

LA EQUIVALENCIA DE LAS IDEAS PREVIAS EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL ÁMBITO EUROPEO E INTERNACIONAL

CORRELATION OF STUDENTS' PREVIOUS IDEAS IN EARTH SCIENCES AT EUROPEAN AND INTERNATIONAL LEVEL

M. Forteza González
mforteza@us.es

M. J. Hernández Arnedo
arnedo@us.es

*Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química agrícola.
Universidad de Sevilla.*

Resumen

El objeto de este trabajo es comparar las ideas previas sobre algunos aspectos de las Ciencias de la Tierra de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla con las de niños y futuros maestros de otros países europeos, con la finalidad de encontrar los principales obstáculos de aprendizaje y proponer alternativas didácticas para superarlos.

Palabras clave: Ideas previas, Ciencias de la Tierra, contexto europeo e internacional.

Abstract

The purpose of this paper is to compare the previous ideas about some aspects of Earth Science of the students of the Faculty of Education at the University of Seville with those of children and future teachers of other European countries, in order to find the main learning obstacles and propose didactic alternatives to overcome them.

Keywords: misconceptions, Earth Sciences, European and international context.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque algunos conceptos y procesos relacionados con las Ciencias de la Tierra son abstractos y muy poco intuitivos (por ejemplo, el tiempo geológico o el espacio profundo del Universo) otros, sin embargo, como la sucesión del día y la noche, las estaciones, el ciclo del agua, los fenómenos meteorológicos, el uso de recursos minerales, la erosión, etc., forman parte de nuestra experiencia cotidiana. Incluso, en determinados lugares, se tiene también experiencia directa sobre fenómenos geológicos catastróficos como inundaciones, terremotos o volcanismo. De esta relación directa con los fenómenos surgen algunas de las concepciones iniciales de los niños, algunas de sus explicaciones sobre los procesos naturales.

Por su parte, los medios de comunicación nos permiten un acceso a entornos que nos son completamente ajenos, con un detalle y una perspectiva más rica y variada que nunca. Igual podemos ver el interior de una nebulosa, que viajar al interior de un volcán o recrearnos con los hábitats de una selva tropical o de un arrecife de coral.

De este modo, se construye una imagen de los fenómenos naturales en la que las concepciones iniciales de los niños se mezclan con el conocimiento escolar en un intento de acomodar sus ideas a las “científicamente correctas” y, en gran parte, influidas por lo que los medios de comunicación seleccionan y divulgan. Esto se convierte en fuente de errores conceptuales, ideas falsas, concepciones alternativas y vaguedades que devienen en auténticos obstáculos del aprendizaje (Hernández Arnedo [(11)]).

Es un hecho confirmado desde hace años que uno de los factores más importantes que influyen en el aprendizaje es precisamente lo que el alumno ya sabe o cree saber, por lo que, en nuestro caso, llevamos años trabajando sobre las ideas previas de los estudiantes de la Diplomatura de Maestro y actual Grado de Maestro de Primaria en un intento de construir un aprendizaje efectivo de los contenidos básicos de nuestra materia. Trabajos similares se vienen realizando en otros países y realizaremos aquí una comparación de los resultados obtenidos con nuestros alumnos y los de otros contextos, para comprender mejor cómo podemos mejorar nuestra relación de enseñanza-aprendizaje.

Para ello hemos seleccionado dos tópicos esenciales en el currículum de la enseñanza obligatoria: las relaciones astronómicas Tierra-Sol-Luna, de las que se desprenden los fenómenos del día/noche, las estaciones, las fases de la Luna, los eclipses, etc., y la estructura y dinámica interna terrestres.

2. METODOLOGÍA

La muestra de nuestro estudio está formada por estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla de la asignatura de 1º curso: “Geología y Recursos de Andalucía” de la extinta Diplomatura de Maestro, y de la asignatura Fundamentos de Ciencias Naturales I (Geología) del 1º curso del Grado de Maestro de Primaria. Por esta razón, al ser alumnos recién ingresados en la Facultad, acaban de finalizar su enseñanza obligatoria y la tienen muy reciente.

Los estudiantes que cursan el Grado de Maestros de Primaria son en un 80% mujeres y provienen mayoritariamente de Bachillerato de Letras (Humanidades o Sociales). Solo un 15% aproximadamente han cursado un Bachiller de Ciencias y un 2-3% proviene de Grados Superiores de FP. Esto no debería constituir un obstáculo para manejar los conceptos que analizamos aquí ya que son contenidos obligatorios de la enseñanza primaria y secundaria, y se imparten en diversas asignaturas de Ciencias Naturales y Sociales.

Para el análisis comparativo hemos seleccionado 46 investigaciones, en su mayoría de ámbito europeo, que abarcan sujetos de edades comprendidas entre los 6 y los 18 años, así como estudiantes de Magisterio y profesores en ejercicio. Para evitar repeticiones de citas, nos referiremos a ellas a partir de su numeración en la bibliografía.

3. LAS RELACIONES ASTRONÓMICAS DEL SISTEMA TIERRA-SOL –LUNA

Como señala Martínez Sebastiá [(21)], la comprensión del modelo Sol-Tierra-Luna se considera parte de la cultura científica que todo ciudadano debería poseer como resultado de su paso por el sistema educativo, y los contenidos relativos al tema forman parte de los “mínimos” o “standards”, desde el inicio de la etapa primaria hasta el final de la enseñanza obligatoria, en todos los países occidentales. A pesar de ello, los estudiantes tienen enormes dificultades para comprender la explicación de los fenómenos astronómicos elementales, y alcanzan la edad adulta sin poder aplicar consecuentemente el modelo astronómico Sol-Tierra- Luna.

3.1. Nuestros datos

Entre 2009 y 2013 hemos recopilado del orden de más de 200 encuestas sobre este tema, sin constatar apenas diferencias entre los estudiantes de los distintos años. En ellas se realizan diversos tipos de cuestiones: empíricas, descriptivas, explicativas, o predictivas, algunas de las cuales han sido extraídas o responden a formulaciones similares a las que se han realizado en otras investigaciones [(1)]. A pesar de que los formularios son más amplios y hacen referencia a variados aspectos sobre el Sistema Solar, nos vamos a referir aquí exclusivamente a los resultados de las relaciones día/noche, estaciones y fases de la Luna y eclipses:

Día /noche y Estaciones

El 100% de los estudiantes encuestados reconocen los movimientos de rotación y traslación terrestres, identificándolos como la causa del día y la noche y de las estaciones, respectivamente.

Cuando se les pide que dibujen las cuatro posiciones fundamentales de la Tierra en su órbita alrededor del Sol, obtenemos diferentes modelos que hemos agrupado en las siguientes categorías (ver fig. 1):

- Modelos geocéntricos (<del 10%) en los que el Sol gira alrededor de la Tierra. En algunos casos, dentro de este grupo se confunde las estaciones con el día y la noche.
- Modelos heliocéntricos sin considerar la existencia del eje terrestre (>del 60%). En este grupo podemos encontrar dibujos en los que la identificación de las estaciones es meramente denominativa, hasta los que consideran que la Tierra gira en un plano perpendicular al plano de la eclíptica (por lo que durante los equinoccios se iluminan el hemisferio Sur o N respectivamente).
- Modelos heliocéntricos que consideran la existencia del eje terrestre (aprox. 35%). En esta categoría, prácticamente el 100% de los estudiantes consideran que el eje cambia de inclinación a lo largo de su órbita, por lo que de nuevo las posiciones de solsticio y equinoccio son meramente denominativas.
- Modelos heliocéntricos con órbitas superexcéntricas con o sin eje terrestre (>80%), que señalan el solsticio de verano cuando se pasa cerca del Sol y el de invierno en su posición más alejada.

