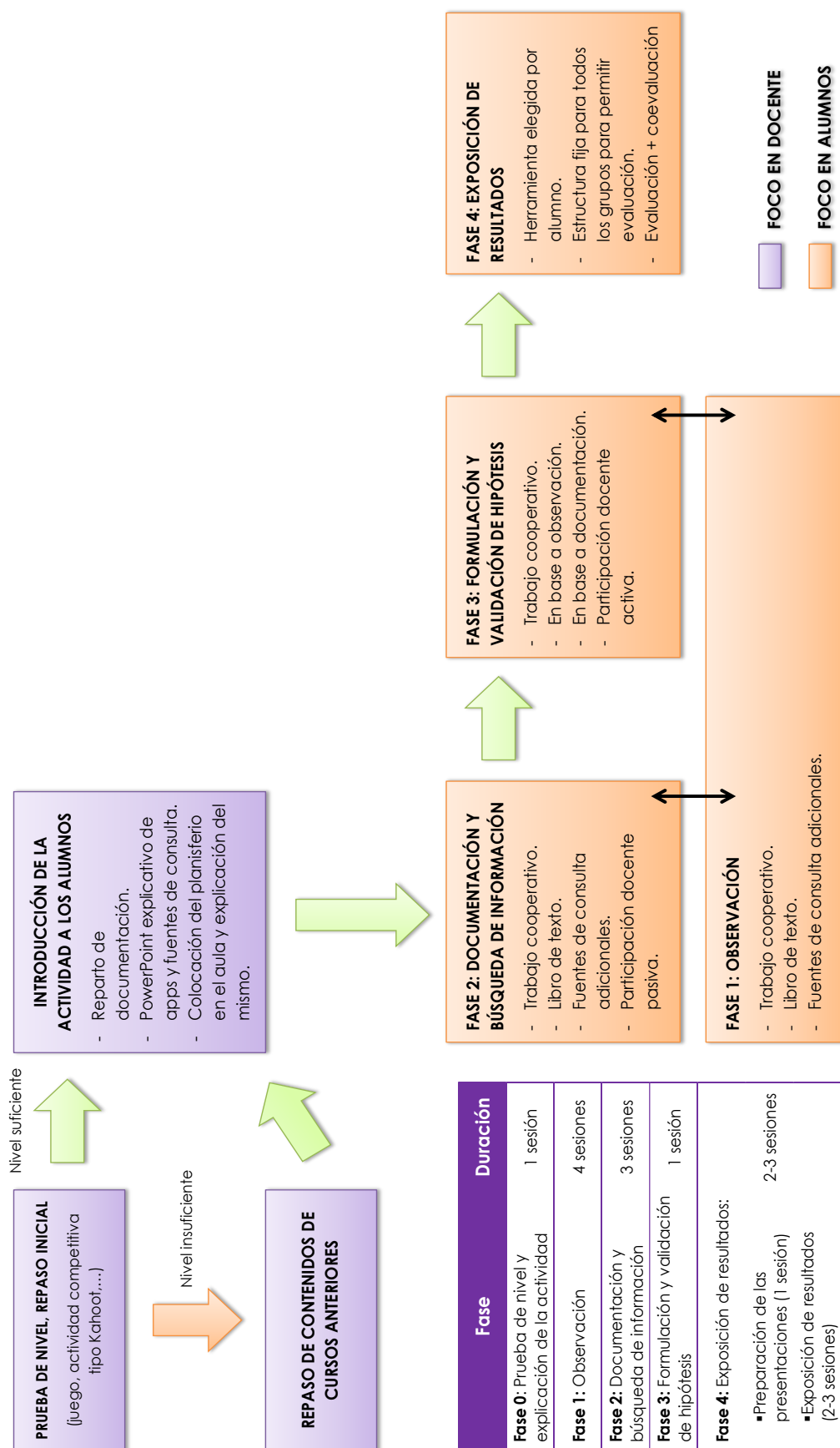


Figura 8. Fases en la implementación del proyecto de indagación.

ANEXO 3.
DOCUMENTACIÓN GENERADA PARA LA PROPUESTA
DIDÁCTICA

DOCUMENTACIÓN PARA EL ALUMNO

ACTIVIDAD 1: Introducción a las aplicaciones sísmicas y vulcanológicas y a la representación de coordenadas en un mapa.

1. Con esta actividad, vais a preparar algunos de los contenidos fundamentales del Tema 12: Estructura, composición y dinámica de la Tierra.
2. El trabajo se realizará en grupo. Se asignará a cada uno de los grupos un área geográfica (ver Tabla 1 y Mapa 1 en la última página) en la que deberá observarse la actividad sísmica y volcánica que se desarrolle en esa zona a lo largo de una semana (18/04-26/04/2017).
3. Al principio de cada clase, circulará por el aula un planisferio con las placas tectónicas mayores en el que cada grupo podrá ir anotando los eventos que se hayan producido en su zona desde la sesión anterior. Por favor, utilizad tñpex para crear base para escribir y anotad la fecha y la magnitud del evento en vuestro color.
4. Se os han proporcionarán también los nombres de las placas tectónicas en las que se ubica vuestra área geográfica de referencia. El objetivo es que busquéis las causas de la actividad tectónica de vuestra zona, utilizando el libro de texto de la asignatura y el listado de fuentes de consulta que se proporciona en el punto 6. No hay problema si queréis consultar también materiales adicionales pero aseguraos de que son fiables porque es fácil perderse en la red... Por favor, no pseudociencia!
5. Los resultados de vuestro estudio se expondrán en clase el martes día 27/04. Cada grupo tendrá 5 minutos y podrá elegir el formato que más le guste (mural, power point, vídeo, canción, teatro, lo que queráis!). Eso sí, siempre que se respete la limitación de tiempo y que se tengan en cuenta los siguientes puntos:
 - a. Breve descripción de las placas tectónicas de vuestra zona (continental/ oceánica/mixta, grande/mediana/pequeña,...) y de los límites entre ellas (divergentes, deslizantes o convergentes). Si son

muchas, elegid las que consideréis más significativas para la actividad tectónica observada.

