



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Máster

Construir modelos para comprender la estructura del  
interior de la Tierra

Construct models to understand the inner structure of  
the Earth

Autora

María Lázaro Crespo

Director

Ángel Luis Cortés Gracia

FACULTAD DE EDUCACIÓN

2017

## ÍNDICE

<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>9</b>
<b>Materiales .....</b>	<b>9</b>
<b>Metodología y temporalización .....</b>	<b>9</b>
<b>3. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4. CONCLUSIONES, CONSECUENCIAS E IMPLICACIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>5. REFERENCIAS DOCUMENTALES: BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>25</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>28</b>

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y MARCO TEÓRICO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Educación Secundaria nos encontramos que en Geología debemos presentar a los alumnos algunos conceptos y modelos científicos que son complejos tanto para la enseñanza como para el aprendizaje. Estos modelos incluso plantean complicaciones y debates entre la propia comunidad científica. Con el objetivo de que el aprendizaje de los alumnos sea significativo, que comprendan el significado de estos modelos y que trabajen las competencias necesarias para el curso en el que se encuentran, es necesario utilizar recursos para la enseñanza de la geología distintos de los usados tradicionalmente.

La primera dificultad la encontramos en la transposición didáctica (Chevallard, 1991), ya que se deben adaptar modelos científicos a la clase de Secundaria. En este caso, el estudio del interior de la Tierra se encuentra englobado en el curso de 4º de ESO, por lo que en principio, los alumnos no han tratado el tema en profundidad en anteriores cursos y hay multitud de conceptos nuevos y abstractos, que el alumno debe aprender dentro de un sistema Tierra de forma abstracta y en tres dimensiones. Los conceptos de densidad, temperatura, velocidad, ondas y presión, deben estar claros para poder trabajar con las propiedades físicas de los materiales,—y es necesario relacionarlos para comprender los procesos que ocurren en el interior de la Tierra.

Además, se identifica entre los alumnos una dificultad para la interpretación de datos en gráficos (García y Perales, 2007, Núñez et al. 2009). Esto proviene de un problema de enseñanza o de aprendizaje, ya que los alumnos demuestran una confusión evidente al trabajar con gráficos con ejes diferentes a los habituales y al plantear actividades en las que deben construir una gráfica demostrando frustración y falta de práctica. La dificultad aumenta cuando se estudian varios gráficos a la vez y los datos contenidos tienen relación entre ellos. Por ello se plantea realizar una actividad para favorecer el uso y construcción de gráficos para favorecer el aprendizaje y que los alumnos puedan comprender su significado, cómo interpretar los datos y cómo relacionarlos.

En el caso de 4º de ESO, el Bloque 2 engloba la estructura y composición de la Tierra y los diferentes modelos actuales, el modelo dinámico y el modelo geoquímico, que se elaboran a partir de datos obtenidos mediante estudios indirectos. Estos modelos ya suponen un tema de discusión entre la comunidad científica acerca de los límites y las capas establecidas y por lo tanto no hay consenso en los modelos exactos del interior de la Tierra. Para abordar la enseñanza de esta unidad, es necesario establecer qué modelos se van a explicar y cómo los vamos a explicar para favorecer el aprendizaje de los alumnos.

En este caso se considera que para comprender el significado y el objetivo de un modelo es necesario aprender a construir uno, a partir de datos ya sean dados o medidos, y a partir de ahí comenzar a estudiar los modelos construidos por los científicos. Para ello se propone una actividad de innovación en la que, por grupos, los alumnos deben construir en una primera actividad sus propios modelos a partir de los datos que conocen de una fruta, en este caso de la sandía. Este tipo de actividad, puede apoyar la enseñanza de modelos más complejos, favoreciendo también que el alumno trabaje otras competencias.

La toma de decisiones, respeto entre compañeros y la observación de posibles dificultades a la hora de establecer los límites, considero que permiten trabajar las competencias científicas y

matemáticas, de aprender a aprender, así como el espíritu emprendedor, y a la vez la creatividad. Además favorecen la interacción entre los alumnos y la competencia lingüística, ya que deben interpretar datos en gráficos, expresarse con lenguaje científico y realizar exposiciones para defender su modelo. Este tipo de actividades llevan al alumno a trabajar como un científico, a pensar, a ser crítico, a interpretar los datos, a elaborar hipótesis y a defenderlas.

En la segunda parte de la propuesta se propone otra actividad en la que los alumnos de nuevo por grupos deben construir un modelo, pero en este caso a partir de datos reales del interior de la Tierra presentados en gráficos, para aproximar al alumnado al problema de decidir cuáles son los límites y a partir de qué datos se establecen dichos límites. Es importante que el alumno sea consciente que los datos obtenidos por los científicos a partir de métodos indirectos son los que permiten elaborar un modelo, tal y como lo han construido ellos a partir de datos conocidos en la primera parte de la actividad. En esta parte de la actividad se pretende que el alumno trabaje la competencia científica y matemática interpretando gráficos con diferentes datos y tratando de relacionarlos entre sí. La construcción del primer modelo más sencillo debería facilitar la tarea en el segundo modelo. Además finalmente los alumnos deben defender su modelo y tomar decisiones con el resto de la clase para establecer cuáles son los modelos más adecuados, realizando un debate en el cual deben defender sus propuestas, y con esto trabajen la competencia lingüística y social.

Debido a que se identifican dificultades de enseñanza y aprendizaje de los modelos del interior de la Tierra en Secundaria, se plantea esta actividad con el objetivo de facilitar la enseñanza de estos modelos. La actividad tiene como objetivos que el alumno pueda aprender primero a elaborar un modelo con los datos que ya conoce, y posteriormente utilizar esta experiencia para elaborar un modelo del interior de la Tierra utilizando los datos dados en distintos gráficos. Además pretende que el alumno desarrolle la habilidad científica de interpretar datos en los gráficos, que trabaje en grupo y aprenda a tomar decisiones y a debatir con sus compañeros, y que sea consciente de la importancia de conocer y estudiar las propiedades físicas y químicas de los materiales para comprender el interior de la Tierra y los modelos actuales.

Con estos objetivos se pretenden cumplir los propuestos para el currículum en Aragón para 4º de ESO en la materia de Biología y Geología incluidos también en la ORDEN ECD/494/2016, de 26 de mayo y publicada el 2 de junio de 2016 y trabajar las diferentes competencias clave (Tabla.1).

<b>OBJETIVOS</b>	
Obj.BG.1	Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y apreciar la importancia de la formación científica.
Obj.BG.2	Conocer los fundamentos del método científico, así como estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias (discusión del interés de los problemas planteados, formulación de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales y análisis de resultados, consideración de aplicaciones y repercusiones dentro de una

	<p>coherencia global)</p> <p>Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y la Geología para interpretar los fenómenos naturales</p>
Obj.BG.3	Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otros, argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.
Obj.BG.5	<p>Adoptar actitudes críticas, fundamentadas en el conocimiento científico para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas</p> <p>Asunción para la vida cotidiana de valores y actitudes propias de la ciencia (rigor, precisión, objetividad, reflexión lógica, etc.) y del trabajo en equipo (cooperación, responsabilidad, respeto, tolerancia, etc.).</p>
<b>COMPETENCIAS CLAVE</b>	
<i>C. en comunicación lingüística</i>	Diferenciar entre el lenguaje que hace posible la comunicación entre las personas y el que utiliza la ciencia para explicar fenómenos. (leer un mapa, interpretar un gráfico, observar un fenómeno o entender un texto científico)
<i>C. matemática y c. básicas en ciencia y tecnología</i>	<p>Trabajar el apoyo a la investigación científica y la valoración del conocimiento científico.</p> <p>Desarrollar un pensamiento científico que le capacita para identificar, plantear y resolver situaciones de la vida cotidiana análogamente a como se actúa frente a los retos propios de la actividades científicas.</p>
<i>C. de aprender a aprender</i>	Desarrollar proyectos y actividades que impliquen la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje paralelamente al dominio de capacidades y destrezas propias de la materia, la reflexión sobre qué se ha aprendido, cómo se ha hecho, de quién y dónde lo ha aprendido, así como el esfuerzo por contarlos oralmente y por escrito
<i>C. sociales y cívicas</i>	La utilización del trabajo cooperativo como metodología de aula y actividades como el proyecto de investigación, contribuyen al desarrollo de esta competencia a través del diálogo, el debate, la resolución de conflictos y la asunción de responsabilidades en grupo.
<i>C. de sentido de iniciativa y espíritu</i>	Plantear situaciones en que las que la toma de decisiones parte del conocimiento de uno mismo y se basan en la planificación de forma

<i>emprendedor</i>	autónoma, imaginativa y creativa de actividades
--------------------	-------------------------------------------------

Tabla 1. Objetivos y competencias clave para la asignatura de Biología y Geología en Aragón. 4º ESO. ORDEN ECD/494/2016.

La actividad de innovación se ha llevado a cabo en el colegio del Salvador situado en la ciudad de Zaragoza, se encuentra en un barrio de clase media-alta. Es un colegio concertado con 5 vías en la ESO, 1 aula de PMAR y 1 aula TEA para toda la Educación Secundaria, y 4 vías en Bachillerato.

La actividad se ha realizado en una clase de 4º de ESO con 27 alumnos, de los cuales 11 son chicas y 16 chicos.

## 1.2. MARCO TEÓRICO

La actividad planteada, basada en la construcción de modelos, pretende ser una herramienta útil para la enseñanza del interior de la Tierra y para favorecer el aprendizaje de las ciencias experimentales y en concreto de la geología.

### **Para comenzar debemos plantearnos ¿qué es un modelo?**

Históricamente el concepto de modelo según Adúriz-Bravo (2010) se ha utilizado para referirse diferentes aspectos, y ha ido evolucionando desde su utilización para referirse a ejemplos a imitar, para denominar la versión simplificada o simulación de algo y finalmente como herramienta para explicar una teoría.

Ya que la idea de modelo científico y de modelización se centra en la reflexión y el trabajo, es una herramienta que da buenos resultados en algunas prácticas de enseñanza, en la que de esta forma se da sentido a los modelos teóricos y se trabaja de manera activa en la comprensión de los procesos. Pretende que sea una herramienta enriquecedora para explicar los modelos científicos mediante una versión simplificada y elaborados a partir de una teoría, lo que permita finalmente reflexionar con los alumnos acerca de la naturaleza de estos modelos.

### **Entonces, ¿cómo podemos realizar actividades para favorecer el aprendizaje de las ciencias a partir de modelos?**

Algunos autores valoran la idea de que el alumno no sólo debe trabajar con los modelos, sino que debe construirlos para construir su propio conocimiento, como Justi (2006), que lo considera esencial para el aprendizaje de modelos científicos y considera que constituye la base de la construcción del conocimiento, el cual es un proceso gradual. Esto se suma a otras investigaciones que defienden que para la enseñanza en ciencias es esencial la construcción de modelos (Barab, Hay, Barnett y Keating, 2000; Halloun, 2004; Martínez Peña et al., 2016).