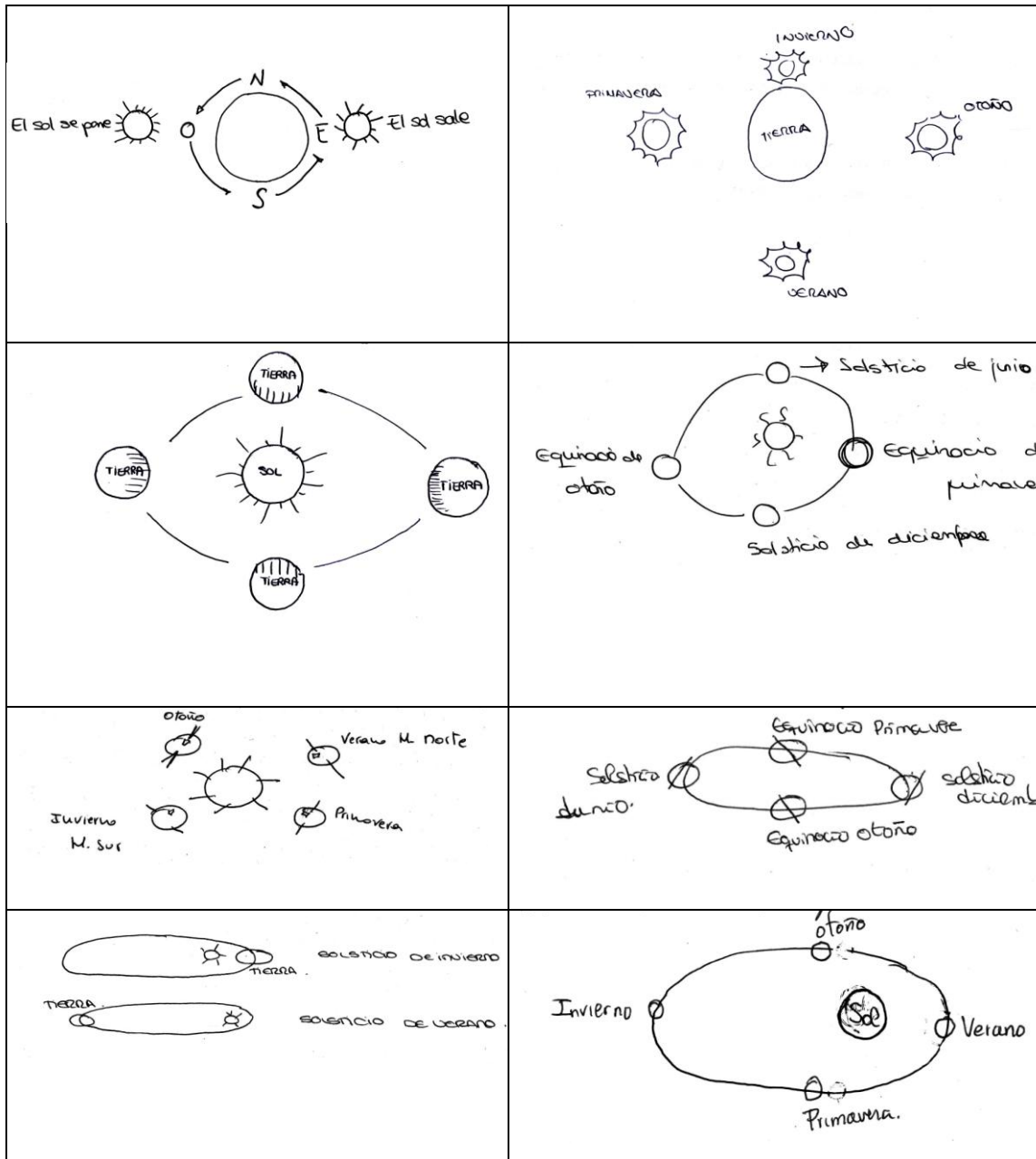


Fig. 1. Modelos sobre las posiciones de la Tierra alrededor del Sol. Estudiantes Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla

Menos del 10% son capaces de dibujar el modelo correcto, con la inclinación del eje terrestre y teniendo en cuenta la incidencia de los rayos solares.

Obviamente, estos modelos, en su mayoría, no tienen ninguna capacidad explicativa ni predictiva, así que cuando se les pregunta ¿por qué los días son más largos en verano que en invierno? obtenemos todo tipo de respuestas, la mayoría relativas a si llegan más o menos rayos del Sol. A la cuestión de ¿dónde es invierno cuando en nuestra latitud es verano? pueden responder correctamente a pesar de que sus modelos no lo justifiquen. Por último, en relación con el porcentaje de modelos de órbita muy excéntrica, más del 80% de los estudiantes alegan que es verano cuando pasamos cerca del Sol y viceversa.

Fases de la Luna y eclipses

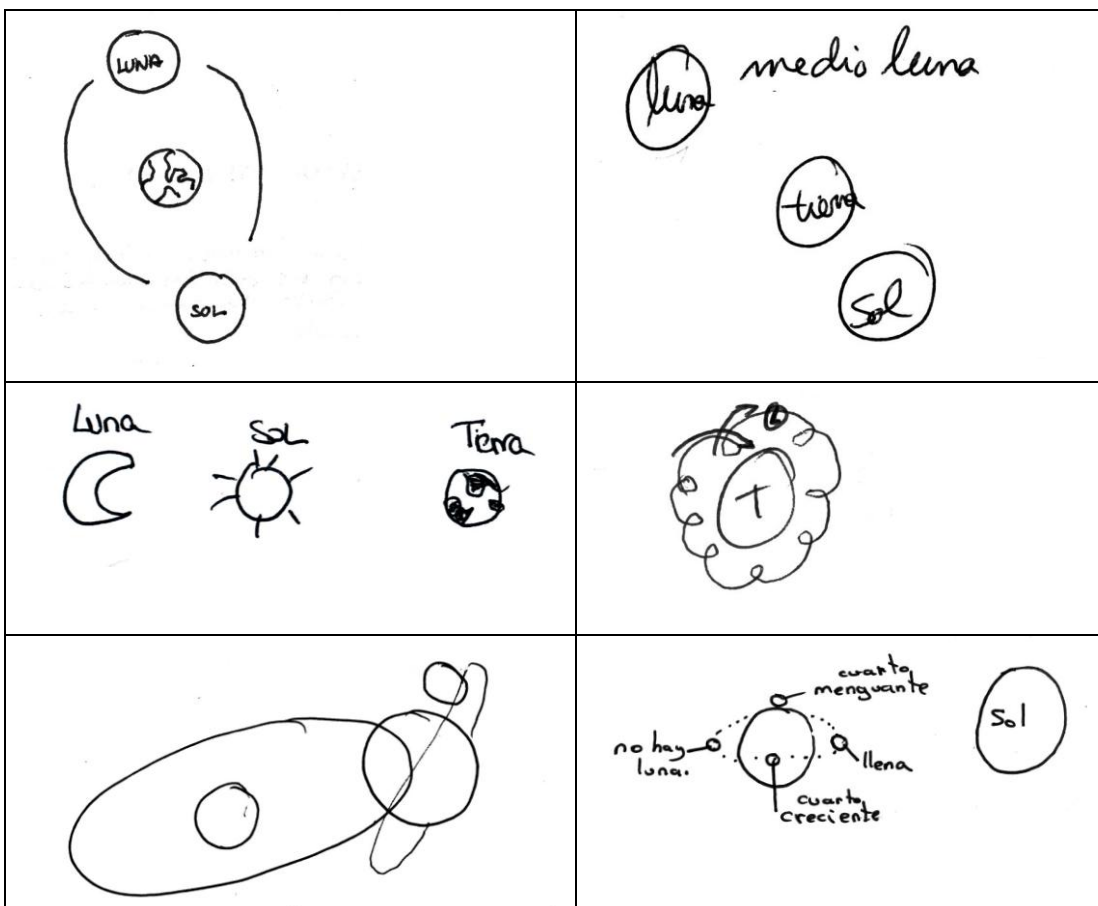
Respecto a la Luna, más del 50% consideran que no gira sobre si misma, y que tarda 24h en girar alrededor de la Tierra.

Más del 80% de los estudiantes considera las fases de la Luna debidas a la sombra causada por la interposición de la Tierra.

Más del 60% opina que la Luna está siempre en el mismo sitio y no se mueve a lo largo de la noche. En el caso de las estrellas, este porcentaje aumenta hasta un 85%, considerándolas astros fijos en el espacio.

En los dibujos de la Luna alrededor de la Tierra, indicando sus fases, también podemos encontrar diferentes categorías, con modelos aún menos explicativos que en el caso anterior (ver fig. 2):

- Modelos geocéntricos en los que la Luna y el Sol giran alrededor de la Tierra (< 10%)
- Modelos en los que la Luna gira alrededor del Sol (< 10%)
- Modelos en los que la Luna gira alrededor de la Tierra (aproximadamente un 80%), pero en estos casos la mayoría presenta órbitas con formas y ángulos diversos. Y prácticamente el 100% de los estudiantes confunde la fase de Luna nueva con la de Luna llena.