- b. Tipo/s de volcán y de magma esperables en la zona.
- c. Actividad sísmica y volcánica observada durante la semana.
- d. Megaeventos que hayan podido darse en vuestra zona desde que existe registro (grandes terremotos, explosiones volcánicas importantes, tsunamis, ...)

Os recomiendo echar un vistazo a esto:

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/largest-world.php>

<https://www2.usgs.gov/fag/categories/9819/2731>

Tabla 1. Grupos de trabajo para la actividad 1

Actividad 1: Manifestaciones tectónicas				1BC
Grupo	Color	Integrantes	Área geográfica	Placas a considerar
1	Negro	Nombres de los participantes ocultos por motivo de protección de datos	Costa W americana (Alaska-Mex)	Placa Pacífica, Placa de Juan de Fuca, Placa de Cocos, Placa Norteamericana
2	Azul		Costa W americana (Mex-Tierra del Fuego)	Placa de Nazca, Placa Sudamericana, Placa Antártica, Placa de Scotia
3	Rojo		Fosa de las Marianas y Filipinas	Placa Pacífica, Placa Filipina, Placa Euroasiática, Placa Norteamericana
4	Verde		Fosas de Java y Kermadec (SE asiático, Indonesia, Papúa-Nueva Guinea, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia, Vanuatu, Islas Solomon,...)	Placa Índica, Placa Australiana, Placa Euroasiática, Placa del Pacífico
5	Naranja		Italia hasta Turquía	Placa Euroasiática, Placa Africana, Placa Árabe
6	Rosa		Rif africano	Placa Africana
7	Marrón		Dorsal Atlántico	Placa Euroasiática, Placa Africana, Placa Norteamericana, Placa Sudamericana

El objetivo es que cada grupo sitúe en el mapa los terremotos y la actividad volcánica que se de en su zona asignada entre el 18/04 y el 26/04. Por favor, utilizad tipex para crear base para escribir y anotad fecha y la magnitud del evento en vuestro color.



6. Para la realización de la actividad, se proponen las siguientes fuentes de consulta y aplicaciones:

Listado de fuentes de consulta:

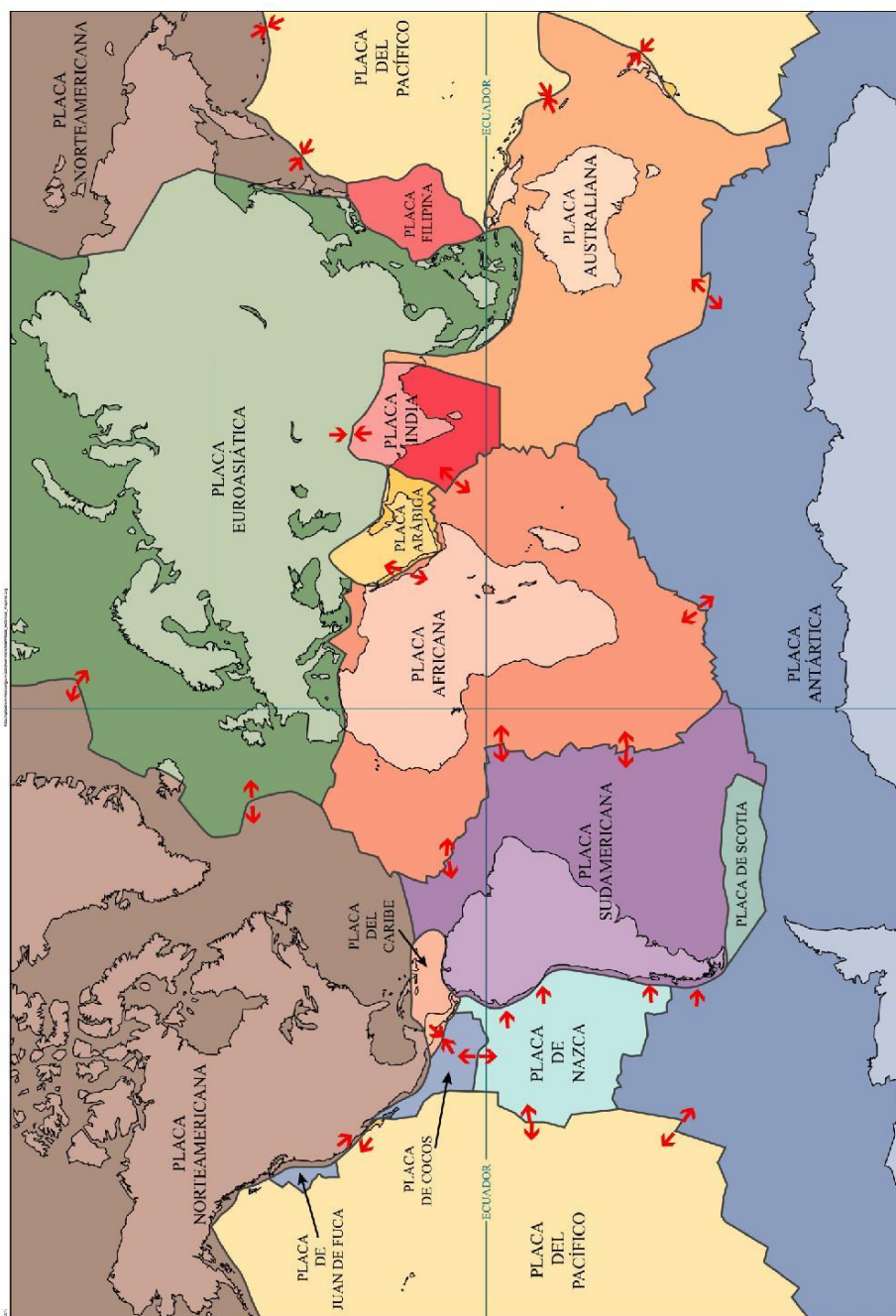
- a. Web del Earthquake Hazards Program del US GEOLOGICAL SURVEY
<https://earthquake.usgs.gov/>
- b. Web del Volcano Hazards Program del US GEOLOGICAL SURVEY
<https://volcanoes.usgs.gov/vhp/observatories.html>
- c. Global Volcanism Program del Smithsonian Institution
<http://volcano.si.edu/>
- d. Red de información sísmica del Instituto geográfico nacional:
<http://www.ign.es/web/ign/portal/sis-area-sismicidad>