### **Pero, debemos plantearnos, ¿cuál es el objetivo de la enseñanza en ciencias experimentales y cuál es el papel de los modelos?**

La importancia de la construcción de modelos en la didáctica de las ciencias experimentales ha sido puesta de manifiesto por algunos autores como Martínez Peña et al. (2016), que consideran como el objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias que los alumnos puedan interpretar fenómenos cotidianos a partir de la construcción de modelos a partir de datos teóricos y resultados obtenidos a partir de experimentos.

En este caso, nuestra labor como docentes es intervenir para facilitar que los alumnos adquieran una autonomía y que se dé una progresión en el aprendizaje en la cual los alumnos logren formular sus preguntas, desarrollar ideas y construir sus propias explicaciones y predicciones.

Sin embargo, como también expuso Halloun (2004), siendo los resultados de aprendizaje satisfactorios con este tipo de actividades, es necesario tener en cuenta que cada alumno tiene sus propios procesos de razonamiento y que los modelos obtenidos, también según sus ideas alternativas, van a ser diferentes, y que el objetivo de la aplicación de estas prácticas es contribuir al aprendizaje y desarrollo cognitivo y emocional del alumno, no que los modelos sean totalmente acertados.

### Y en cuanto a la enseñanza y aprendizaje en Geología, ¿cuáles son los objetivos?

El currículo aragonés tal y como hemos visto anteriormente, contempla los estándares de aprendizaje de Biología y Geología para 4º de ESO que es el último curso de la Educación Secundaria Obligatoria y en el que se plantea la actividad de innovación y en concreto en la unidad didáctica denominada “Estructura interna de la Tierra: Composición del interior de la Tierra y métodos de estudio.” Se han tenido en cuenta las leyes vigentes: Ley Orgánica de Educación (LOMCE), la Orden ECD/65/2015 de 21 de enero (BOE 29 de enero) y el currículo aragonés para Educación Secundaria para el año 2016 publicado en el BOA el día 02 de Junio de 2016, y por ello se contemplan los siguientes criterios de evaluación y estándares de aprendizaje (Tabla 2).

<b>BLOQUE 2: La dinámica de la Tierra</b>		
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>C. Clave</b>	<b>Estándares de aprendizaje</b>
<b>Crit.BG.2.6.</b> Comprender los diferentes modelos que explican la estructura y composición de la Tierra: modelo dinámico y modelo geoquímico.	<b>CMCT CAA</b>	<b>Est. BG.2.6.1.</b> Analiza y compara los diferentes modelos que explican la estructura y composición de la Tierra. Modelo dinámico y modelo geoquímico.
<b>Crit.BG.2.7.</b> Combinar el modelo dinámico de la estructura interna de la Tierra con la teoría de la tectónica de placas.	<b>CMCT CAA</b>	<b>Est. BG.2.7.1.</b> Relaciona las características de la estructura interna de la Tierra asociándolas con los fenómenos superficiales: vulcanismo, sismicidad, tectónica de placas y orogénesis.

Tabla 2. Criterios de evaluación, competencias clave y estándares de aprendizaje relacionados con la unidad didáctica del interior de la Tierra para la asignatura de Biología y Geología en Aragón. 4º ESO. ORDEN ECD/494/2016.

Algunos autores identifican una carencia en la formación en geología, como Pedrinaci (2012), que pone de manifiesto que la enseñanza en geología arrastra problemas desde la Educación

Secundaria, ya que la formación científica recibe poca atención y menos aún la geología. Además indica que se trabajan menos contenidos en clase de los que figuran en el currículo, y que para que los alumnos tengan una buena formación básica en geología debe tener una visión de conjunto sobre el funcionamiento de la Tierra con una perspectiva temporal sobre los cambios que se han generado en el planeta para poder comprender los cambios globales que pueden producirse. Por ello, plantea trabajar con diferentes actividades para que finalmente el alumno sea capaz de interpretar y de extraer información de los procesos que afectan a la Tierra, así como utilizar los principios básicos de geología valorando su importancia para la construcción del conocimiento científico del planeta.

Además, según Halloun (2004), los alumnos tienen ideas alternativas y conocimientos previos en ciencias que pueden afectar al aprendizaje de la geología y que se deben trabajar en clase para afianzar los conocimientos.

### **Dentro de la comunidad científica, ¿existe consenso acerca de los modelos del interior de la Tierra?**

La importancia de la utilización de modelos para la didáctica de las ciencias ha quedado expuesta por diversos autores, pero con más motivo tras comprobar que los propios científicos discrepan en cuanto a los modelos que deben establecerse del interior de la Tierra.

Las discusiones se dan en cuanto a los límites entre las diferentes capas y las definiciones de las diferentes capas con respecto a las otras, teniendo en cuenta factores diferentes en cada caso. Los métodos utilizados para la toma de datos son métodos indirectos y su interpretación puede ser diferente según el punto de vista y los parámetros utilizados. Algunos autores como Fernández et al. (2013), indican que hay diferentes definiciones de litosfera dependiendo de las propiedades a las que se atiendan, se pueden definir placa litosférica, litosfera mecánica, litosfera térmica, litosfera elástica, litosfera sísmica y litosfera química. A pesar de estas definiciones, los científicos han establecido dos modelos más o menos consensuados, el geoquímico y el geodinámico (Fig.1), aunque no hay un acuerdo final acerca de los límites entre las capas y de si es un modelo extrapolable a todo el planeta o si se da en algunos puntos del interior de la Tierra.

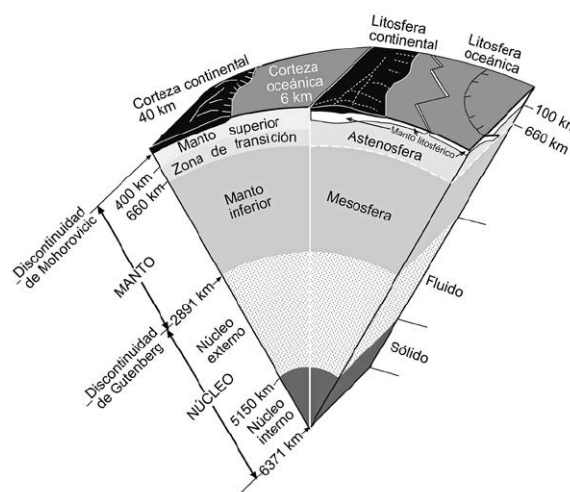


Figura 1. Representación idealizada del modelo geoquímico (izquierda) y geodinámico (derecha) de la geosfera. Extraído de Fernández et al. (2013).



Por otro lado, Anguita (2002) plantea sus discrepancias con la afirmación de la existencia de la astenosfera, lo que supone un cambio en el modelo establecido y modifica el significado del resto de las capas geodinámicas y su relación entre ellas. Además también valora las consecuencias de la ausencia de la astenosfera para la didáctica de las ciencias experimentales.

Estos hechos ponen de relevancia las dificultades que se encuentran los científicos a la hora de establecer modelos a partir de los datos y se puede extrapolar a las dificultades que va a presentar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta materia y en las preguntas que los alumnos se van a plantear.

### **Y en el aula, ¿qué dificultades podemos encontrar a la hora de trabajar con datos en gráficos? ¿Son necesarios para comprender el interior de la Tierra?**

Algunos autores como Núñez et al. (2009), identifican que los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria no dominan las habilidades para interpretar gráficos, y esto se une a los resultados obtenidos por otros autores que comprobaron la dificultad de elaborar el escalado de los ejes cartesianos (Padilla et al., 1986, Leinhardt et al., 1990, Barquero et al., 2000, García y Perales, 2007). Núñez et al. (2009) exponen que estas dificultades están relacionadas con la falta de desarrollo de habilidades matemáticas y lingüísticas y una enseñanza inadecuada por parte de los docentes. La propuesta de la actividad de innovación, así como la de los autores consiste en que se deben elaborar planes formativos y materiales didácticos con el objetivo de desarrollar las habilidades necesarias para satisfacer las necesidades de aprendizaje de los alumnos, y en concreto para la interpretación de gráficos a partir de actividades prácticas y de elaboración e interpretación de gráficos y también limitar las actividades basadas en la búsqueda de información teórica, y que estas prácticas deberían comenzar en la Educación Primaria y extenderse hasta la Educación Secundaria Obligatoria. En geología los datos tomados, estudiados e interpretados son los que permiten a los científicos construir modelos que permitan entender mejor los fenómenos geológicos que suceden, han sucedido y sucederán en el planeta.

## **2. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **Materiales**

La actividad se realiza en el laboratorio. Para la primera parte de la actividad se necesita una rodaja de sandía para cada alumno, una báscula de precisión, matraces, pipetas, portaobjetos, crisol, lupa binocular, pinzas, cuchillo de laboratorio y cinta métrica.

Para la segunda parte de la actividad, es necesaria una presentación Power Point con los gráficos, los gráficos impresos y los materiales necesarios para diseñar el modelo (papel, cartulinas, pinturas, rotuladores, etc.).

### **Metodología y temporalización**

Se plantea la actividad en cuatro sesiones en las que se va trabajar por grupos. Los grupos tienen como objetivo construir modelos a partir de datos y posteriormente defender dichos modelos frente a los modelos de los otros grupos. En la primera sesión se construye un modelo a partir de una rodaja de sandía, en la segunda sesión se trabaja con gráficos reales

para construir el modelo del interior de la Tierra, y en la tercera sesión se realiza una sesión de evaluación.

Los grupos deben decidir los datos que van a utilizar para la construcción de su modelo y realizar el diseño del mismo, en el trabajo en grupo los alumnos deben tomar decisiones y proponer teorías que serán expuestas y que llevarán a una reflexión por parte de toda la clase.

El objetivo se debe dejar claro, y no es construir el modelo correcto, sino que es trabajar los datos y argumentar por qué se diseña ese modelo y en qué datos se basan. Y finalmente reflexionar sobre las dificultades que han observado a la hora de construir sus modelos.

### ● *1ª sesión*

La actividad se realiza en el laboratorio. Los alumnos se colocan en grupos de 4-5 alumnos de su elección. Se explica la actividad y se reparten una rodaja de sandía para cada alumno (Fig. 2) y se les indica que considerando las distintas propiedades y características que puedan extraer de la sandía, deben elaborar un modelo de capas justificando su respuesta.