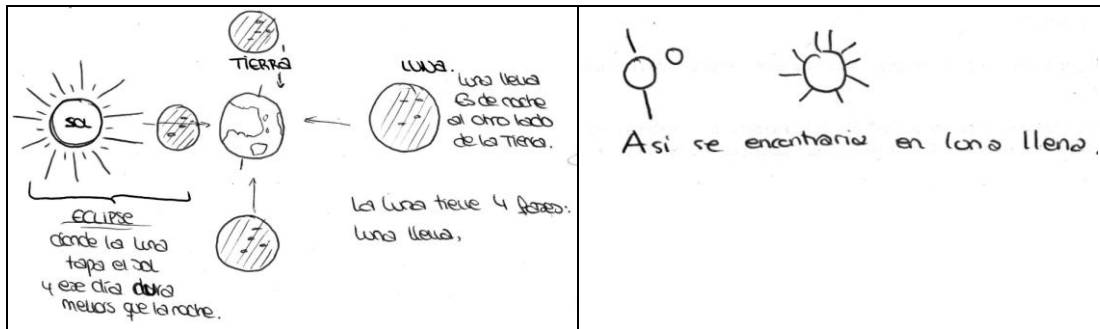


Fig. 2. Movimiento de la Luna alrededor de la Tierra. Estudiantes Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla

De nuevo estos modelos, que carecen de función explicativa o predictiva, les llevan a confundir las fases de la Luna con los eclipses o a considerar que en distintas partes del mundo se ven fases diferentes en la misma noche.

3.2. Análisis Comparativo

Como ya hemos señalado, este tópico es uno de los más investigados desde antiguo con respecto a las concepciones iniciales de los niños. Desde los primeros trabajos de Nussbaun y Novak [(27)] muchos profesores e investigadores se han interesado por la construcción de las relaciones del sistema Tierra-Sol-Luna, ya que es uno de los elementos fundamentales en la evolución histórica del conocimiento científico.

Lelliott y Rollnick [(17)] y Hernández Arnedo [(27)] hacen un balance de la cuestión analizando las investigaciones más importantes hasta la fecha.

En general, todos estos trabajos ponen de manifiesto las dificultades de aprendizaje de los niños de enseñanza primaria sobre los fenómenos astronómicos cotidianos, que involucran conceptos relacionados con matemáticas y física (relaciones espaciales, forma de la Tierra, gravedad, naturaleza de la luz, etc.) de los que frecuentemente tampoco se ha realizado un aprendizaje efectivo. Las concepciones iniciales y/o errores arrastrados desde el inicio de la escolarización permanecen en edad adulta, incluso en profesores en ejercicio.

La sucesión del día y la noche

Los trabajos pioneros en este tópico [(14), (26), (27), (28), (46)] se centraron en el tema de la forma de la Tierra y la gravedad como paso previo a la comprensión de fenómenos como la sucesión del día y la noche. La mayoría de estos estudios ponen en evidencia que los niños más pequeños, aunque reconocen una tierra redonda, cuando se les pide que operen con modelos manifiestan concepciones planas, con un "arriba" y un "abajo" absolutos. Los más mayores intentan conciliar sus experiencias con la comprensión científica de que la Tierra es redonda, generando así muchas ideas falsas, como Tierras redondas con forma de disco o huecas, interpretaciones en las que se vive sólo en el hemisferio N, o bien que se vive en toda la Tierra pero con una dirección "abajo" absoluta. Menos de un 20% de estudiantes de 16 años son capaces de dibujar una Tierra esférica con un "abajo" dirigido hacia el centro de la Tierra [(4), (38), (45), (46)]. A pesar de que se da por supuesto que los adultos y profesores en ejercicio no tienen problemas con estos conceptos, nosotros los hemos constatado en diversas formas entre nuestros estudiantes [(11)].

La mayoría de los niños al ser preguntados proporcionan una explicación para la sucesión del día y la noche [(4), (13), (34), (37), (45)]. La precisión de sus modelos explicativos depende de sus conocimientos respecto a factores como la forma de la Tierra, la rotación de la Tierra sobre su eje una vez cada 24h, la orientación del eje de rotación terrestre, etc. Así, podemos pasar desde las respuestas simplemente animistas como “el sol se va” o “la luna o las nubes tapan el sol”[(4), (13), (45)], a concepciones geocéntricas en las que “el sol gira alrededor de la Tierra”, o llegar hasta las más elaboradas que involucran la rotación terrestre. [(13), (34), (36), (40), (42)] (fig. 3). La idea de una Tierra en rotación entre un Sol y una Luna estáticos es muy frecuente en esta edad [(45)]. Todas estas concepciones, incluso las geocéntricas, han sido exploradas también en personas adultas y maestros en ejercicio, encontrándose, que, aunque en su mayoría comprenden el modelo de rotación terrestre, en ocasiones se obtienen resultados similares a los de los escolares, como es el caso de alguno de nuestros estudiantes y otros trabajos similares. [(6), (11), (12), (21), (32), (34), (35), (41)] (fig.4)

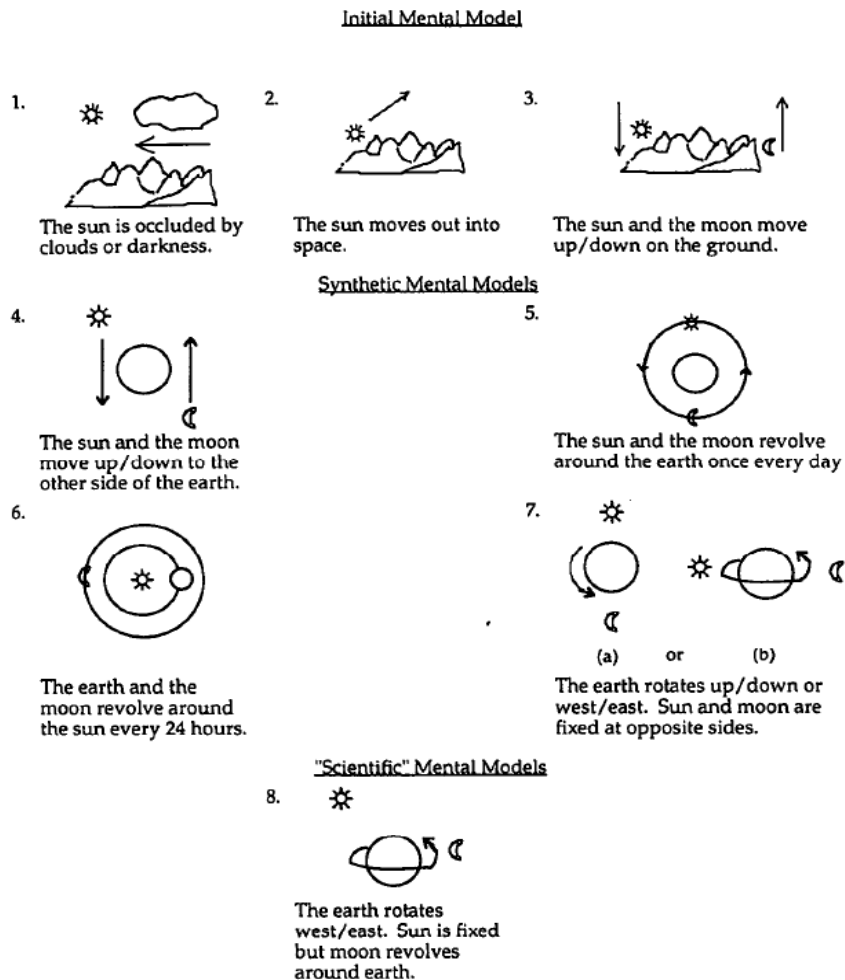


Figure 5. Mental models of the day/night cycle.