Aplicaciones para móvil o tableta:

- a. Google Earth
 - b. Earthquake watch y earthquake alerter (si queréis recibir notificaciones)
 - c. IGN sismología
7. Os recomiendo también que veáis los siguientes vídeos, muy simples e ilustrativos del tema 12 aunque, desgraciadamente, están en alemán.

Si seleccionáis en el vídeo configuración->Subtítulos->traducir automáticamente->español, os aparecerán los subtítulos con una traducción bastante cutre... La terminología puede que falle pero son realmente muy buenos y os podréis hacer una idea en 30 minutillos de nada!

- a. Estructura de la Tierra (10 min):
<https://www.youtube.com/watch?v=bDSYIEhUjmE&t=4s>
- b. Tectónica de Placas I (10 min):
<https://www.youtube.com/watch?v=qbg8r5L4YLg&t=40s>
- c. Tectónica de Placas II (10 min):
<https://www.youtube.com/watch?v=rGnHXbtlubc&t=1s>

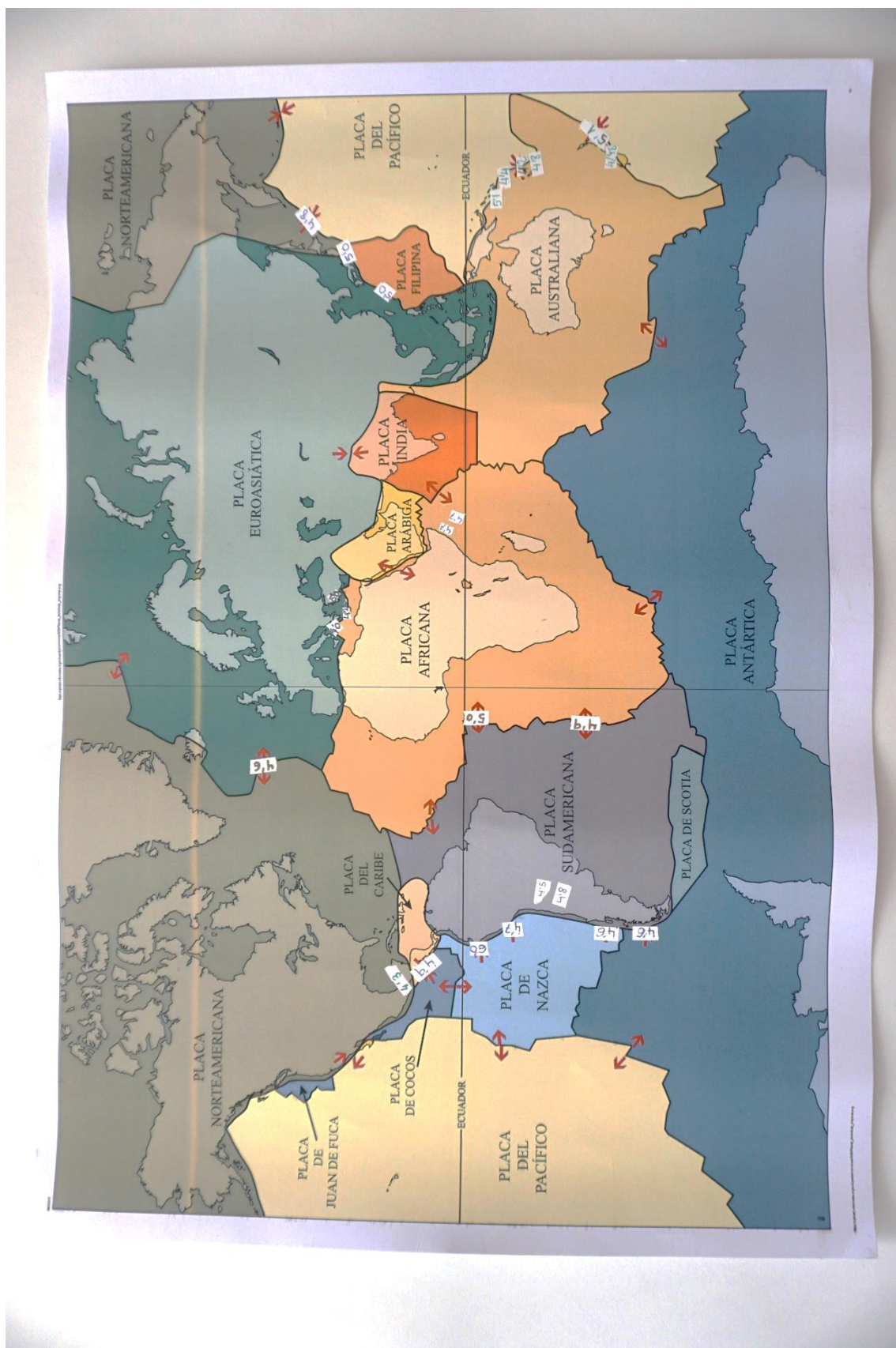


Mapa 1. Placas tectónicas principales

ANEXO 4.