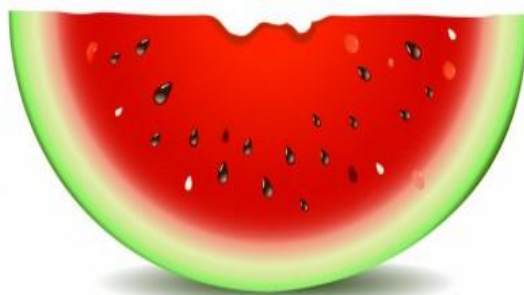


Figura 2. Sandía para elaborar el primer modelo

Según Martínez Peña et al. (2016), es necesario realizar los modelos a partir de datos medibles, en este caso, se plantea realizar un modelo completo de la sandía.

Para ello actividad se asigna por grupos los materiales de laboratorio necesarios para que puedan determinar las propiedades de cada una de sus capas o zonas, como la cantidad de agua que contiene la zona roja, el peso con agua, el peso sin agua, el sabor, el olor, los colores, la cantidad de azúcar, la dureza, etc. Las propiedades las podrán determinar ellos a partir de los datos que van obteniendo, esto les permitirá construir un modelo más preciso. Deben tomar datos de todas las propiedades medidas.

### ● *2ª sesión*

En el laboratorio se trabaja de nuevo por grupos y a partir de los datos los alumnos deben construir un modelo por cada grupo a partir de los datos tomados.

Debido a la dificultad en la interpretación de gráficos tal y como se ha observado en el transcurso de esta actividad y según han identificado autores como Núñez et al. (2009), considero necesario trabajar las habilidades necesarias para que puedan obtener la máxima información y encuentren las relaciones entre los datos para aplicarlas en sus modelos, por lo que sería una buena forma de entender estos gráficos que los alumnos construyan sus propios gráficos a partir de los datos obtenidos en sus experimentos. De esta forma, pueden comprender qué es un gráfico y como se realiza, y cómo utilizar posteriormente los datos a partir de dichos gráficos.

Para favorecer la creatividad, los alumnos pueden realizar el modelo con distintos materiales, ya sea con fotos, cartulinas de colores, goma EVA, plastilina o los materiales que ellos consideren, y finalmente elegirán el modelo más original por votación de los propios alumnos. Según Figueira et al. (2013), la rúbrica es un instrumento de autoevaluación útil, que aporta información sobre el aprendizaje del alumno y su evolución. Para ello se utiliza la rúbrica (Tabla 3) que valora los siguientes aspectos:

<b>Elementos a evaluar</b>	<b>Calificación</b>		
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Originalidad</b>	Es muy original y es auténtico	Es original pero es similar a otros ya conocidos	Muy similar a otros modelos
<b>Aspecto</b>	Muy bonito, con colores llamativos	Es bonito pero no llama la atención	No llama la atención por su aspecto
<b>Limpieza</b>	El montaje es limpio y correcto	Hay algunos aspectos de limpieza mejorables pero es aceptable	La limpieza o el montaje no son aceptables
<b>Datos</b>	Se contemplan datos reales y argumentados	Se utilizan algunos datos reales	Apenas se utilizan datos reales.

Tabla 3. Rúbrica para valorar los modelos contruidos por los alumnos a partir de la sandía.

El modelo se debe exponer al resto de la clase por parte de todo el grupo, por lo que cada alumno deberá preparar su parte y participar en la exposición oral.

Reflexionamos sobre el hecho de que, utilizando parámetros diferentes, puede haber modelos diferentes, sobre la importancia de elaborar modelos que utilicen varios datos para entender mejor y con mayor precisión el interior de la Tierra.

Los autores anteriormente citados también plantean que los alumnos han de determinar si el modelo que han construido es válido para otros contextos. En este caso, deben pensar si este modelo es válido para otras sandías, una vez construido y a partir de estas reflexiones, modificar o adaptar el modelo para conseguir que su modelo sea lo más ajustado a la realidad de las sandías en este caso.

A partir de los modelos reales construidos, se debe reflexionar sobre qué es un modelo, qué dificultades encontramos, qué datos utilizamos para construirlo y qué criterios utilizamos para que el modelo sea válido en todos los casos. A partir de estas reflexiones, se puede iniciar la siguiente actividad con el interior de la Tierra y datos dados en gráficas.

### ● 3ª Sesión

Los alumnos se colocan de nuevo en grupos y se les recuerda la actividad de la sesión anterior. Se les entregan gráficos (figuras 3, 4, 5 y 6) con datos del interior de la Tierra obtenidos mediante métodos indirectos por los científicos, algunos que ya se han estudiado en clases anteriores. Los gráficos contienen datos relacionados con la profundidad en el interior de la Tierra de presión, temperatura, velocidad de ondas sísmicas y densidad.

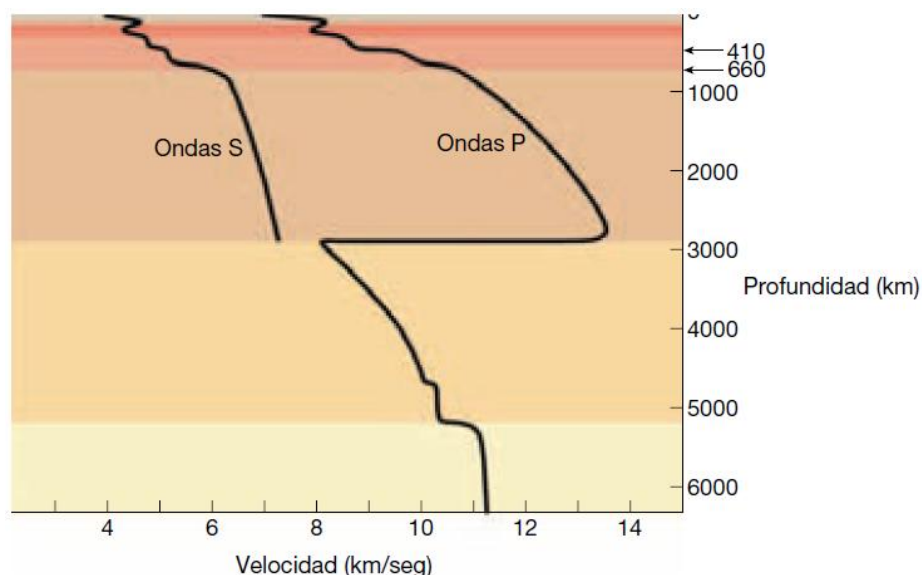


Figura 3. Gráfica de la relación de la velocidad de las ondas con la profundidad en el interior terrestre (Tarbuck et al., 2005).

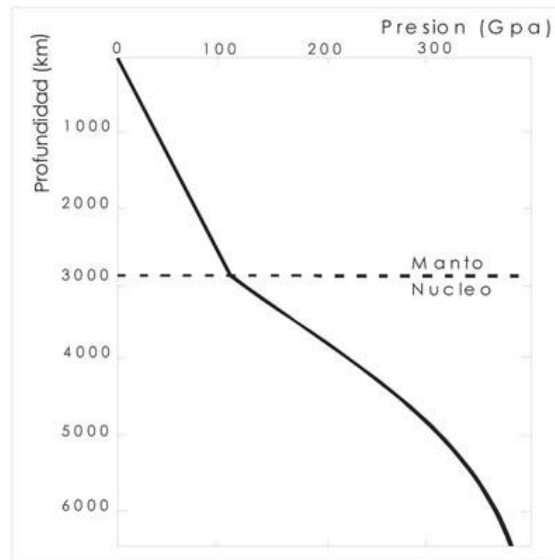


Figura 4. Gráfico de la presión en relación con la profundidad en el interior de la Tierra (Universidad Nacional de Tucumán, 2012),

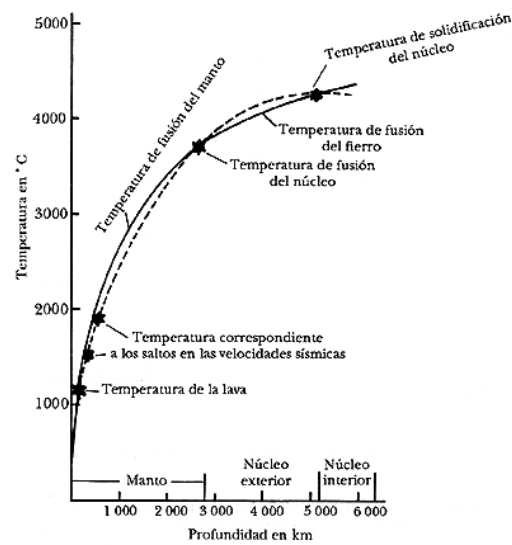


Figura 5. Temperatura y punto de fusión de los materiales en el interior de la Tierra (Prol-Ledesma, 2016)

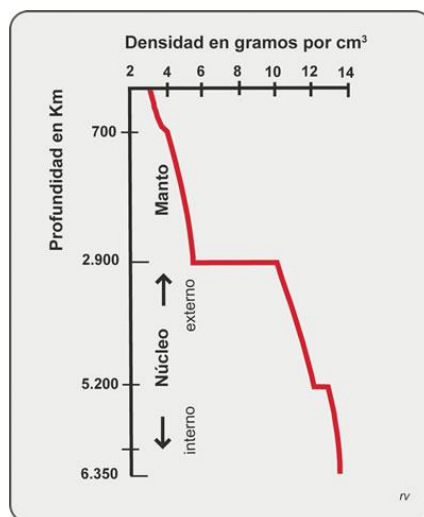


Figura 6. Relación de la densidad con la profundidad en el interior de la Tierra (Universidad Nacional de Tucumán, 2012).

Durante esta sesión, cada grupo debe elaborar un modelo geodinámico del interior de la Tierra a partir de todas estas propiedades interpretando los datos dados en los gráficos, relacionándolos entre sí y tomando decisiones acerca de qué capas se van a definir y según qué factores se pueden definir.

Además cada grupo deberá realizar una exposición durante la próxima sesión explicando cómo ha ayudado una de los factores medidos a elaborar dicho modelo. Debido a que son 6 grupos, los factores que deben explicar son los siguientes (tabla 5):

GRUPO	FACTOR
1	Ondas s
2	Ondas p
3	Densidad
4	Presión
5	Temperatura
6	Composición

Tabla 5. Factores que debe exponer cada grupo.

El trabajo puede completarse en casa para tener la exposición preparada para la siguiente sesión junto con el gráfico del modelo de capas planteado y argumentado con los datos reales.

#### ● 4ª sesión

Se convoca a un representante de cada grupo para que se realice un breve debate sobre cuáles serían los dos modelos más representativos de los 6 grupos y los representantes de esos dos modelos los dibujan en la pizarra y explican por qué han decidido establecer esas capas y no otras.

Tras las exposiciones deben decidir un representante para realizar la explicación del factor correspondiente argumentando en cómo les ha ayudado para definir su modelo y en las dificultades que se han encontrado a la hora de interpretar los datos.

Se reflexiona sobre que las características dependen también de las otras características y que para explicar la importancia de una hay que tener en cuenta también las demás.