Fig. 3. Evolución de los modelos de niños de Primaria sobre el día y la noche. [(45)]

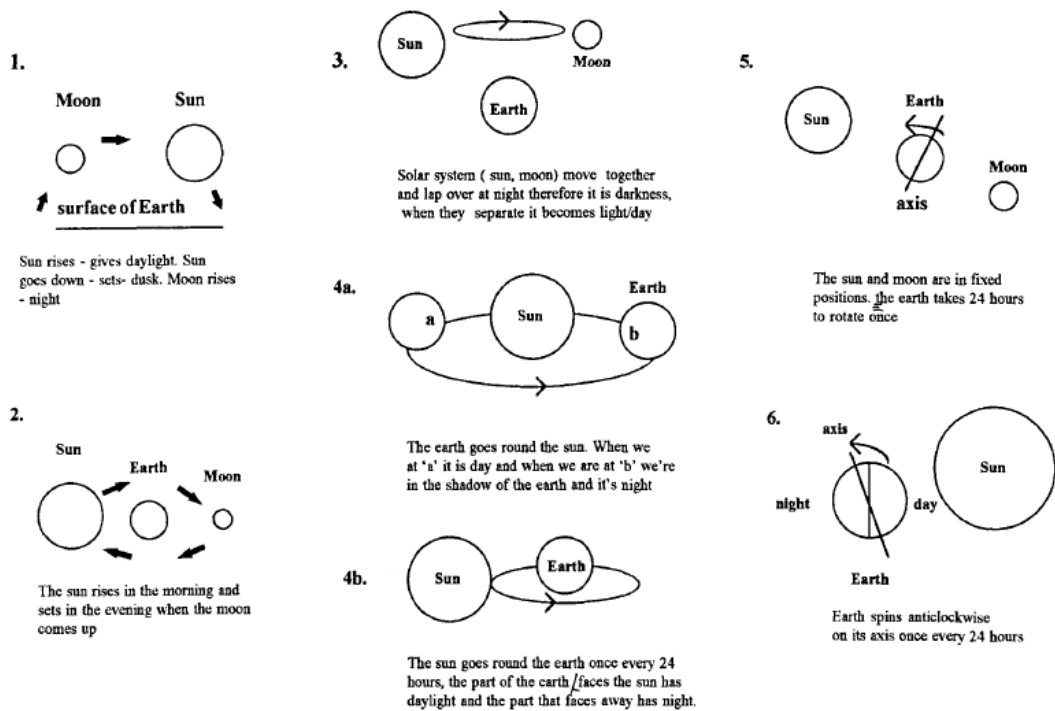


Figure 1. Explanations for day and night.

Fig.4 Resumen de explicaciones para el día y la noche de maestros de Primaria. [(32)]

El origen de las estaciones

Como en el caso anterior, la revisión bibliográfica sobre las interpretaciones de los alumnos acerca del fenómeno de las estaciones se ha centrado tanto en niños, como en adultos, profesores en formación y profesores en ejercicio. [(3), (4), (6), (12), (25), (32), (34), (35), (36), (37), (41)]. Las explicaciones más simples y menos elaboradas, correspondientes en general a los niños de menor edad, abogan por causas variadas, como que las nubes u otros planetas tapan el Sol; o geocéntricas, como el giro del Sol alrededor de la Tierra. Es frecuente también que muchos niños de Primaria propongan como explicación la rotación de la Tierra, siendo verano en la cara que da al sol e invierno en la opuesta (fig. 5). Algunos niños piensan que cuando es verano la Tierra gira más lentamente por lo que hay mayor irradiación solar. La inclinación del eje terrestre es mencionada por algunos alumnos del ciclo superior de Primaria, pero como una respuesta teórica, ya que no saben aplicar el modelo, y con mucha frecuencia representan el eje terrestre apuntando a un punto del cielo distinto en cada una de las estaciones, exactamente igual que nuestros estudiantes.

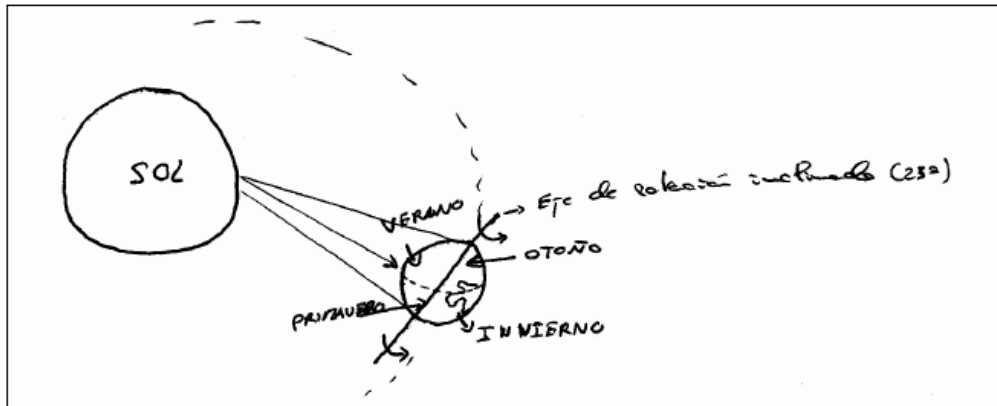


Fig. 5. Confusión del modelo día/noche con las estaciones. Encontrado en la literatura por diversidad de autores. [(25)]

Pero, sin embargo, la concepción más extendida respecto al origen de las estaciones, en personas de todas las edades y países, puestas de manifiesto en todas las investigaciones, es la proximidad o lejanía de la Tierra al Sol en su movimiento de traslación, justificado por una órbita muy excéntrica. En algunos casos esta concepción se matiza con la inclinación del eje terrestre, es decir, la mayor o menor distancia al sol de cada hemisferio según la inclinación del eje. Esta explicación descansa en la “metáfora de la estufa” [(25)], es decir en la variación de temperatura que experimentamos cuando nos acercamos o alejamos de un foco de calor. (fig.6)

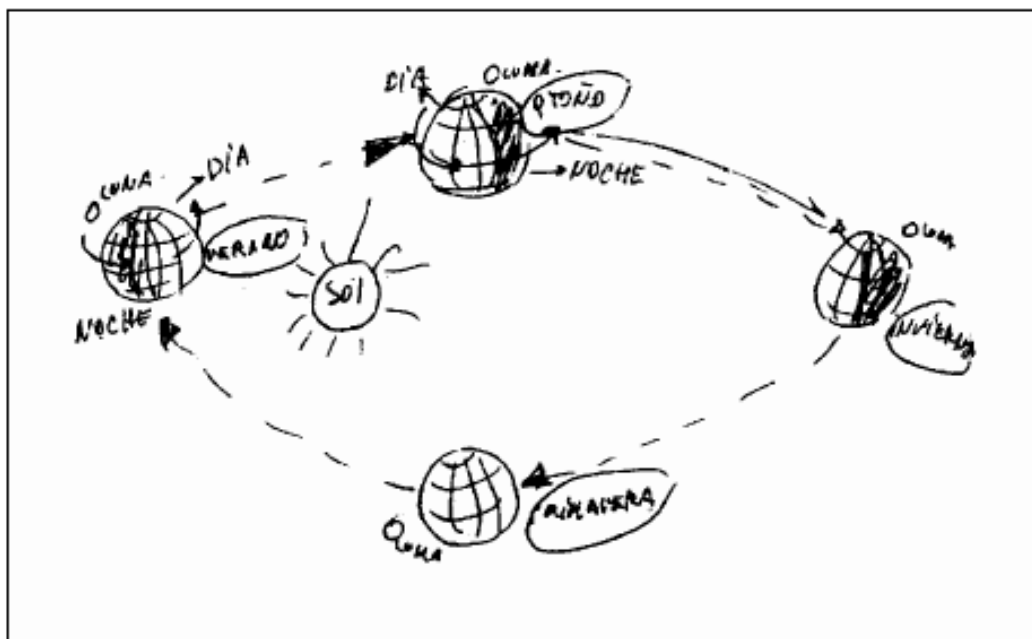


Fig. 6. Modelo “estufa” propuesto por maestros en ejercicio para explicar las estaciones. [(25)]

En el nivel escolar, incluso en las concepciones más ajustadas al modelo real, no hay constancia de que sus modelos incluyan la comprensión de la duración del día y la noche en cada estación, ni por supuesto, la distinta posición de la salida y la puesta del

sol cada día o su variación de altura en el cielo, ya que ni siquiera son conscientes de ello.

Nuestros alumnos, como ya hemos comentado, manejan exactamente la misma variedad de ideas sobre estos procesos, y es importante hacer notar que, como muchos de los niños, no han sido nunca conscientes de la variación de los movimientos aparentes del Sol en el cielo. En las representaciones gráficas el eje terrestre puede o no estar, puede presentar cualquier ángulo de inclinación, puede apuntar a cualquier lugar del cielo a lo largo de la órbita, de manera que su importancia es meramente teórica. Del mismo modo el plano de la eclíptica no tiene nada que ver con la órbita terrestre, por lo que algunas concepciones basadas en la observación de gráficos hacen pasar a la Tierra por encima y por debajo del Sol, quedando iluminados el hemisferio S y el hemisferio N respectivamente. Es decir que tanto niños como adultos no comprenden la perspectiva de los dibujos en dos dimensiones.

Las fases de la Luna y Eclipses

La Luna, junto con el Sol, es el cuerpo celeste más reconocido por los niños de todas las edades. La vemos prácticamente todas las noches y desde todos los sitios. Además, sus fotografías desde el espacio o de su superficie se pueden ver en cualquier lugar común.