**PLANISFERIOS COMPLETADOS CON LA ACTIVIDAD SÍSMICA
Y VOLCÁNICA OBSERVADA DURANTE EL DESARROLLO DE
LA ACTIVIDAD**





ANEXO 5. RÚBRICAS

RÚBRICA INTERGRUPAL

COEVALUACIÓN ACTIVIDAD 1 - OBSERVACIÓN DE TERREMOTOS

1 BC

Puntualidad	Todos los miembros del grupo asisten a la actividad con puntualidad (2 pts)	Algunos de los miembros del grupo asisten a la actividad impuntuales (1 pts)	Ningún miembro del grupo asiste a la actividad con puntualidad (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			
Exposición	Todos los miembros del grupo exponen algún punto de la actividad de forma ordenada (2 pts)	Solo algunos de los miembros del grupo exponen algún punto de la actividad de forma ordenada (1 pts)	Nadie del grupo expone nada (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			
Preparación y medios	La exposición está muy bien preparada y se entiende todo bien (2 pts)	La exposición está bien preparada pero no se entiende del todo (1 pts)	La exposición no está bien preparada y/o no se entiende (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			
Placas tectónicas	Todos las placas tectónicas implicadas están debidamente señaladas y explicadas (2 pts)	Se señalan las placas tectónicas implicadas aunque no se explican (1 pts)	No se señalan las placas tectónicas implicadas (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			

COEVALUACIÓN
ACTIVIDAD 1 - OBSERVACIÓN DE TERREMOTOS

1 BC

Límites de placa	Todos los límites de placa están debidamente señalados y explicados (2 pts)	Se señalan los límites de placa aunque no se explican (1 pts)	No se señalan los límites de placa (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			
Procesos geológicos implicados	Todos los procesos geológicos implicados en la actividad tectónica están debidamente señalados y explicados (2 pts)	Se señalan los procesos geológicos implicados en la actividad tectónica aunque no se explican (1 pts)	No se señalan los procesos geológicos implicados en la actividad tectónica (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			
Actividad sísmica y volcánica	Se introduce y explica la actividad sísmica y volcánica observada durante la semana (2 pts)	Se introduce la actividad sísmica y volcánica observada durante la semana aunque no se explica (1 pts)	No se introduce la actividad sísmica y volcánica observada durante la semana (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			
Megaevento	Se introduce y explica un megaevento histórico de la zona asignada (2 pts)	Se introduce un megaevento histórico de la zona asignada aunque no se explica (1 pts)	No se introduce ningún megaevento histórico de la zona asignada (0 pts)
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3			
Grupo 4			
Grupo 5			
Grupo 6			
Grupo 7			

Ajuste al tiempo!

RÚBRICA DEL PROFESOR

RÚBRICA ACTIVIDAD 1 - OBSERVACIÓN TERREMOTOS							G1	G2	G3	G4	G5	G6
GENERAL												
	Muy bien (4)	Bien (3)	Suficiente (2)	Insuficiente (1)								
Cooperación	Han participado muy activamente aportando ideas y haciendo observaciones muy interesantes (25%)	Han participado aportando ideas y haciendo observaciones oportunas (17.5%)	Han participado aportando algunas ideas y observaciones (12.5%)	No han participado (<12.5%)								
Responsabilidad individual	Ha hecho su parte de trabajo individual. la ha explicado a sus compañeros defendiendo su punto de vista, pero aceptando las críticas y opiniones; ha escuchado y valorado las de los demás y ha llegado a un consenso satisfactorio (25%)	Ha hecho su parte de trabajo individual, la ha explicado a sus compañeros y defendido su punto de vista (17.5%)	Ha hecho su parte de trabajo individual y la ha explicado a sus compañeros (12.5%)	No ha hecho su parte correspondiente del trabajo (<12.5%)								
Resolución de conflictos	Ha argumentado sus opiniones; ha escuchado y valorado las de los demás y ha llegado a un consenso satisfactorio (25%)	Ha escuchado las opiniones de sus compañeros y aportado las suyas argumentadas (17.5%)	Ha escuchado las opiniones de los compañeros (12.5%)	No escucha a nadie (<12.5%)								
Organización del tiempo	Se han organizado han encontrado el lugar y horas para reunirse y cumplido el calendario previsto por ellos mismos (25%)	Se han organizado y han cumplimentado el calendario establecido por ellos mismos (17.5%)	Han conseguido presentar el trabajo en el momento acordado por el profesor (12.5%)	No han presentado el trabajo o lo han hecho fuera del plazo establecido (<12.5%)								
TRABAJO PRELIMINAR												
Participación en trabajo de app&planisterio	Completa y con frecuencia diaria	Completa aunque poco constante	Completa el último día	Incompleta								
Preparación previa del tema 12	Lo ha leído, lo comprende y es capaz de relacionar la materia con la zona asignada	Lo ha leído, lo comprende pero no es capaz de relacionar la materia con la zona asignada	Lo ha leído pero no lo comprende suficientemente	No se ha preparado								