Finalmente se muestran y se explican los modelos actuales que ha definido la comunidad científica para el interior de la Tierra haciendo referencia a cada uno de los factores que se han expuesto anteriormente y valorando el motivo de las diferentes divisiones.

#### ● Sesión de evaluación

Según Cavas et al. (2010), “la evaluación debe orientarse a los procesos de aprendizaje y al conjunto de conocimientos y competencias promovidas”. Los autores defienden que la autoevaluación y coevaluación son herramientas que los alumnos consideran que facilitan su aprendizaje, favoreciendo su espíritu crítico y el aprendizaje autónomo. En este caso, la evaluación sólo ha podido realizarse mediante una prueba escrita por falta de tiempo, pero se plantea otro tipo de evaluación, que permita identificar fortalezas y debilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con el objetivo de favorecer que el alumno sea consciente de su propio conocimiento y sea crítico con los datos y expuestos por los demás compañeros, debe realizarse una autoevaluación y una coevaluación de las presentaciones como grupo. De esta forma, podemos valorar el trabajo de los alumnos y que ellos mismos valoren su trabajo dentro de cada grupo, lo que han trabajado y cómo han funcionado como grupo. Por lo que para realizar la autoevaluación y coevaluación puede utilizarse la siguiente rúbrica (tabla 6) para evaluar las exposiciones:

Elementos a evaluar	Calificación			
	10-9	8-7	6	5
<b>Dominio del tema</b>	Excelente conocimiento	Buen conocimiento	No tienen muy claro el tema	No conocen el tema
<b>Comprensión del tema</b>	Pueden responder a las preguntas con precisión	Pueden responder a casi todas las preguntas con	Pueden responder a pocas preguntas con	No pueden responder a las preguntas

		precisión	precisión	
<b>Apoyos didácticos</b>	Usan uno o varios recursos y ayuda a la comprensión del tema y es una excelente presentación	Usan 1 o 2 recursos para explicar el tema y es una buena presentación	Usa un apoyo pero no hace que la presentación sea mejor	No usa apoyos o recursos.
<b>Vocabulario</b>	Usa un vocabulario científico preciso y utilizan palabras nuevas que explican	Usa un vocabulario científico adecuado	No usan un vocabulario científico en todo momento	No usan vocabulario científico
<b>Entusiasmo</b>	Sus gestos y expresiones muestran un gran interés por el tema y los transmiten	Algunas veces muestran interés por el tema con sus expresiones y gestos y lo transmiten	Tratan de generar interés pero no lo consiguen	No generan ni muestran mucho interés

Tabla 6. Rúbrica para valorar las exposiciones.

### La actividad realizada en el centro docente

En el centro, por motivos de tiempo y organización, no se ha podido realizar la actividad de esta manera, sino que la primera parte de la actividad se ha realizado únicamente en una sesión y a partir de una imagen de una sandía y utilizando los datos que los alumnos conocían, y los modelos se han realizado en el cuaderno. Se ha llevado a cabo esta actividad en un total de tres sesiones y finalmente se ha realizado una evaluación del conocimiento adquirido de toda la unidad en una prueba escrita.

La sesión de evaluación ha consistido únicamente en una prueba escrita en la que se realizan diversas preguntas (ejemplo en figuras 7, 8 y 9) para evaluar los conocimientos adquiridos. Se plantean preguntas cerradas, preguntas abiertas y preguntas de resolución de problemas:

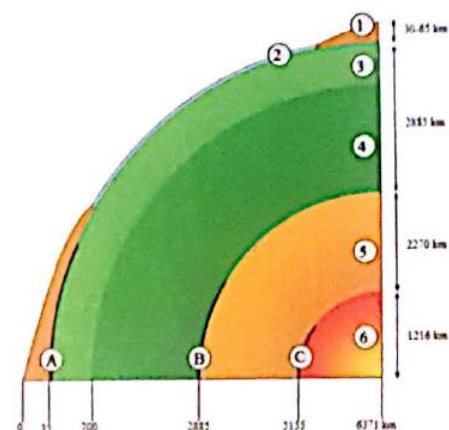
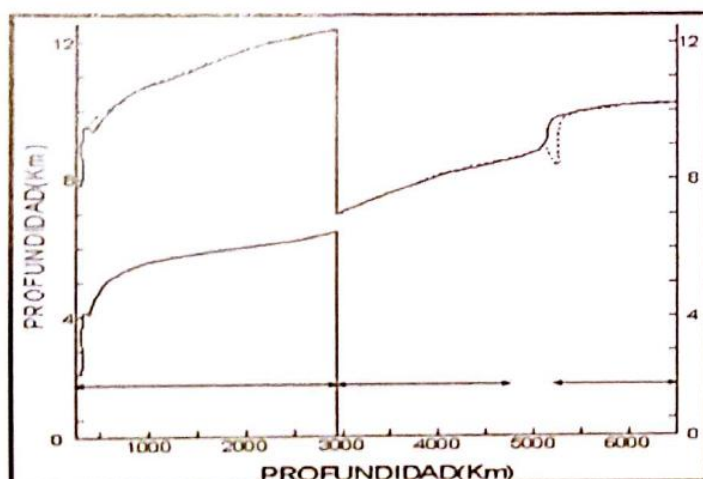


1.- Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas utilizando la información que te proporciona el dibujo:

	V ó F
Los números ④ y ② indican unidades geoquímicas.	
El ③ señala el manto de transición.	
La densidad es decreciente con la profundidad.	
A, B y C son la corteza, el manto y el núcleo respectivamente.	

(Criterios de corrección: 4 aciertos: 10 - 3 aciertos: 5)

2.- Señala en la gráfica de abajo las siguientes unidades o estructuras.



Onda s	Núcleo interno
Manto	Núcleo externo
Gutenberg	Mohorovicic
Lehman	Onda p

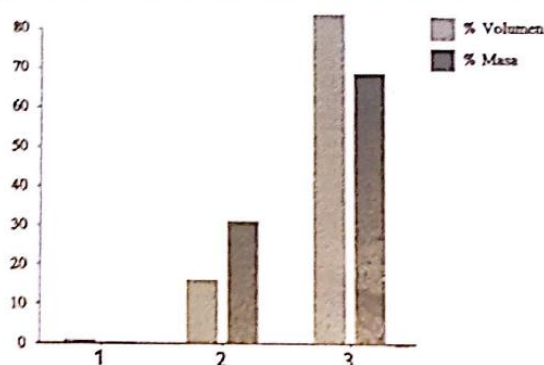
(Criterios de corrección:  
8 aciertos: 10 - 7 aciertos: 7,5 - 6 aciertos: 5)

Figura 7. Preguntas cerradas de la prueba escrita de 4º de ESO.

5.- El boletín n.º 44 de la Sociedad científica para el estudio de los meteoritos y los planetas dice que en los años 50 se encontró en Zaragoza un meteorito de 162 kg de peso, con un 91.36% de hierro, 7.20% de níquel, 0.41% cobalto, 0.01% azufre y 0.03% fósforo. ¿De qué manera puede ayudar este tipo de objetos a conocer mejor nuestro planeta?

Figura 8. Pregunta abierta de la prueba escrita de 4º de ESO.

6.- En la siguiente gráfica aparecen representados los porcentajes de masa y volumen de las tres principales unidades geoquímicas de la Tierra. Identifica a cuál de ellas se refiere cada uno de los números 1, 2 y 3. Explica tus resultados.



1.-

2.-

3.-



9.- Construye la gráfica con la propagación de las ondas en p y s un planeta de 4.000 km de radio con materiales de densidad creciente y en el que los primeros 200 km son corteza. Tiene un núcleo que empieza a una profundidad de 2.500 km y que es líquido hasta los 3.200 km momento en el que cambia de estado. La velocidad inicial de p es de 6 km/s y la de la onda s de 3 km/s.

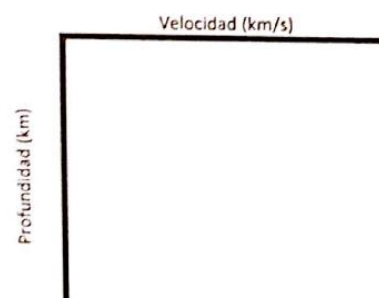


Figura 9. Preguntas de resolución de problemas de la prueba escrita de 4º de ESO.

### 3. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la actividad dentro del centro aunque no se haya podido realizar de la forma planteada, aportan información sobre los posibles resultados de esta actividad y ponen de manifiesto la necesidad de utilizar métodos de evaluación que permitan valorar la evolución del aprendizaje de los alumnos.

#### ● 1ª Sesión:

1- Los alumnos construyen dos modelos a partir de la imagen de una sandía, uno a partir de composición (color) y otro a partir de las propiedades. Los resultados entre los grupos para establecer modelos según la composición son similares, aunque algunos grupos diferencian más capas y otros grupos realizan una división más sencilla. El modelo más completo a partir de los propuestos es el siguiente (figura 10):

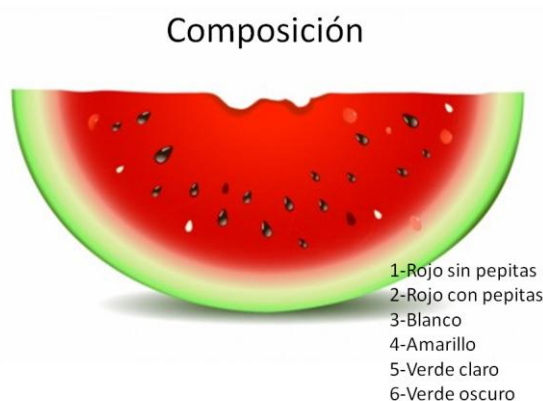


Figura 10. Modelo realizado por 4ºA a partir de datos composicionales.

2- Por otro lado, los resultados en el caso de la elaboración de un modelo a partir de las propiedades son diversos ya que los alumnos eligen diferentes propiedades: si es comestible o no, y en este caso hay variedad de opiniones sobre lo que es o no comestible y así diferentes modelos; ácido o dulce, en la que también hay discusión sobre lo que es o no más o menos dulce; y finalmente otros han optado de nuevo por el color y simplemente han diferenciado tres capas. En la figura 11 se observan los dos modelos más completos elaborados por los alumnos.