Muchos de los trabajos antes mencionados hacen también referencia al estudio de la Luna. En general todos los niños saben que la Luna cambia de forma y reconocen las distintas apariencias, incluso entre los más pequeños se conocen las expresiones “creciente”, menguante” y “llena” [(39)]. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes de cualquier edad, e incluso la mayoría de los adultos, creen que la Luna no se mueve a lo largo de la noche o no pueden definir correctamente el movimiento aparente de la Luna en el cielo (fig.7).

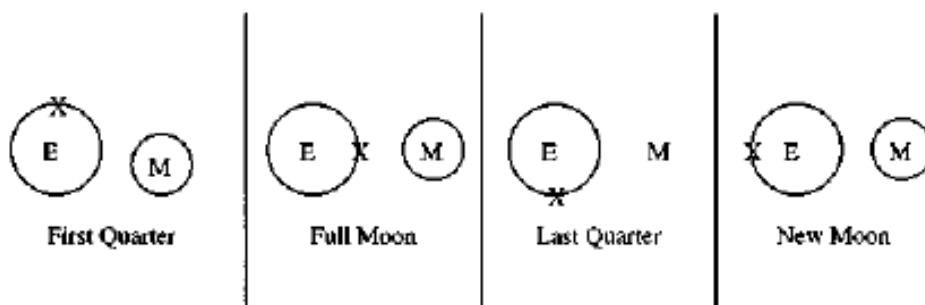


Fig. 7. Explicación de las fases de la Luna por el giro de la Tierra. La X corresponde a un observador que gira con la Tierra [(39)]

Los niños de 10 a 12 años, aunque no se hayan fijado en el movimiento de la Luna cada noche, creen que si la vemos moverse en el cielo será como consecuencia de que la Luna gira alrededor de la Tierra, una información que ya ha sido aportada en la escuela. La mayoría no son capaces de definir este periodo de traslación y la respuesta más frecuente es de 1 día [(40)]. Pocos son conscientes de que se pueden ver la Luna y el Sol al mismo tiempo en el cielo, y es más frecuente asociar esta imagen a la mañana

que a la tarde. Estas concepciones se corresponden con las de nuestros alumnos y han sido puestas de manifiesto en otras investigaciones con estudiantes similares [(43)].

Respecto a las fases de la Luna, aparte de las respuestas más ingenuas de los niños de menor edad, que señalan la presencia de nubes o montañas que tapan la Luna, la mayoría de las concepciones hacen referencia a la sombra de algún otro cuerpo celeste, preferentemente la de la Tierra, como causa de las fases lunares [(4), (6), (17), (36), (37), (39), (41)]. Esta idea es también la más aceptada entre nuestros estudiantes, al igual que los datos obtenidos por otros estudios relacionados con profesores en formación [(6), (35), (43)]. Sin embargo, la mayoría de los trabajos hacen referencia a un conjunto variado de explicaciones alternativas (aunque lamentablemente sin dibujos). La identificación de las fases lunares con la causa de los eclipses hace que algunos niños o adultos consideren que hay eclipses de luna todos los meses.

4. LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA Y SU DINÁMICA

Los trabajos sobre concepciones alternativas en Ciencias de la Tierra y, en particular, en aspectos geológicos tienen todavía poco desarrollo debido, en parte, a la poca importancia que se da a sus contenidos durante la educación obligatoria en relación con otras ciencias. En general los estudios son tan escasos que es difícil generalizar y modelizar la evolución de las concepciones alternativas en este campo.

La mayoría de las investigaciones se han centrado en las concepciones sobre elementos concretos como volcanes, rocas, montañas, etc., pero son todavía escasas aquellas que aborden los procesos y fenómenos integrados en la dinámica terrestre, que revelen una comprensión causal y una evolución temporal y las dificultades de aprendizaje que estas relaciones implican.

4.1. Nuestros datos

En nuestro caso, partimos de una muestra similar a la del estudio anterior, a partir de un cuestionario en el que se pide a los alumnos que dibujen cómo creen qué es el interior terrestre, en qué estado físico se encuentra y cómo podemos averiguarlo. También se incluyen preguntas sobre terremotos y volcanes, que se completan con conversaciones directas en el aula.

Estructura Interna

El 100% de los encuestados conocen que la Tierra se encuentra dividida en capas concéntricas, aunque su cantidad, dimensiones y estado físico pueden ser muy variables y ninguno de ellos es capaz de determinar la causa de esta distribución.

Respecto a la división en capas podemos considerar las siguientes categorías (fig. 8):

- Modelos con capas no concéntricas (<3%), es decir capas horizontales de manera que la más profunda se encuentra en el polo Sur.
- Modelos con capas concéntricas: Aquí podemos señalar las siguientes subcategorías:
 - Modelos en los que se confunden los nombres de las capas de la Tierra, por ejemplo con las capas atmosféricas (<3%)

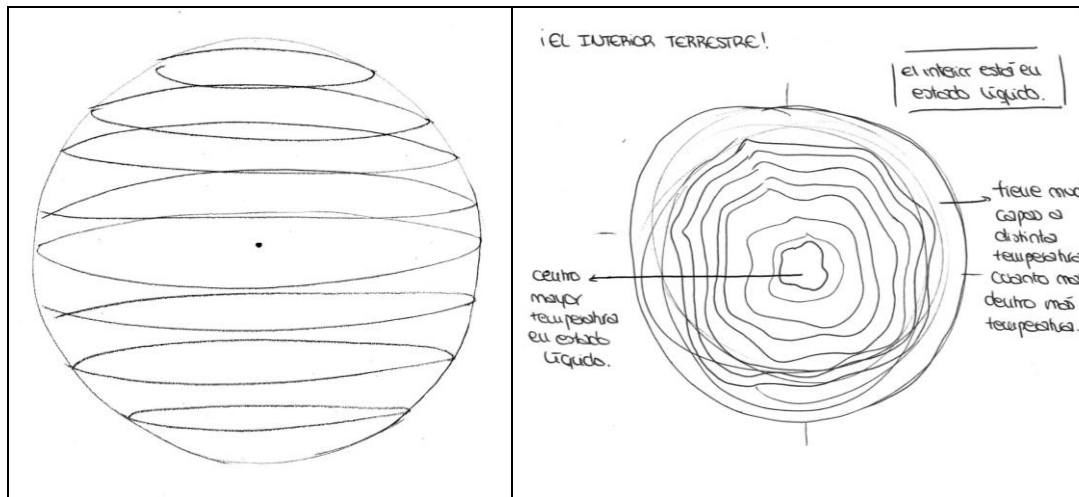
- Modelos de múltiples capas adimensionales. Alrededor del 30% de los estudiantes dibuja la Tierra dividida en muchas capas a las que no asignan nombre. Es lo que denominamos el “modelo cebolla”.
- Modelos con Corteza /Manto/Núcleo. Más de un 70% de los estudiantes conocen esta terminología, pero la aplican de manera muy variable. La mayoría suponen una corteza enorme y un núcleo muy pequeño. Menos de un 10% hace referencia a posibles subdivisiones dentro del Manto, como Manto superior y Manto inferior.

Respecto al estado físico podemos resumir así nuestros resultados:

Más del 98% de los encuestados considera la corteza (de mayor o menor grosor) en estado sólido o rocoso. En un porcentaje similar asignan al manto un estado fundido, es decir hecho de magma, aunque en escasas ocasiones pueden imaginar agua bajo la corteza. Respecto al núcleo, encontramos gran variedad de posibilidades: en estado gaseoso, líquido o compuesto por magma. Es decir, prácticamente la totalidad de los estudiantes universitarios consideran que bajo la corteza, la Tierra no se encuentra sólida.

Respecto a los métodos de investigación sobre el interior terrestre:

- Más del 90% hace referencia a la presencia de volcanes y al magma, entendiéndolos como respuesta evidente de un interior fundido.
- Muy pocos estudiantes (<10%) se refieren al estudio a partir de las ondas sísmicas, y ninguno menciona la comparación con meteoritos u otros métodos indirectos.