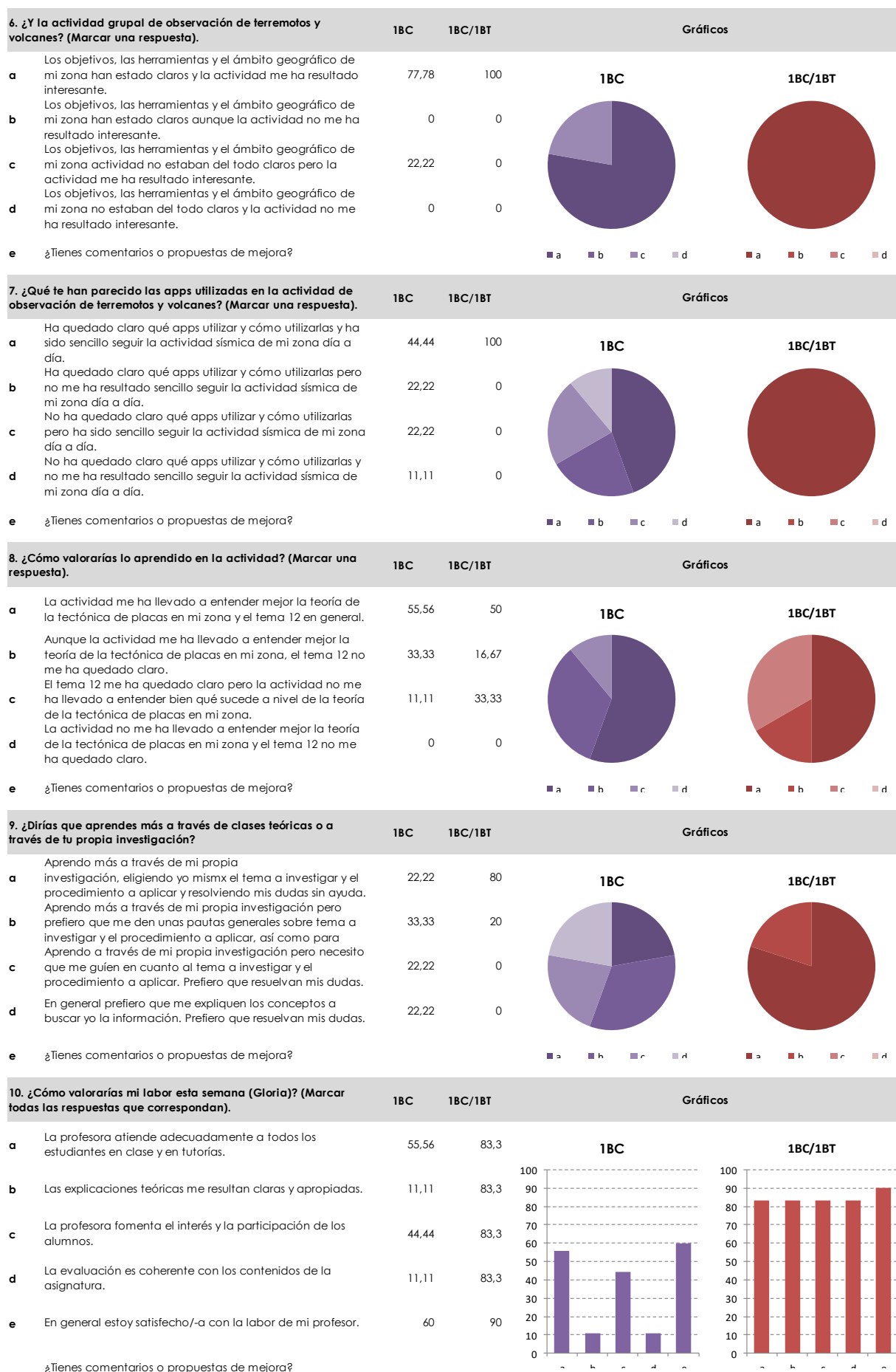
RÚBRICA DE CALIFICACIÓN GENERAL (completada)

Actividad 1: Manifestaciones tectónicas				IBC		Puntualidad			Exposición			Preparación y medios			Placas tectónicas		
Grupo	Color	Integrantes	Área geográfica	Placas a considerar		Prof	Alumn	Media	Prof	Alumn	Media	Prof	Alumn	Media	Prof	Alumn	Media
1	Negro	Nombres del alumnado ocultos por motivo de protección de datos		Placa Pacífica, Placa de Juan de Fuca, Placa de Cocos, Placa Norteamericana		2	32	10,00	2	31	9,84	1	32	7,50	2	31	9,84
2	Azul			Placa de Nazca, Placa Sudamericana, Placa Antártica, Placa de Scotia		2	32	10,00	2	29	9,53	1	27	6,72	2	27	9,22
3	Rojo			Placa Pacífica, Placa Filipina, Placa Euroasiática, Placa Norteamericana		2	32	10,00	2	31	9,84	1	29	7,03	1	26	6,56
4	Verde			Placa India, Placa Australiana, Placa Euroasiática, Placa del Pacífico		2	32	10,00	2	31	9,84	2	31	9,84	2	32	10,00
5	Naranja			Placa Euroasiática, Placa Africana, Placa Árabe		2	32	10,00	2	31	9,84	2	30	9,69	2	30	9,69
6	Rosa			Placa Africana		2	32	10,00	2	31	9,84	1	30	7,19	2	31	9,84
7	Marrón			Placa Euroasiática, Placa Africana, Placa Norteamericana, Placa Sudamericana		2	32	10,00	2	30	9,69	1	31	7,34	2	30	9,69

Actividad 1: Manifestaciones tectónicas			1BC	Límites de placa			Procesos geológicos implicados			Actividad sísmica y volcánica			Megaevento			NOTA FINAL
Grupo	Color	Integrantes		Prof	Alumn	Media	Prof	Alumn	Media	Prof	Alumn	Media	Prof	Alumn	Media	
1	Negro	Nombres del alumnado ocultos por motivo de protección de datos	Área geográfica	2	31	9,84	2	30	9,69	1	31	7,34	2	32	10,00	9,26
2	Azul			1	28	6,88	1	28	6,88	2	29	9,53	2	31	9,84	8,57
3	Rojo			1	28	6,88	1	28	6,88	1	25	6,41	1	29	7,03	7,58
4	Verde			2	32	10,00	2	32	10,00	2	31	9,84	2	32	10,00	9,94
5	Naranja			2	31	9,84	1	27	6,72	2	29	9,53	2	30	9,69	9,38
6	Rosa			1	29	7,03	2	31	9,84	2	30	9,69	2	32	10,00	9,18
7	Marrón			2	30	9,69	1	26	6,56	2	31	9,84	1	29	7,03	8,73