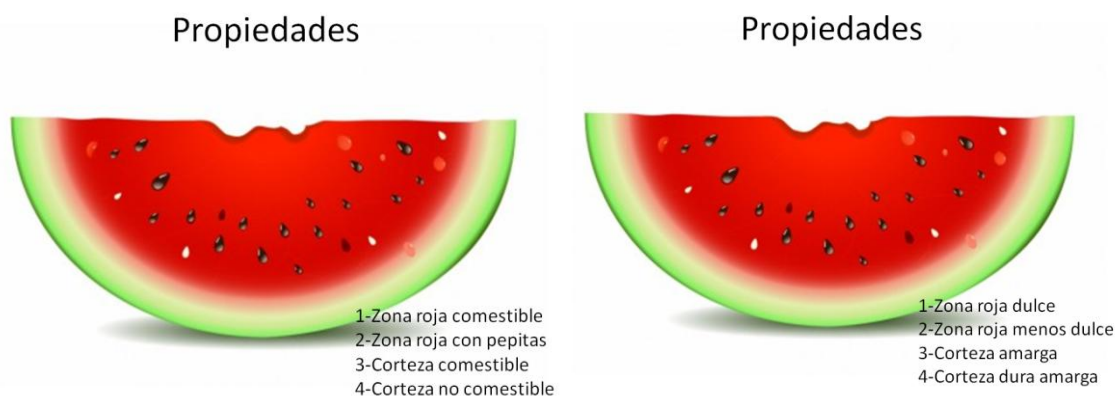


Figura 11. Modelos realizados por 4ºA a partir de las propiedades de la sandía.

Los modelos se exponen por grupos y se discute cuáles son los datos que deberían utilizarse y por qué. Debido a que no han podido medir las propiedades, no hay un consenso para seleccionar qué propiedad se debe utilizar. Los alumnos reflexionan sobre la dificultad de establecer modelos y exponen que dentro de su grupo había discrepancias a la hora de establecer los límites. En este caso cada alumno tenía su propio criterio y se reflexiona sobre la importancia de trabajar con datos objetivos para evitar interpretaciones personales.

### ● 2ª sesión:

Durante la segunda sesión trabajan en grupos y se realiza un seguimiento y guía para la interpretación de los datos dados en gráficos para construir el modelo del interior de la Tierra. Se realiza el seguimiento de la evolución de los grupos y el trabajo que van haciendo, y se observan ciertas dificultades al interpretar los distintos gráficos dados. Se orienta a los grupos

para que utilicen los datos relacionándolos con los otros dados y que utilicen los conocimientos de química y física que han aprendido en otras asignaturas. También se propone el uso de la tabla periódica y del libro de física y química para construir el modelo.

Las dificultades demostradas se basan en la comprensión de los gráficos y la relación entre las diferentes propiedades, temperatura con composición, densidad con presión, velocidad de las ondas sísmicas y densidad de los materiales, etc. Ha sido necesario intervenir para recordar algunas fórmulas y relaciones entre estos factores.

Además se identifica que, los alumnos tratan de replicar las capas conocidas: corteza, manto y núcleo.

### ● 3ª sesión:

Durante la tercera sesión se eligen los representantes de cada grupo y debaten entre ellos sobre cuáles son los dos modelos más acertados, qué datos se han utilizado y por qué. Una vez decididos los dos modelos, se realiza la exposición en la pizarra. Ambos se ajustan a una corteza estrecha, manto más o menos diferenciando dos partes y un núcleo externo líquido y núcleo interno sólido. Tal y como he comentado antes, tratan de ajustarse al modelo geoquímico estudiado previamente, en lugar de tratar de establecer sus propios límites y capas. Incluso utilizan etiquetas para denominar las capas relacionadas con dicho modelo geoquímico. En la figura 12 observamos uno de los modelos elegidos:

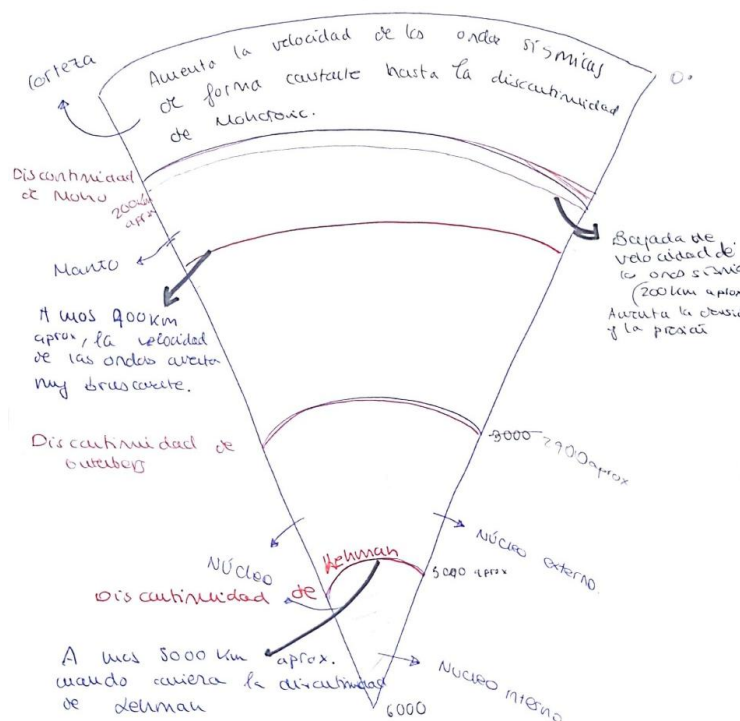


Figura 12. Modelo realizado por un grupo de la clase 4ºA a partir de los gráficos dados de los datos del interior de la Tierra.

Finalmente se realiza la defensa de los factores asignados a cada grupo. En todos los grupos es escueta y se basa en los conocimientos estudiados en clase o extraídos del libro. Se anima a profundizar más y relacionar su factor con los otros, pero los alumnos se centran en su propio factor:

Grupo 1: Ondas s: Al no propagarse en líquidos se puede diferenciar el núcleo externo líquido.

Grupo 2: Ondas p: Debido al cambio de velocidad podemos diferenciar diferentes capas.

Grupo 3: Densidad: Los cambios de densidad hacen que las ondas tengan cambios en su velocidad y así diferenciamos las diferentes capas.

Grupo 4: Presión: Aumenta con la profundidad.

Grupo 5: Temperatura: Debido a los datos de temperatura podemos saber si hay materiales fundidos.

Grupo 6: Composición: Los elementos más pesados se van a situar en las zonas más profundas y serán capas más densas.

Debido a que la gráfica de la velocidad de las ondas se ha trabajado en clase, identifican capas a partir de la velocidad, pero no la relacionan con la densidad, lo que sí hace el grupo encargado de defender la densidad. El grupo que defiende la presión no encuentra ninguna relación con el resto de factores ni entiende su utilidad a la hora de construir su modelo. El grupo que defiende la temperatura observa los puntos de fusión de los materiales y esto aporta datos sobre el estado de los materiales. Y finalmente el grupo que defiende la composición, alega que según el peso molecular de los elementos, los más pesados se van a situar hacia el centro, en donde la densidad es mayor.

Se observa una clara confusión al relacionar los factores y los datos entre sí, y como mucho relacionan dos simultáneamente.

Finalmente se reflexiona sobre las dificultades que se han presentado para decidir los límites y la relación con los factores y se expone el modelo geodinámico real del interior de la Tierra, explicando la aportación de los datos y de las distintas propiedades a la construcción del modelo y las dificultades que han encontrado los científicos para establecer dicho modelo.

### ● *Evaluación de la docencia*

Con la intención de tener una pequeña evaluación por parte de los alumnos, se ha realizado una encuesta antes de la evaluación para conocer los temas con los que han tenido más dificultad y poder repasar. Para realizar la encuesta se ha utilizado la aplicación Mentimeter (Figura 13), con la que los alumnos utilizan sus teléfonos móviles para enviar sus comentarios:

■ Mentimeter



Figura 13. Esquema creado por los alumnos de 4º de ESO.

Los conceptos más complejos como la capa D, son los menos comprendidos por los alumnos según su opinión expresada en esta encuesta, así como el campo magnético y la formación de los volcanes. Otros conceptos expuestos están relacionados con las propiedades de los materiales en el interior de la Tierra y los estudios indirectos. Los comentarios han facilitado identificar los temas más complejos para los alumnos permitiendo clarificar algunos conceptos, aunque han identificado algunas dificultades, en general están satisfechos con lo aprendido.

- **Sesión de evaluación:**

Debido a la falta de tiempo, se ha realizado una sesión de evaluación de conocimiento, que no del aprendizaje. Se realizó una prueba escrita con diferentes tipos de preguntas diseñada por el departamento (Ver anexo II). Los datos obtenidos a partir de los criterios de calificación en la prueba escrita (figura 14) son los siguientes (un alumno no se presentó):



PREGUNTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TIPO DE PREGUNTA	C	C	C	A	A	P	C	A	P	P	P
CRITERIOS CALIFICACIÓN (SOBRE 10)	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1,5	1	1	1,5
MODA	0,25	1	0,5	0,8	0	0	0,5	1,5	0	0,5	1,5
MEDIA	0,26	0,76	0,31	0,83	0,27	0,45	0,46	0,95	0,42	0,44	1,02
% <5	23,08	11,54	19,23	0,00	34,62	53,85	7,69	34,62	53,85	30,77	23,08
5%	46,15	23,08	34,62	7,69	15,38	0,00	0,00	11,54	0,00	42,31	0,00
%>5	30,77	65,38	46,15	92,31	50,00	46,15	92,31	53,85	46,15	26,92	76,92

Tipo de pregunta: Cerrada (C), Abierta, (A), y Problema (P).

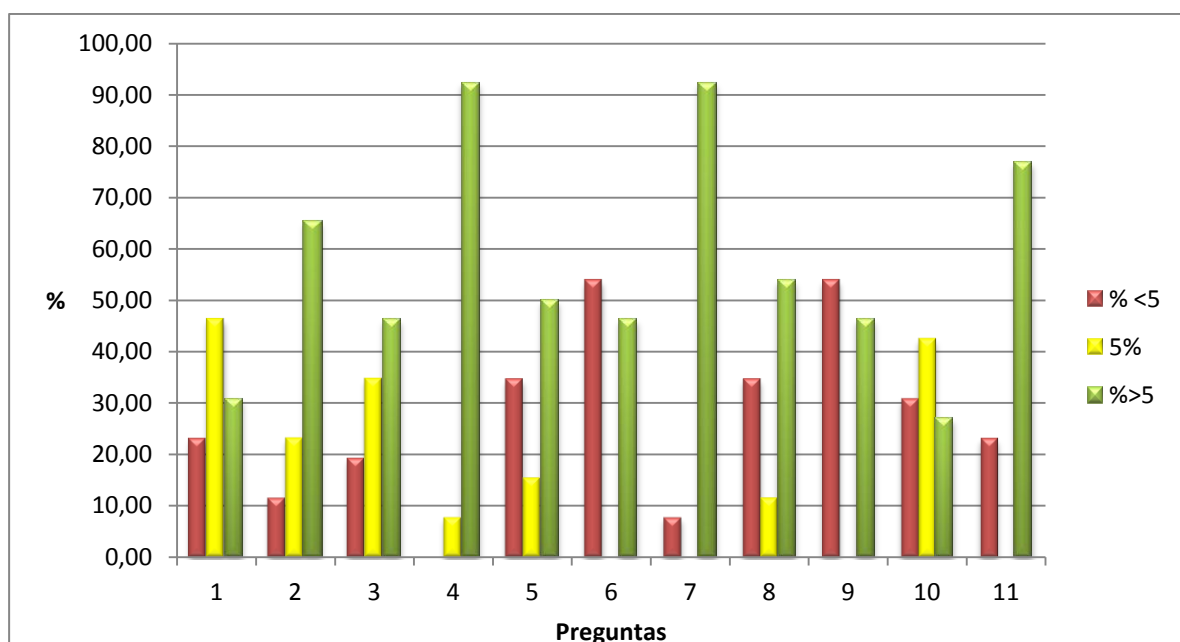


Figura 14. Relación de preguntas de la prueba escrita con el porcentaje de notas.