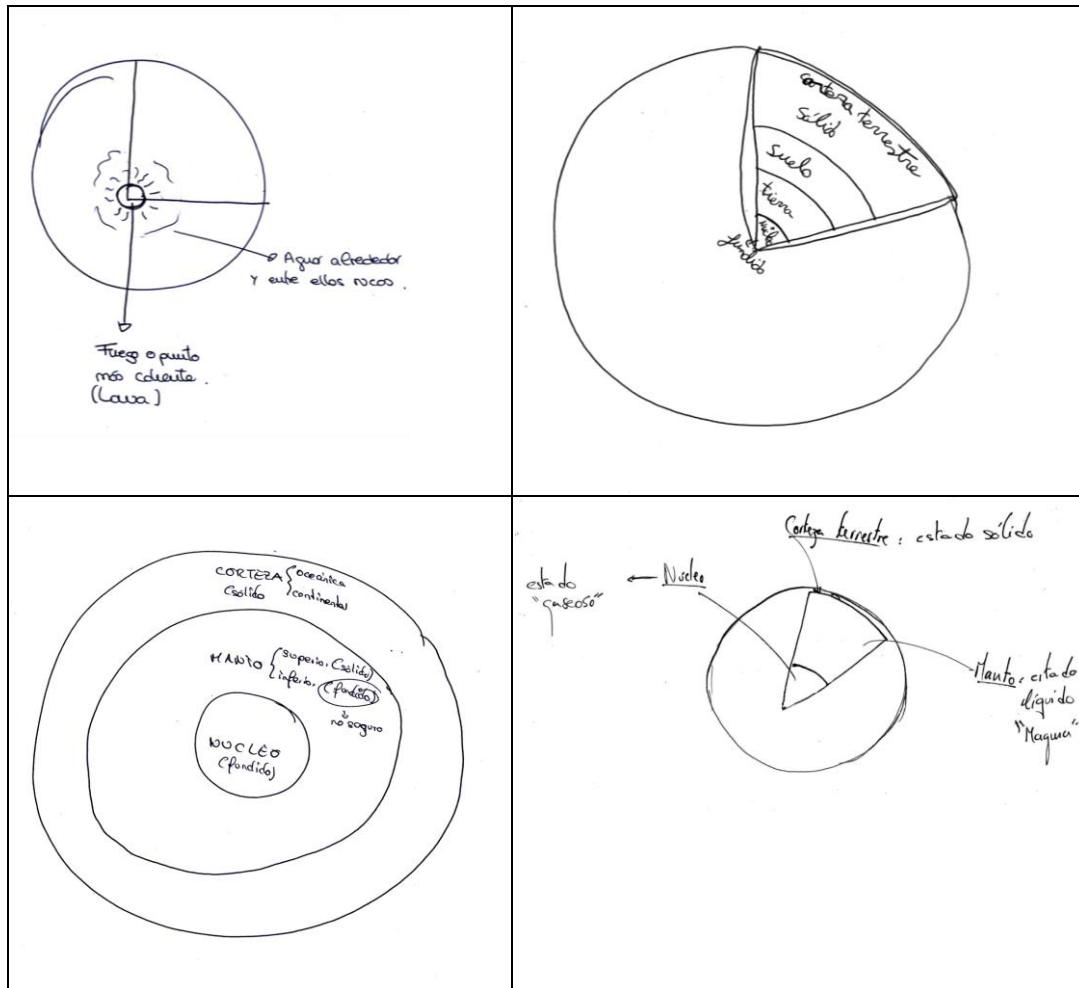


Fig. 8. Modelos del interior terrestre. Estudiantes Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla

Terremotos

Nuestros estudiantes en más de un 50% reconoce la actividad sísmica como una consecuencia del movimiento de las placas, pero en muchas ocasiones confunden la causa con la consecuencia (es decir, consideran que los terremotos causan las fallas) y en general la mayoría relaciona sismicidad con volcanismo. En algunos casos (<20%), no son capaces de atribuir para los terremotos un origen fundamentado en ningún fenómeno natural o basado en algún concepto científico.

Ninguno puede señalar las áreas de mayor actividad sísmica del planeta, ya que desconocen los límites de las placas y, por la misma razón, ninguno de ellos puede predecir si hay mayor riesgo de terremotos en unos sitios u otros, aunque algunos mencionan la falla de San Andrés como uno de los lugares del planeta con mayor riesgo sísmico, sin duda inducidos por los medios de comunicación.

Volcanismo

Cuando nuestros estudiantes se refieren al volcanismo, piensan y dibujan montañas aisladas en el interior de un continente.

El 80% lo considera un fenómeno desligado de la actividad de las placas y relacionado exclusivamente con el interior terrestre fundido. El magma, en general proveniente del núcleo, asciende hasta la superficie y sale por una montaña. Es decir,

no consideran los volcanes como edificios construidos sino como relieves preexistentes. También pueden expresar modelos en los que la lava se encuentra dentro del volcán sin especificar su origen (fig. 9). A pesar de que conocen la existencia de islas volcánicas, no son capaces de integrarlas en su esquema conceptual, ya que no las conectan con el fondo marino (para algunos –alrededor del 15%- las islas flotan sobre el mar). El 100% relaciona la actividad sísmica con el volcanismo y más del 50% considera los terremotos como la causa de la erupción volcánica. Para el resto depende de la cantidad de magma que se concentre, pero no pueden explicar el porqué de este fenómeno. El 100% conoce la terminología: cono volcánico, cráter y lava.

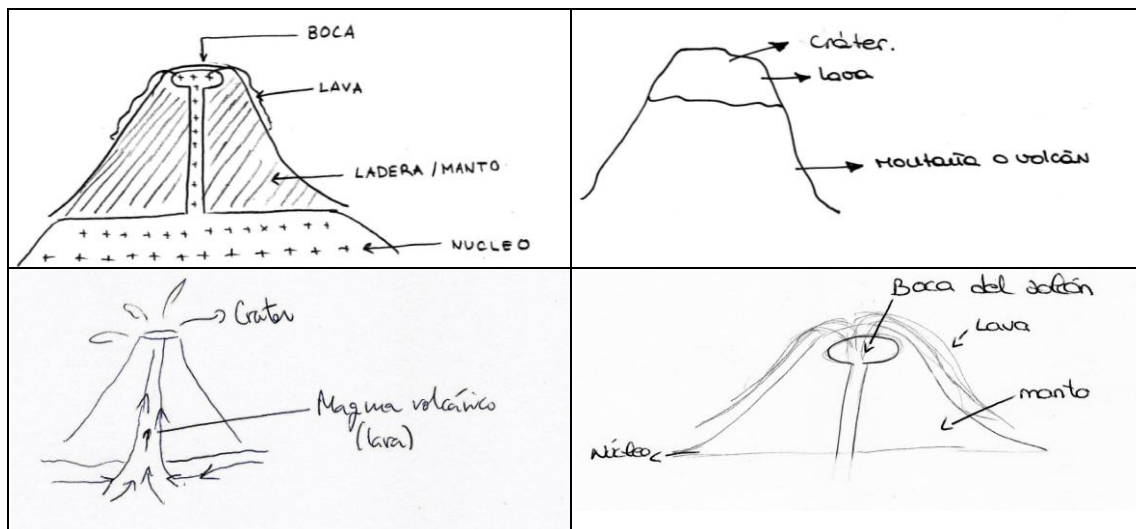


Fig. 9. Modelos de volcanes. Estudiantes Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla.

4.2. Análisis Comparativo

Hemos trabajado aquí con una serie de investigaciones sobre concepciones relativas a terremotos y volcanes y algunas en las que, aunque su objeto de estudio no sea directamente la estructura de la Tierra, se hace referencia a ella en el curso de sus observaciones. La mayoría de estos trabajos se refieren también al origen del planeta, la tectónica de placas o el tiempo geológico.

Interior terrestre

Es frecuente que los niños más pequeños consideren que el interior terrestre está hecho de fuego, aunque más aisladamente puedan hacer referencia a la presencia de otros elementos como imanes e incluso lagos o mares. A partir del ciclo superior de Primaria, y tras los aprendizajes escolares, aparece una concepción más científica, considerando el interior terrestre dividido en capas, e incorporan un vocabulario más correcto [(2), (7), (10), (20)]. Los tamaños relativos de las capas pueden variar, pero, en general, los niños consideran la idea de una corteza enorme y un núcleo muy pequeño datos que coinciden con nuestras observaciones (fig. 10)

La idea más extendida respecto al estado físico de los materiales terrestres es que el interior terrestre en su conjunto se encuentra en estado fundido [(2), (5), (7), (10), (18), (20)]. Hemos podido evidenciar cómo esta concepción se mantiene exactamente igual entre los universitarios. El papel de la corteza es proteger la Tierra y evitar que el

magma se escape. Es también posible que algunos niños, basándose en su experiencia respecto al calor del Sol, piensen que el interior terrestre será más frío ya que no le llegan los rayos del sol [(7)].