ANEXO 6.
ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN REALIZADAS EN 1º DE
BACHILLERATO Y RESULTADOS

1. En general, ¿han estado claros los objetivos de las unidades estudiadas? (Marcar una respuesta)			1BC	1BC/1BT	Gráficos					
a	Muy claros.		11,11	33,33	1BC	1BC/1BT				
b	Más o menos claros.		33,33	50						
c	Poco claros.		55,56	16,67						
d	Nada claros.		0	0						
e	¿Tienes comentarios o propuestas de mejora?									
			■ a	■ b	■ c	■ d	■ a	■ b	■ c	■ d
2. ¿Crees que has ampliado tus conocimientos sobre el ciclo de las rocas y sobre los tipos de rocas? (Marcar una respuesta).			1BC	1BC/1BT	Gráficos					
a	Sí, los conceptos y las clasificaciones han quedado muy claros y he ampliado mis conocimientos.		22,22	66,67	1BC	1BC/1BT				
b	Sí, he ampliado mis conocimientos aunque los conceptos y las clasificaciones no han quedado del todo claros.		44,44	16,67						
c	No, los conceptos y las clasificaciones han quedado claros pero no he ampliado mis conocimientos.		11,11	16,67						
d	No, los conceptos y las clasificaciones no han quedado del todo claros y no he ampliado mis conocimientos.		22,22	0						
e	¿Tienes comentarios o propuestas de mejora?									
			■ a	■ b	■ c	■ d	■ a	■ b	■ c	■ d
3. ¿Crees que has ampliado tus conocimientos sobre la tectónica de placas? (Marcar una respuesta).			1BC	1BC/1BT	Gráficos					
a	Sí, los conceptos y las clasificaciones han quedado muy claros y he ampliado mis conocimientos.		44,44	50	1BC	1BC/1BT				
b	Sí, he ampliado mis conocimientos aunque los conceptos y las clasificaciones no han quedado del todo claros.		0	16,67						
c	No, los conceptos y las clasificaciones han quedado claros pero no he ampliado mis conocimientos.		33,33	33,33						
d	No, los conceptos y las clasificaciones no han quedado del todo claros y no he ampliado mis conocimientos.		22,22	0						
e	¿Tienes comentarios o propuestas de mejora?									
			■ a	■ b	■ c	■ d	■ a	■ b	■ c	■ d
4. ¿Cómo valorarías las sesiones teóricas (T13 y T14)? (Marcar una respuesta).			1BC	1BC/1BT	Gráficos					
a	Las presentaciones y explicaciones han sido claras y han estado bien estructuradas.		22,22	66,67	1BC	1BC/1BT				
b	Las presentaciones y explicaciones han sido claras pero me ha costado seguir la estructura.		44,44	33,33						
c	Las presentaciones y explicaciones han estado bien estructuradas pero la explicación era poco clara.		11,11	0						
d	Las presentaciones y explicaciones resultaban poco claras y me ha costado seguir la estructura.		22,22	0						
e	¿Tienes comentarios o propuestas de mejora?									
			■ a	■ b	■ c	■ d	■ a	■ b	■ c	■ d
5. ¿Cómo valorarías el autoaprendizaje en grupo del T12? (Marcar una respuesta).			1BC	1BC/1BT	Gráficos					
a	Me ha gustado trabajar el tema con mis compañeros de grupo y me han quedado claros los conceptos fundamentales del tema.		33,33	50	1BC	1BC/1BT				
b	Me ha gustado trabajar el tema con mis compañeros de grupo pero me vendría bien una sesión teórica de la profesora para comprender bien los conceptos del tema.		44,44	50						
c	Prefiero no trabajar en grupo pero me han quedado claros los conceptos fundamentales del tema.		0	0						
d	Prefiero no trabajar en grupo y me vendría bien una sesión teórica de la profesora para comprender bien los conceptos del tema.		22,22	0						
e	¿Tienes comentarios o propuestas de mejora?									
			■ a	■ b	■ c	■ d	■ a	■ b	■ c	■ d



ANEXO 7.
FICHAS DE REFLEXIÓN Y AUTOEVALUACIÓN

▪ **Análisis general de la actividad**

Actividad: OBSERVACIÓN DE TERREMOTOS EN 1º DE BACHILLERATO Fecha: 1BC/1BT 27/04-04/05/2017 (6 días lectivos); 1 BC 18-27/05/2017 (6 días lectivos) AUTOR: Diseñada por Gloria Soler Monente	
Qué marco teórico vamos a trabajar	Bloque 7: Estructura y composición de la Tierra según BOA Num. 106 de 3 de junio de 2017.
Qué marco teórico tienen los alumnos	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos de 4ª ESO según BOA - Desarrollo de conocimientos de 1º Bachillerato según BOA - Documentación por parte del docente.
Qué marco teórico van construyendo	Indagación sobre dinámica endógena de la Tierra y Tectónica de Placas en particular.
Qué ha fallado en el diseño de la actividad	El tiempo disponible para el desarrollo de la actividad ha resultado insuficiente.
Qué he hecho en realidad	Los objetivos planificados se han cumplido suficientemente.
Qué preguntas han hecho los alumnos	<ul style="list-style-type: none"> - Cuestiones generales sobre la temática cubierta a su nivel. - Cuestiones generales sobre uso de materiales para el desarrollo de la actividad. - Cuestiones relativas a la calificación y temporización de la actividad.
Qué preguntas no he sabido responder	En general no he encontrado problemas a este respecto.
En qué manera el profesor ha intervenido en la clase	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar las pautas iniciales para el trabajo. - Apoyo personalizado uno a uno en los grupos de trabajo cooperativo. - Resolución de dudas de los alumnos. - Preparación de materiales. - Evaluación de las exposiciones finales.
Con qué actividad me he sentido más seguro	En general me he sentido segura y gratificada con el desarrollo de toda la actividad.
Con qué actividad me he sentido menos seguro	Con la gestión del tiempo y en la mediación de conflictos.
Qué cambiaría de la preparación de la clase	Creo que la actividad está bien estructurada pero es necesario garantizar que el tiempo de desarrollo es suficiente.