Se observa que las preguntas 2, 4, 7 y 11 presentan los resultados más altos, mientras que las preguntas 5, 6 y 9 presentan los resultados más bajos, teniendo como moda para estas preguntas un 0. Las preguntas con más resultados de 5 son la 1, la 3 y la 10. La moda de la pregunta 1 es de 0.25, lo que supone una calificación de 5 en esta pregunta.

Podemos relacionar la alta tasa de calificaciones de 5 con preguntas cerradas tipo test, y los resultados más bajos con preguntas abiertas y de interpretación de gráficos y resolución de problemas a partir de datos.

En concreto, la pregunta que supone representar datos en una gráfica, la pregunta 9, y la pregunta 6 que consiste en la relación de las propiedades de las capas del interior de la Tierra entre sí, son las que han obtenido los resultados más bajos. También la pregunta 5 que

pretende que el alumno trate de explicar los datos que aporta un meteorito para conocer la estructura interna de la Tierra.

Esto pone de manifiesto que es necesario trabajar en mayor profundidad el tratamiento de datos en gráficos para mejorar la habilidad científica de interpretación y relación de datos.

#### **4. CONCLUSIONES, CONSECUENCIAS E IMPLICACIONES**

La construcción de modelos ha resultado una actividad positiva para los alumnos, que han expuesto que les ha ayudado a comprender mejor el interior de la Tierra y por qué existen dos modelos.

He observado que durante la actividad de la sandía los alumnos tenían los modelos claros y tenían facilidad para explicarlos, sin embargo, la interpretación de los datos en los gráficos y la relación entre ellos parece haber presentado gran dificultad, tal y como han expuesto los autores, y se han obtenido modelos más sencillos que los modelos reales, pero la actividad ha sido útil para que los alumnos comprendan la dificultad de construir modelos con datos subjetivos.

En la segunda parte de la actividad, se ha presentado un inconveniente, ya que cada grupo se ha centrado en el factor que debía defender y ha perdido la perspectiva de tratar de interpretar todos los datos relacionándolos entre sí para elaborar su argumentación, por lo que percibo la necesidad de plantear primero la actividad de la elaboración del modelo y posteriormente la argumentación de la propiedad designada.

También parece haber influido el conocimiento de las tres capas geoquímicas principales estudiadas previamente y las ideas alternativas que tenían los alumnos, y de ahí han ido elaborando su modelo. Además, han querido ajustarse a la realidad en lugar de interpretar los datos. Para evitar esto, se puede plantear también realizar la actividad con un planeta imaginario en lugar de la Tierra y datos imaginarios para que los alumnos no traten de replicar el modelo real y así se centren más en relacionar los datos y de esta forma comprendan en mayor profundidad el modelo geodinámico ya que los alumnos muestran ideas alternativas del interior de la Tierra y buscan cumplir con el modelo en lugar de interpretar los datos.

La actividad pretende mejorar el aprendizaje del alumno en ciencias y en concreto en geología, que conozca su planeta y sea crítico con los datos, que construya su propio conocimiento, que valore su trabajo, trabaje su creatividad y su expresión oral. Todo esto, a partir de la construcción de modelos.

##### **Consecuencias e implicaciones**

Permitir a los alumnos trabajar mediante estas actividades supone una implicación por parte del profesor, inversión de tiempo y utilización de rúbricas para valorar el trabajo y la evolución de los alumnos, pero los resultados son beneficiosos para el alumno, ya que le permite adquirir destreza en ciencias, interpretación de gráficas y utilización de datos científicos, que son esenciales para una alfabetización en ciencias. Además el alumno es



consciente de su propio aprendizaje mediante la autoevaluación y la coevaluación y con todo esto se trata de conseguir que el alumno piense ciencias y haga ciencias.

En general la propuesta de innovación es interesante ya que se alcanzan los objetivos planteados con alguna necesidad de mejora de la actividad. Con esta propuesta, los alumnos pueden comprender en qué consiste un modelo y cómo se construye, cuál es la diferencia entre un modelo geoquímico y otro geodinámico para el interior de la Tierra y el por qué se plantean esos dos modelos; tienen que explicar y argumentar sus propuestas y tomar decisiones favoreciendo el pensamiento crítico, la interpretación de datos y el trabajo en equipo, así como la utilización del lenguaje científico.

## 5. REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. *II Congr ss Internacional de did ctiques*. Recuperado de <http://dugidoc.udg.edu/handle/10256/2774>
- Anguita, F. (2002). Adiós a la astenosfera. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10(2), 134-143.
- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M. y Keating, T. (2000). Virtual solar system project: Building understanding through model building. *Journal of research in science teaching*, 37(7), 719-756.
- Barquero, B., Schnotz, W. y Reuter, S. (2000). Adolescents' and adults' skills to visually communicate knowledge with graphics. *Infancia y aprendizaje*, 23(90), 71-87.
- Cavas, M, Chicano, J.F.; Luna, F. y Molina, L. (2010). La autoevaluación y la coevaluación como herramientas para la evaluación continua y la evaluación formativa en el marco del espacio europeo de Educación Superior. *IV jornadas de innovación educativa y enseñanza virtual en la Universidad de Málaga*. Recuperado de [http://www.uma.es/formacionpdi/new\\_ieducat/IV\\_Jornadas\\_Comunicaciones/Mesa\\_EvaluacionEstudiantes.pdf](http://www.uma.es/formacionpdi/new_ieducat/IV_Jornadas_Comunicaciones/Mesa_EvaluacionEstudiantes.pdf)
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: AIQUE.
- García, J.J. y Perales, F.J. (2007).  Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 107-132.

- Fernández, C., Alonso Chaves, F. M. y Anguita, F. (2013). Astenosfera: ser o no ser. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(1), 2-15.
- Figueira, M. E. M., González, F. T. y Rivas, M. R. (2013). La rúbrica como instrumento para la autoevaluación: un estudio piloto. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 11 (2), 373-390, Recuperado de <https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/5581>
- Halloun, I. A. (2007). *Modeling theory in science education* (Vol. 24). Springer Science & Business Media. Dordrecht: Springer.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. y Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of educational research*, 60(1), 1-64.
- Ley N° 12886. *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa*. Boletín Oficial del Estado. España. 10 de diciembre de 2013.
- Martínez Peña, M. B., Gil Quílez, M. J. y de la Gándara, M. (2016). Aportación de las experiencias a la construcción de modelos: el suelo como sistema. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 182-189.
- Johnny (2016). Mentimeter 1.0. Descargado de <https://www.mentimeter.com/app>
- Núñez, F., Banet Hernández, E. y Cordón Aranda, R. (2009). Capacidades del alumnado de educación secundaria obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 447-462
- ORDEN ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. BOA. 02 de junio de 2016
- Orden ECD/65/2015 de 21 de enero, Orden por la que se describen las relaciones entre competencias, contenidos y criterios de evaluación en Primaria, ESO y Bachillerato. BOE 29 de enero de 2015
- Padilla, M. J., McKenzie, D. L. y Shaw, E. L. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20-26.

Pedrinaci, E. (2012). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2), 133.

Prol-Ledesma, RM. (2016). Gráfico de relación de Temperatura con la Profundidad en el interior de la Tierra [Gráfico]. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/imgs/f04ap22.gif>

Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K. y Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Educación.

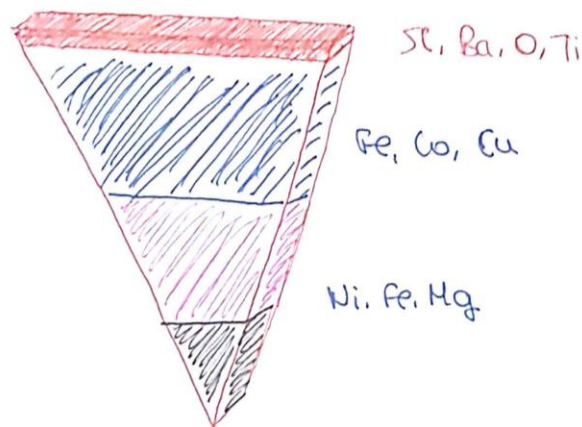
Universidad de Tucumán (2012). Gráfico de relación de Densidad con la Profundidad en el interior de la Tierra [Gráfico]. Recuperado de: [http://www.insugeo.org.ar/libros/misc\\_18/fig1-7.jpg](http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/fig1-7.jpg)

Universidad de Tucumán (2012). Gráfico de relación de Presión con la Profundidad en el interior de la Tierra [Gráfico]. Recuperado de: [http://www.insugeo.org.ar/libros/misc\\_21/01\\_fig01-5.jpg](http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/01_fig01-5.jpg)

## **6. ANEXOS**

### **ANEXO I: GRÁFICOS DEL INTERIOR DE LA TIERRA REALIZADOS POR LOS ALUMNOS EN GRUPOS**

Estructura interna de la tierra según la densidad.



Observamos claramente 3 zonas, y una cuarta que resalta un poco menos, dado que la densidad (y por tanto los materiales) son muy parecidos en ambos niveles.