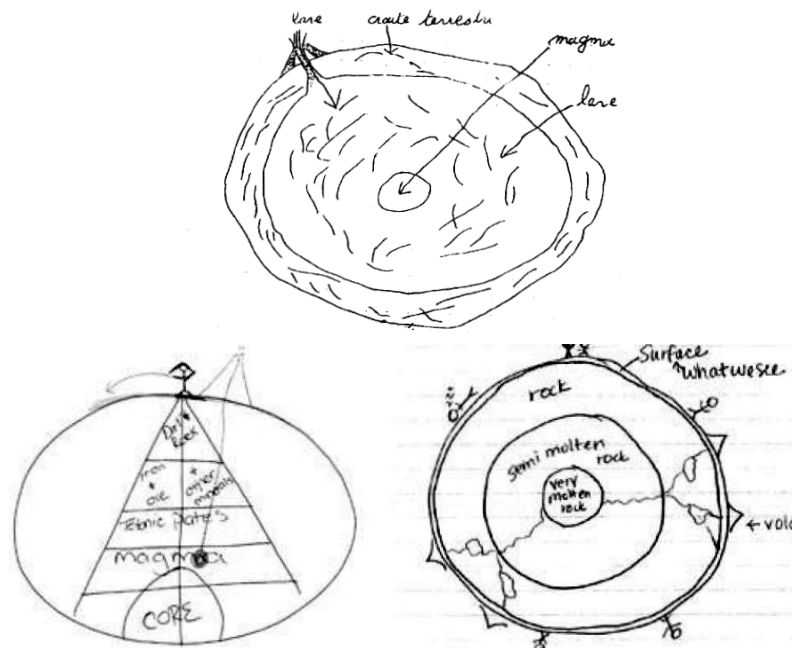


Fig. 10. Modelos de capas del interior terrestre, en niños y estudiantes universitarios. [(10), (18)]

Un estudio con niños portugueses [(22, 23)] revela que las concepciones sobre cómo se obtiene información científica respecto al origen y naturaleza del interior terrestre implican el estudio de las rocas, los volcanes, el fondo del mar o los fósiles. Es particularmente interesante que muchos niños creen que el fondo del mar es lo que ha permanecido más inalterable desde la formación del planeta y donde se encuentran las rocas más antiguas.

Volcanes

Uno de los fenómenos naturales más conocidos por la mayoría de las personas, junto con los terremotos, por sus consecuencias catastróficas, son los volcanes. La espectacularidad del vulcanismo actual, las coladas de lava o las enormes columnas de gases expulsados desde el cráter de los volcanes, ha sido vista en numerosos documentales. No hay ni un solo niño que mediante información no formal, como cuentos o películas de animación, no esté familiarizado con la imagen de un volcán y la lava, incluso con vocabulario específico: cráter, colada, magma, etc. Así, la mayoría de los estudios demuestran que los niños de Primaria, desde su primer nivel, reconocen los volcanes como un fenómeno natural, aunque entre los más pequeños se puedan concebir causas antrópicas o animistas. Respecto al origen del vulcanismo, los escolares de los primeros grados invocan causas naturales, pero a menudo acientíficas, como, por ejemplo, que “se llenan de lava y se desbordan”, “que existen chorros de aire que empujan la lava” o “fuego que los hace hervir”, mientras que entre los más mayores se pueden encontrar concepciones más próximas a la realidad, en las que,

además de la lava, se involucran gases y explosiones o fusión de rocas, en una tentativa de producir explicaciones de naturaleza física [(2), (8), (16), (29), (30), (31)] .

Respecto al origen de la lava se pueden considerar dos subgrupos: aquellas concepciones en las que la lava se encuentra en lagos en el fondo de los volcanes, o aquellas en las que la lava proviene del núcleo de la Tierra [(2), (10), (16), (30)] (fig. 11).

La idea permanente de un fuego central o magma en el interior terrestre está muy próxima a algunas de las ideas sostenidas por los científicos desde la antigüedad. En cualquier caso, los volcanes se conciben como fenómenos locales -las representaciones son siempre una montaña aislada- sin conexiones entre ellos, y asociados a la idea de que el interior terrestre se encuentra en estado fundido [(2), (5), (8), (16)].

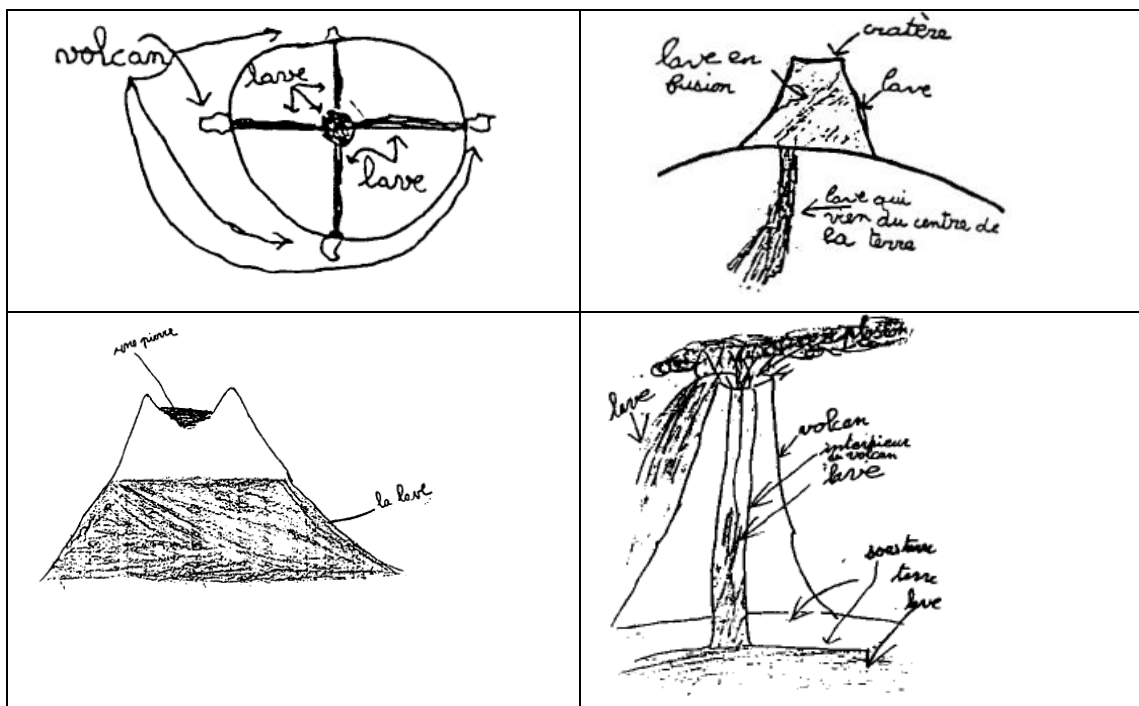


Fig. 11. Modelos de volcanes en niños de Primaria. [(2), (16)]

Todavía los estudiantes universitarios pueden mantener estas mismas concepciones [(11), (19)] y es un hecho que muy pocos los conectan con sus conocimientos sobre Tectónica de Placas [(19), (31)].

Terremotos

Al igual que los volcanes, los terremotos llaman la atención de los niños, aunque los consideran más destructivos y menos espectaculares.

Algunos estudios con respecto a la sismicidad [(9), (15), (33)] muestran cómo los niños conocen la existencia de terremotos, pero mantienen una gran variación de explicaciones alternativas sobre su origen, relacionadas con la influencia del calor, la temperatura, el clima, el tiempo atmosférico, las alineaciones de los astros, la caída de meteoritos o la acción del hombre o de animales. Muchos niños mezclan y confunden los terremotos con otros desastres naturales como inundaciones o derrumbamientos, huracanes, o incluso problemas de contaminación. Al ser un fenómeno más

destrutivo, se observa con más pesimismo que el vulcanismo y es más frecuente que se den concepciones mítico-religiosas respecto a su origen, algo que parece ser más frecuente en aquellos lugares más sometidos a este tipo de riesgos, dónde se han creado y recreado, desde antiguo, leyendas y mitos relativos al tema [(44)].

Los niños más mayores, en la búsqueda de causas más o menos científicas, se refieren a la gravedad, la presión de los gases, la rotación terrestre, energía desprendida del núcleo terrestre o las emisiones volcánicas. Esta relación entre sismicidad y vulcanismo es reconocida como una creencia de carácter universal, y así los niños pueden creer que un terremoto se produce cuando ocurre una erupción volcánica o, por el contrario, que puede salir la lava de un volcán por las fracturas provocadas por los terremotos [(2), (24), (30)].

Algunos estudios muestran cómo los estudiantes universitarios pueden sostener ideas científicas y no científicas al mismo tiempo, en un intento de acomodar sus creencias a su formación escolar. Así, la mayoría de los alumnos, que durante sus estudios previos han conocido la existencia de las placas tectónicas, las mencionan como causa de los terremotos -aunque el mecanismo no quede bien explicado-, pero muchos invocan simultáneamente las explicaciones anteriores [(19)].