Qué cambiaría del desarrollo de la clase	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizar que el tiempo disponible es suficiente. - Mayor control de los grupos de cooperativo y de los conocimientos adquiridos a nivel individual. - Mejor control del trabajo individual dentro de los grupos de trabajo cooperativo (p.ej. mejora de las rúbricas de coevaluación intergrupo y creación de rúbricas de coevaluación intragrupo.
Qué han aprendido los niños en cuanto a contenidos conceptuales	El aprendizaje de los conceptos fijados en el BOA Num. 106 de 3 de junio de 2016 ha sido satisfactorio.
Qué han aprendido los niños en cuanto a saber hacer	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje de cuestiones teóricas. - Desarrollo de la capacidad de indagación. - Aplicación del método científico. - Desarrollo de la capacidad de síntesis y exposición. - Mejora de su gestión del tiempo y las prioridades. - Mejora de su capacidad de análisis. - Mejora en su diseño de contenidos. - Desarrollo de la creatividad. - Mejora en sus capacidades de trabajo cooperativo.

▪ **Taxonomía de procesos cognitivos de la actividad**

	Procesos cognitivos					
Dimensiones conocimiento	1. Recordar	2. Comprender	3. Aplicar	4. Analizar	5. Evaluar	6. Crear
Factual						x
Conceptual						x
Procedural						x
Metacognitivo					x	

▪ **Autoanálisis de mi labor en la actividad**

Actividad: OBSERVACIÓN DE TERREMOTOS EN 1º DE BACHILLERATO Fecha: 1BC/1BT 27/04-04/05/2017 (6 sesiones); 1 BC 18-27/05/2017 (6 sesiones) AUTOR: Diseñada por Gloria Soler Monente					
		Si	No	Algo	NS/NC
1	¿He encontrado dificultades al desarrollar la actividad programada?			X	
2	¿Las dificultades se debían a que no había realizado previamente la práctica?			X	
3	¿Las dificultades eran relativas al diseño de la actividad?			X	
4	¿Las dificultades han surgido de las preguntas de los alumnos?		X		
5	¿He sabido responder a las preguntas de los alumnos?	X			
6	¿Intervenían siempre los mismos alumnos?		X		
7	¿Me había informado suficientemente en relación al marco teórico?	X			
8	¿He podido seguir la programación tal y como estaba diseñada?		X		
9	¿Ha tenido que intervenir el profesor para reorientar la actividad?		X		
10	¿He tenido que improvisar a la vista de los imprevistos surgidos en la clase?	X			
Observaciones: La actividad ha sido un éxito pero convendría: <ul style="list-style-type: none"> - Garantizar que el tiempo disponible es suficiente. - Mayor control de los grupos de cooperativo y de los conocimientos adquiridos a nivel individual. - Mejor control del trabajo individual dentro de los grupos de trabajo cooperativo (p.ej. mejora de las rúbricas de coevaluación intergrupo y creación de rúbricas de coevaluación intragrupo). 					

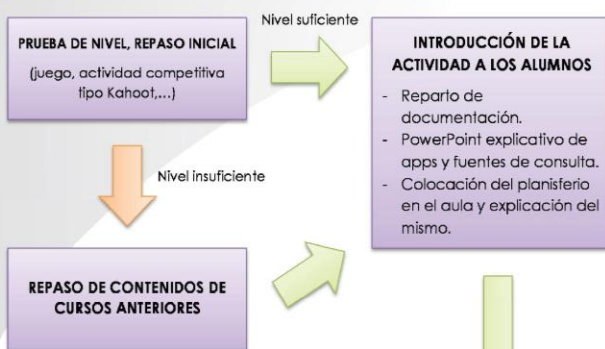
ANEXO 8.
**POSTER DE LA ACTIVIDAD PRESENTADO EN LAS JORNADAS
DE INNOVACIÓN DOCENTE**

LA INDAGACIÓN COMO BASE DEL APRENDIZAJE DE LA TECTÓNICA DE PLACAS EN 1º DE BACHILLERATO

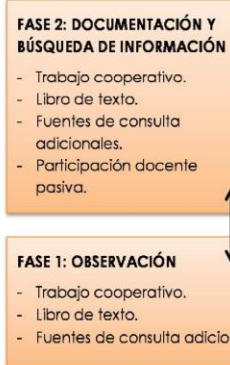
INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El aprendizaje de las ciencias de la tierra puede beneficiarse del desarrollo de proyectos en los que el alumno realice un seguimiento de manifestaciones cotidianas y extraiga conclusiones a partir de sus observaciones, apoyado en y complementando la base teórica incluida en el currículum oficial.

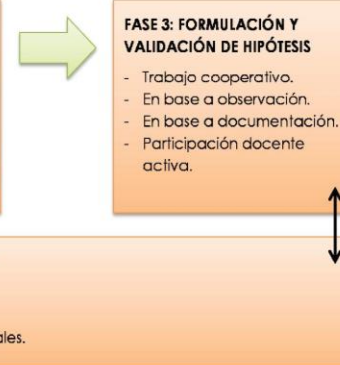
METODOLOGÍA Y TEMPORIZACIÓN



Fase	Duración
Fase 0: Prueba de nivel y explicación de la actividad	1 sesión
Fase 1: Observación	4 sesiones
Fase 2: Documentación y búsqueda de información	3 sesiones
Fase 3: Formulación y validación de hipótesis	1 sesión
Fase 4: Exposición de resultados:	
• Preparación de las presentaciones (1 sesión)	2-3 sesiones
• Exposición de resultados (2-3 sesiones)	



- Aplicación del **método científico** al aprendizaje de la tectónica de placas en 1º de Bachillerato.
- **Problem based learning (PBL)** de indagación parcialmente basado en el alumno: El docente define los contenidos y la extensión de la investigación, así como la estructuración de los resultados y la presentación de los mismos pero el foco del trabajo está en el alumno.
- Uso de **aplicaciones**, sistemas de alerta y **webs** de consulta oficiales de terremotos y actividad volcánica.
 - Web del Earthquake Hazards Program del USGS <https://earthquake.usgs.gov/>
 - Web del Volcano Hazards Program del USGS <https://volcanoes.usgs.gov/vhp/observatories.html>
 - Global Volcanism Program de Smithsonian Institution <http://volcano.si.edu/>



FOCO EN DOCENTE
FOCO EN ALUMNOS

CONCLUSIONES

- Actividad tuvo buena acogida por parte de los alumnos.
- Nivel inicial bajo. Mejora considerable tras la realización de la actividad.
- El tiempo de ejecución de la actividad muy inferior al planificado (5 sesiones) dejó poco margen para explicaciones.
- Diferencia importante entre calificaciones de la actividad y calificaciones de la pregunta correspondiente en prueba escrita.