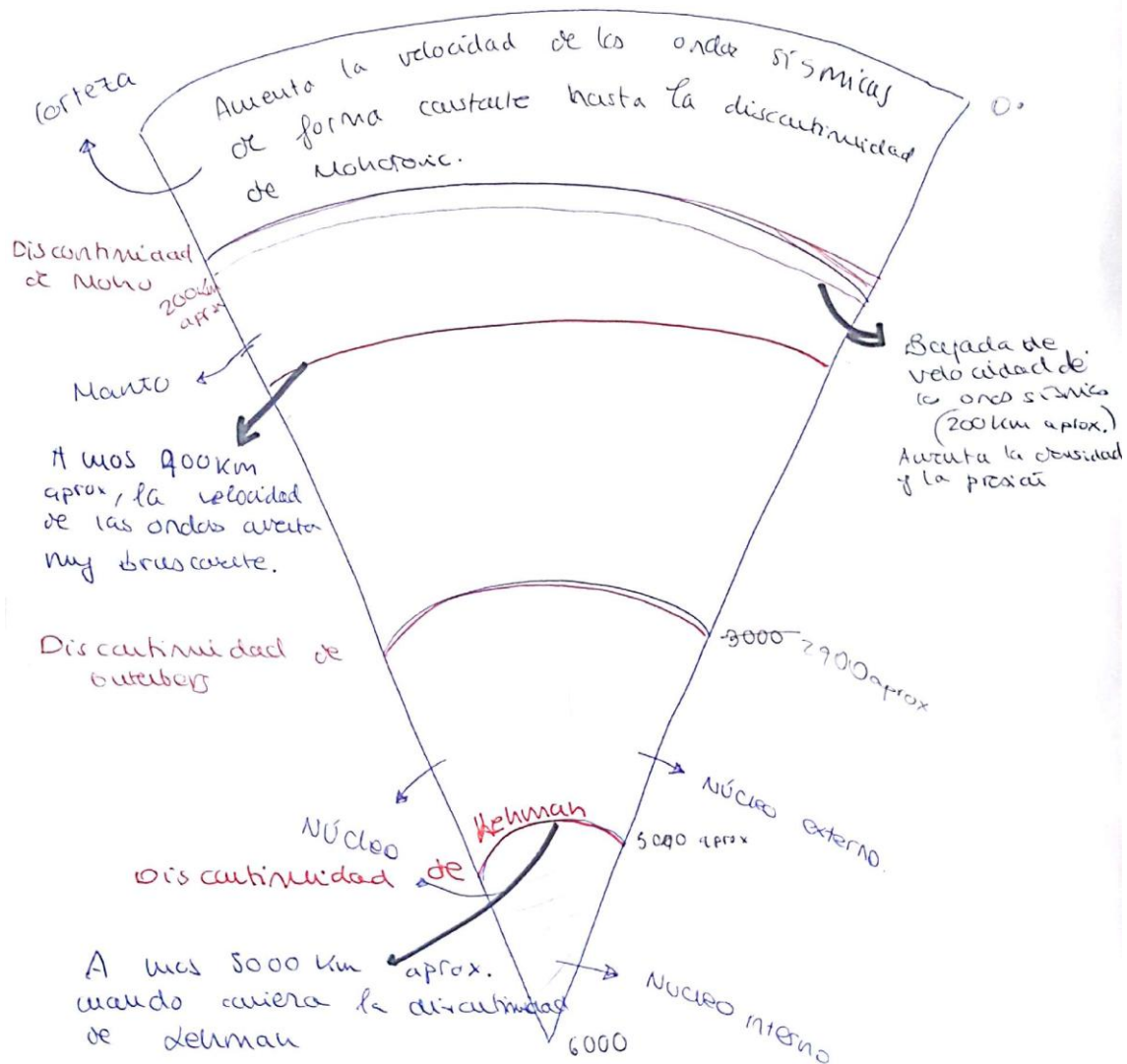
La capa más superficial (la corteza) la deducimos a partir de las ondas sísmicas, en este caso de la discontinuidad de Mohorovicic. En cambio, con el gráfico de la densidad vemos que esta es más ancha que según las ondas sísmicas, por lo que a este respecto no es un dato muy fiable. (ROJO) No aporta mucho.

A partir de la región mencionada deducimos a partir de la discontinuidad de Gutenberg, en el caso de las ondas sísmicas. Se encuentra a 2900 m de profundidad. Hay un cambio muy drástico, por lo que hay un aumento / disminución muy claro. Además, pasa a ser líquido, puesto que la onda  $\textcircled{S}$  desaparece. (AZUL)

A partir de los 2900 m, vemos un aumento claro de la densidad, por lo que hay materiales muy pesados que se encuentran en estado líquido. Ya no hay ondas  $\textcircled{S}$ . Esta capa va hasta los 5200 m. (ROSA)

A partir de allí (discontinuidad de Lehmann), aumentan todas las gráficas, por lo que la presión, la velocidad de las ondas y la densidad

# PRESIÓN



Cuanta más profundidad, más presión hay y la curva de fusión cambia en el manto.

Cuando aumenta la presión va a afectar en los materiales líquidos o sólidos.

Cuando comienza la discontinuidad de Moho, comienza el manto superior, y a los 200 km aproximadamente

hay una bajada de la velocidad de las ondas sísmicas aunque siempre seguirá aumentando la presión y la densidad. En este periodo hay un leve aumento de densidad y presión. A los 900 km la velocidad de las ondas aumenta bruscamente a la vez que se eleva la presión y la densidad.

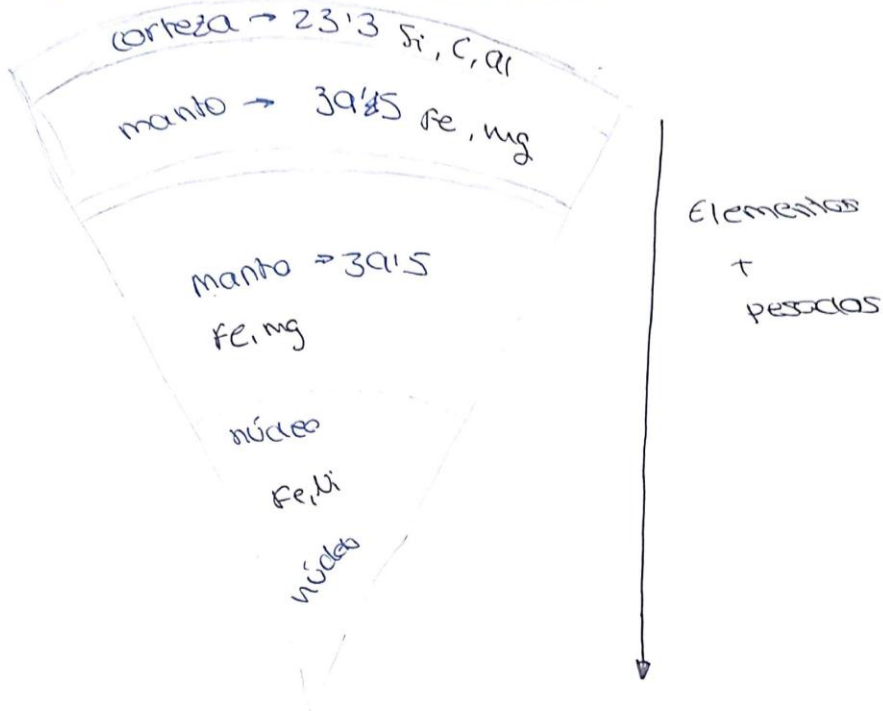
Cuando comienza la discontinuidad de Gutenberg finaliza el manto inferior y comienza el núcleo externo y aumenta bruscamente la presión.

Cuando se pasa del manto al núcleo aumenta la temperatura de fusión del manto. Y así va aumentando su temperatura de fusión en el núcleo.

A los 5000 km aproximadamente, en la discontinuidad de Lehman aumenta la presión y la temperatura y aumenta la velocidad de las ondas sísmicas.



Partiendo de la base que no se han cosas científicas que demuestren claramente que el núcleo es sólido hemos llegado a la siguiente conclusión:



Dependiendo de los materiales podemos dividir la Tierra

en las siguientes capas:

• Los elementos más pesados (Fe, Ni) aportan más densidad, visible en la gráfica. Por que la densidad va aumentando paulatinamente pero se puede observar que en las discontinuidades aumenta de manera brusca y por ello podemos deducir un cambio de capa.

Fijándonos en la gráfica de la temperatura y profundidad, además de saber que el núcleo se solidifica a los  $4.100^{\circ}$ ; a una profundidad de 5150 km.

Llegando estos datos a la gráfica de presión y temperatura podemos saber que el núcleo se solidifica con una presión de 330 GPa



# Onidas P "prime"

- Se transmiten por  $\left\{ \begin{matrix} \text{fluidos} \\ \text{sólidos} \end{matrix} \right.$

Para estudiarlo en la geología vemos que en la P, a partir de los 3 Km, se produce una discontinuidad, (Gutenberg). Gracias a ello determinamos que hay un medio líquido porque además, la onda S se corta (no se transmite en líquidos)

En los 5150 Km encontramos otra nueva discontinuidad sólida porque la onda vuelve a surgir (Lehman)

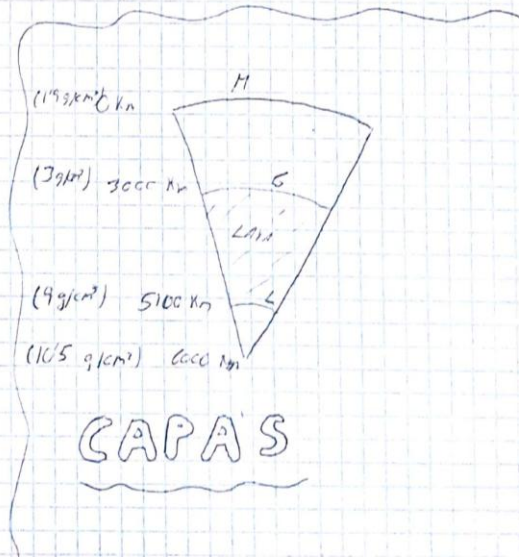
↑

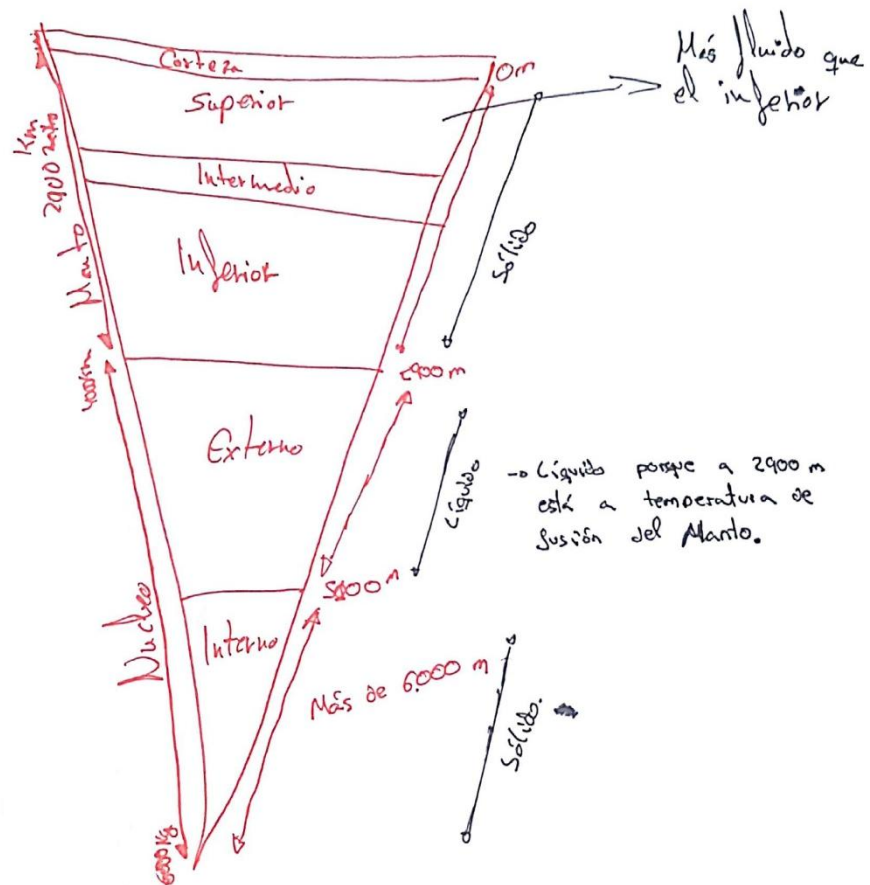
3 capas

G a L → fluido lava

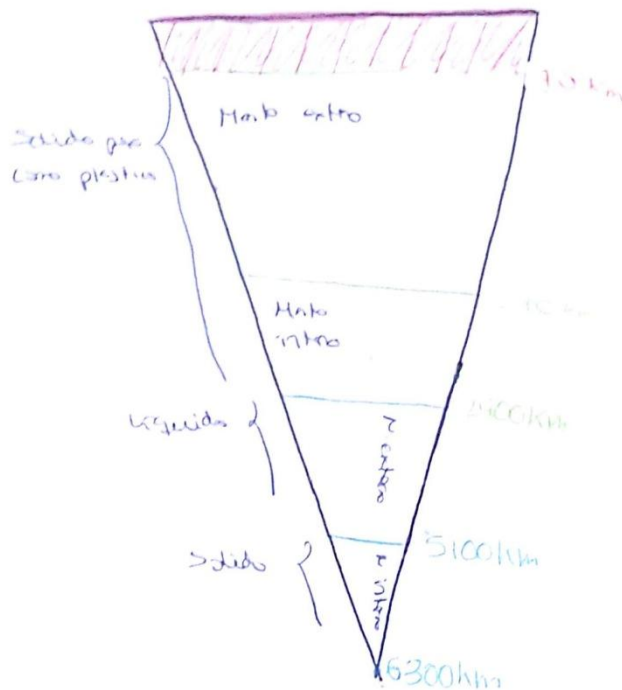
$$d = a + p$$

$$A + \frac{1}{2} P + T$$





## LA TEMPERATURA



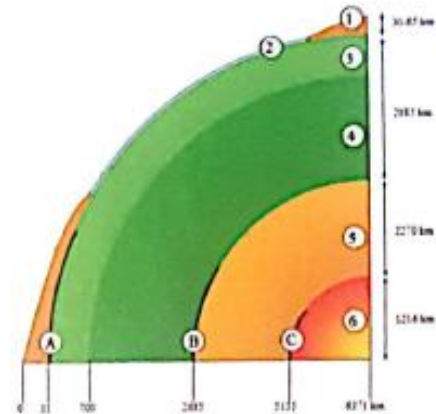
## **ANEXO II: PRUEBA ESCRITA DE 4º DE ESO**

Nombre \_\_\_\_\_ Núm \_\_\_\_\_ Secc \_\_\_\_\_

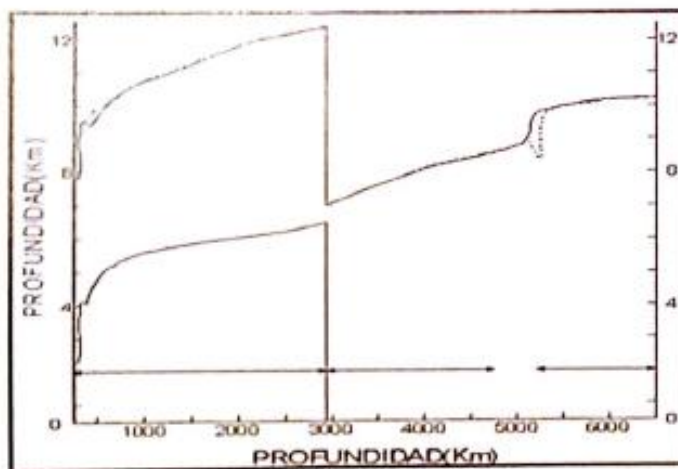
1.- Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas utilizando la información que te proporciona el dibujo:

	V ó F
Los números ④ y ⑤ indican unidades geoquímicas.	
El ③ señala el manto de transición.	
La densidad es decreciente con la profundidad.	
A, B y C son la corteza, el manto y el núcleo respectivamente.	

(Criterios de corrección: 4 aciertos: 10 - 3 aciertos: 5)



2.- Señala en la gráfica de abajo las siguientes unidades o estructuras.



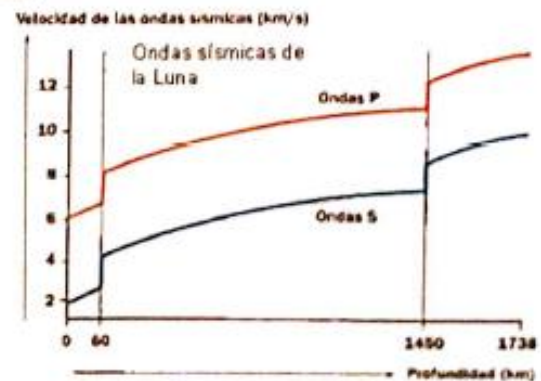
Onda s	Núcleo interno
Manto	Núcleo externo
Gutenberg	Mohorovicic
Lehman	Onda p

(Criterios de corrección: 8 aciertos: 10 - 7 aciertos: 7,5 - 6 aciertos: 5)

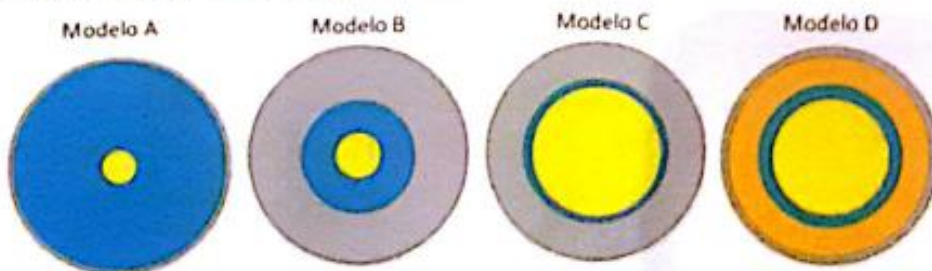
3.- La gráfica de la derecha ha sido elaborada a partir de los datos obtenidos sobre el comportamiento de las ondas en la Luna. De los datos que aparecen en ella se puede deducir que:

	V ó F
La luna orbita alrededor de la Tierra.	
La luna es más pequeña que la Tierra.	
La densidad de los materiales de la Luna aumenta con la profundidad.	
La Tierra y la Luna tienen la misma composición química.	

(Criterios de corrección: 4 aciertos: 10 - 3 aciertos: 5)



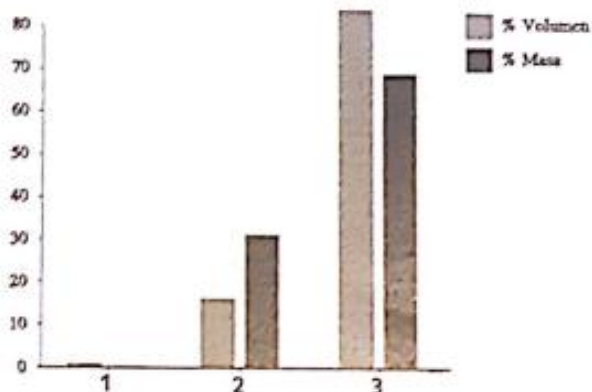
4.- Según los datos de la gráfica anterior, cuál de los modelos de Luna te parece el más correcto. Explica brevemente tu elección.





5.- El boletín n° 44 de la Sociedad científica para el estudio de los meteoritos y los planetas dice que en los años 50 se encontró en Zaragoza un meteorito de 162 kg de peso, con un 91.36% de hierro, 7.20% de níquel, 0.41% cobalto, 0.01% azufre y 0.03% fósforo. ¿De qué manera puede ayudar este tipo de objetos a conocer mejor nuestro planeta?

6.- En la siguiente gráfica aparecen representados los porcentajes de masa y volumen de las tres principales unidades geoquímicas de la Tierra. Identifica a cuál de ellas se refiere cada uno de los números 1, 2 y 3. Explica tus resultados.



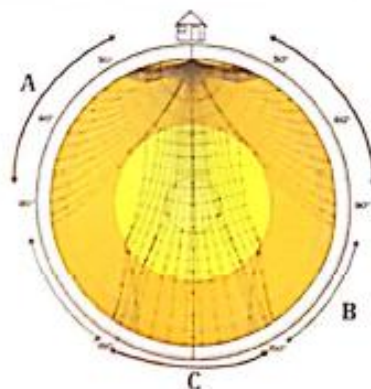
1.-

2.-

3.-

7.- Señala la opción correcta de las cuatro afirmaciones siguientes:

- a) En la zona A solo se perciben las ondas p.
- b) En la zona C solo se perciben las ondas s.
- c) En la zona A se perciben las ondas p y s.
- d) En el observatorio se recibirán las ondas de cualquier terremoto producido en cualquier parte del planeta.



8.- Explica tres características de la estructura interna de la Tierra a cuyo conocimiento hemos llegado gracias al estudio de la propagación de las ondas sísmicas por su interior.

9.- Construye la gráfica con la propagación de las ondas en p y s un planeta de 4.000 km de radio con materiales de densidad creciente y en el que los primeros 200 km son corteza. Tiene un núcleo que empieza a una profundidad de 2.500 km y que es líquido hasta los 3.200 km momento en el que cambia de estado. La velocidad inicial de p es de 6 km/s y la de la onda s de 3 km/s.



10.- Algunas rocas de la corteza, como el granito y el basalto, son de naturaleza magmática y se han formado por el enfriamiento del magma del interior de la Tierra. A partir de la información proporcionada en el cuadro adjunto contesta:

	V	A	F
El olivino tiene un bajo contenido en sílice.			
El granito tiene mayor proporción de cuarzo que el basalto.			
El cuarzo es menos denso que el olivino.			
En un magma que se está enfriando, el olivino solidifica antes que el cuarzo.			

(Criterios de corrección: 4 aciertos:10 - 3 aciertos 5)



11.- Calcula la zona de sombra de un terremoto de epicentro 17° N 23° O