CONSIDERACIONES FUTURAS

- Necesario planificar la actividad con suficiente tiempo de ejecución.
- Necesaria introducción/acompañamiento teórico para cubrir necesidades de todo el alumnado.
- Necesario implementar herramientas más específicas de control del trabajo individual dentro de los grupos de cooperativo.

Desarrollado por Gloria Soler Monente – Especialidad biología y geología dentro del marco del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Zaragoza (2016-2017), como parte de la asignatura "Evaluación e innovación docente e investigación educativa en Biología y Geología", del practicum II y III realizados en el C.P.E.S. San Valero de Zaragoza y del PIET 16_146: "Del aula al máster"- I Jornada de Buenas prácticas docentes en Zaragoza, 23 y 24 de mayo de 2017.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INICIAL

(sobre 42 alumnos; F: Fallos; V: Aciertos)

Q10 - ¿Qué es cierto sobre la composición y estructura de la Tierra?

- a. La corteza oceánica tiene un espesor variable de 30 a 70 km
- b. El núcleo interno se compone sobre todo de Fe y Ni sólidos
- c. El manto se compone de materiales fluidos tipo "magma"
- d. Los términos corteza y la litosfera son sinónimos

Q13 - ¿Cuántos tipos de de placas litosféricas hay?

- a. 2
- b. 3
- c. 5
- d. 1

Q11 - La antigua teoría de la Deriva Continental afirmaba que...

- a. Los continentes se deslizan sobre un fondo oceánico inmóvil
- b. La rotación de la Tierra podría ser la causa del movimiento
- c. En el frente de avance de los continentes se forman arrugas
- d. Todas las anteriores son ciertas

Q14 - El movimiento relativo de las placas tectónicas puede ser...

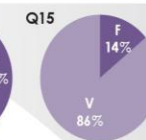
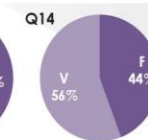
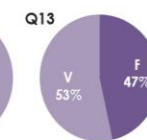
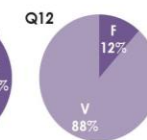
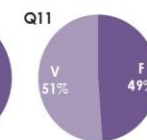
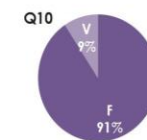
- a. Divergente, convergente o de cizalla
- b. En los bordes convergentes puede destruirse litosfera
- c. En los bordes divergentes se crea litosfera
- d. Todas las anteriores son ciertas

Q12 - La teoría de la Tectónica de Placas afirma que...

- a. Las placas litosféricas se deslizan sobre el manto sublitosférico
- b. El movimiento se debe a corrientes de convección
- c. Se dan colisiones entre placas litosféricas
- d. Todas las anteriores son ciertas

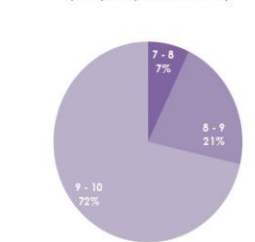
Q15 - En un arco isla o arco de islas...

- a. Las islas son de naturaleza volcánica
- b. Puede haber riesgo de tsunamis
- c. Suele darse similitud y magmatismo
- d. Todas las anteriores son ciertas

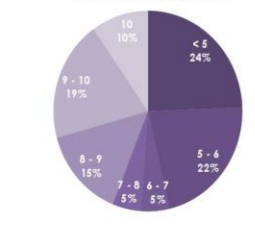


RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

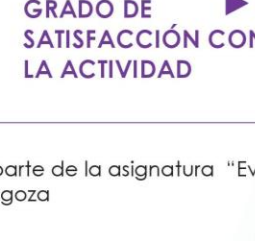
Calificación del proyecto de indagación (trabajo cooperativo, sobre 42)



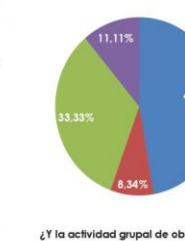
Calificación de la pregunta de examen (evaluación individual, sobre 41)



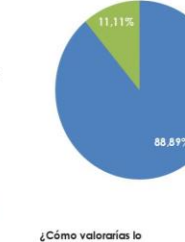
Calificación de la actividad de observación (evaluación individual, sobre 41)



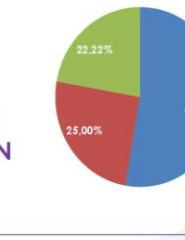
¿Crees que has ampliado tus conocimientos sobre la tectónica de placas?



¿Y la actividad grupal de observación de terremotos y volcanes?



¿Cómo valorarías lo aprendido en la actividad?



¿Si he ampliado mis conocimientos y los conceptos han quedado claros.



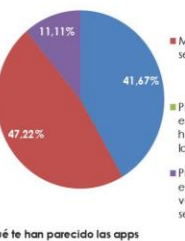
¿Qué te han parecido los apps utilizados en la actividad de observación de terremotos y volcanes?



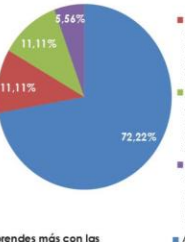
¿Aprendes más con las clases teóricas o con tu propia investigación?



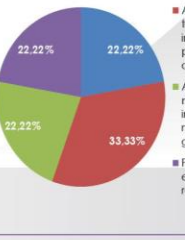
¿Me han quedado claros los conceptos.



¿Ha quedado claro qué apps utilizar y cómo y ha sido sencillo hacerlo.



¿Aprendo más a través de mi propia investigación, sin ayuda.



GRADO DE SATISFACCIÓN CON LA ACTIVIDAD