5. CONCLUSIONES

Sobre el Sistema Tierra/Sol/Luna

Como podemos ver, hay una cierta progresión de las ideas, desde las concepciones más ingenuas de los niños más pequeños hasta las que manejan las relaciones orbitales, que pueden evolucionar desde los modelos geocéntricos a los heliocéntricos, presentes ya en niños mayores o adultos. Aun así, la permanencia de concepciones falsas en la edad adulta sugiere que los movimientos orbitales no son fáciles de comprender, ya que implican cuestiones geométricas, físicas, y de visión espacial escasamente trabajadas en la enseñanza obligatoria. Algunos trabajos hacen hincapié en la necesidad de abordar cuestiones previas, como la forma y tamaño de la Tierra, para poder entender los fenómenos orbitales.

Generalmente los conceptos se construyen sin hacer observaciones sistemáticas, es decir, a partir de instrucciones escolares que no generan aprendizajes efectivos, siendo este, quizás, el principal problema al que nos enfrentamos. Esto es un hecho característico de todas las investigaciones analizadas, e impide crear modelos explicativos y mucho menos modelos de carácter predictivo. Al no hacer ninguna observación sistemática sobre los movimientos aparentes de los astros en el cielo o su carácter cíclico, estos modelos mal comprendidos no entran en crisis y satisfacen sus expectativas hasta las edades adultas.

Tampoco parece que sea frecuente realizar experiencias dentro o fuera del aula que permitan utilizar o cuestionar las ideas escolares, como el manejo de modelos tridimensionales.

Por último, la imprecisión de los textos (señalada por numerosos autores), y sobre todo sus dibujos, la mayoría de las veces sin escala y generalmente presentados en 2D, hacen que en muchas ocasiones sobreentendamos que nuestros alumnos comprenden la perspectiva, cuando en gran parte de los casos no es así. Una recomendación de todas las investigaciones estudiadas es la necesidad de que los alumnos operen y

construyan modelos orbitales en 3 dimensiones como la única manera de conseguir un aprendizaje efectivo.

Sobre le interior terrestre y su dinámica.

Del análisis comparativo podemos extraer diversas conclusiones. Es obvio que el conocimiento exclusivamente descriptivo de la Tierra, sin referencia a su origen y evolución, sin analizar las consecuencias de sus características físicas sobre los fenómenos que observamos en superficie, o sin analizar las semejanzas y diferencias con nuestros hermanos del Sistema Solar, deriva en un conocimiento inútil, pobre y fragmentado de nuestro planeta.

Normalmente no tenemos en cuenta el pensamiento antropocéntrico de los niños y adultos, que en las edades más tempranas conlleva explicaciones animistas, personificando las acciones geológicas, y que en los estudiantes mayores y adultos se manifiesta pensando que el hombre es capaz de causar cualquier reacción sobre el planeta, como, por ejemplo, terremotos.

Tampoco se suele tener en cuenta que los estudiantes, niños y adultos, tienden a ser catastrofistas. En la mayoría de los casos se da la convivencia perfecta de la concepción de una Tierra estable e inmutable junto con la de un planeta con un interior con mucha energía que puede causar fenómenos catastróficos. El catastrofismo acientífico, está inducido, además, por la falta de una adecuada comprensión del tiempo y la duración de los procesos geológicos. Esta perspectiva funciona como obstáculo para el desarrollo de interpretaciones sobre los fenómenos y procesos que actúan sobre el sistema Tierra.

La dificultad de realizar observaciones directas o experimentar sobre los fenómenos geológicos se convierte en uno de los principales problemas de aprendizaje. La escala espacial y temporal a la que ocurren los procesos geológicos resulta en la mayor parte de los casos de difícil conceptualización.

Nosotros consideramos que ser conscientes de estos problemas nos puede ayudar a reflexionar sobre nuestra enseñanza y buscar estrategias didácticas que nos permitan provocar y mejorar los aprendizajes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBANESE, A., DANHONI NEVES, M.C. y VICENTINI, M. (1997) "Models in science and in education: A critical review of research on students' ideas about the Earth and its place in the universe", *Science & Education*, 6, pp. 573-590.
- ALLAIN, J. C. (1995) "Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la Terre: conceptions d'élèves de huit à dix ans", *Aster*, nº 20, Paris.
- ATWOOD, R. y ATWOOD, V. (1996) "Preservice elementary teachers conceptions of the causes of seasons", *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), pp. 553-563.
- BAXTER, J. (1989) "Children's understanding of familiar astronomical events", *International Journal of Science Education*, vol.11, pp. 502-513.
- BLAKE, A (2005) "Do young children's ideas about the Earth's structure and processes reveal underlying patterns of descriptive and causal understanding in Earth science?", *Research in Science & Technological Education*, vol. 23, nº. 1, pp. 59-74.

- CAMINO, N. (1995) "Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna", *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 81-96.
- DAL, B. (2007) "Critical Learning Barriers and Develop A Deep Understanding of Geology?" *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), pp. 251-269.
- DAL, B. (2006) "The Origin and Extent of Student's Understandings: The Effect of Various Kinds of Factors in Conceptual Understanding in Volcanism", *Electronic Journal of Science Education*, vol. 11, nº 1; pp. 38-59
- DAL, B. (2005) "The initial concept of fifth graduate Turkish's students related to earthquakes", *European Journal of Geography*, 326
- GOIX, H. (1995) "Vous avez dit: cristal? Je pense: verre", *Aster*, nº 20, Paris
- HERNÁNDEZ ARNEÑO, M.J. (2013) *Investigando la Tierra y el Universo*. Proyecto Curricular INM (6-12), Díada, Sevilla, 271 pp.
- KIKAS, E. (2004) "Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena", *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), pp. 432-448.
- KIKAS, E. (1998) "The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena". *Learning and Instruction*, 8(5), pp. 439-454.
- KLEIN, C. A. (1982) "Children's concepts of the Earth and the Sun", *Science Education*, 65(1), pp.95-107.
- LACÍN SIMSEK, C. (2007) "Children's Ideas about Earthquakes", *International Journal of Environmental & Science Education*, 2 (1), pp. 14 -19.
- LAPIÈRE-TACUSSEL, M. (1995) "Le volcanisme, du cours moyen à l'IUFM" *Aster*, nº 20, Paris.
- LELLIOT, A y ROLLNICK, M (2010) "Big ideas: A review of astronomy education research 1974-2008", *International Journal of Science Education*, vol. 32 (13), pp. 1771-1779.
- LIBARKIN, J. (2006) "College student conceptions of geological phenomena and their importance in classroom instruction", *Planet*, 17, pp. 6-9.
- LIBARKIN, J., ANDERSON, S., DAHL, J., BEILFUSS, M. & BOONE, W. (2005) "Qualitative Analysis of College Students' Ideas about the Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires", *Journal of Geoscience Education*, vol. 53, nº 1, pp. 17-26.8
- LILLO, J. (1994) "An analysis of the annotated drawings of the Internal Structure of the Earth made by Students aged 10-15 from Primary and Secondary Schools in Spain", *Teaching Earth Sciences*, vol. 19, pt.3, pp. 83-87
- MARTÍNEZ SEBASTIÀ, B. (2004) "La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra: análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria", *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 1, pp. 7-32.
- MARQUES, L & THOMPSON, D. (1997) "Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the Earth and the development of life", *Research in Science & Technological Education*, 15 (1), pp. 29-51.
- MARQUES, L. & THOMPSON, D. (1997) "Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16-17", *Research in Science and Technological Education*, 15, pp. 195-222.

- MEJÍAS TIRADO, N Y MORCILLO, J. G. (2006) "Concepciones sobre el origen de los terremotos: Estudio de un grupo de alumnos de 14 años de Puerto Rico", *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 125–138.
- NAVARRETE, A; AZCÁRATE, P Y OLIVA, J.M. (2004) "Algunas interpretaciones sobre el fenómeno de las estaciones en niños, estudiantes y adultos: Revisión de la literatura", *Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1, nº 3, pp. 146 – 166
- NUSSBAUM, J. (1979) "Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross-age study", *Science Education*, 65(2), pp. 187-196.
- NUSSBAUM, J. Y NOVAK, J.D. (1976) "An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews", *Science Education*, 60 (4), pp. 535-550.
- OJALA, J. (1992). "The third planet". *International Journal of Science Education*, 14(2), pp. 191-200.
- ONIDA, M Y SEGALINI, L (2006) "Investigación didáctica en la Escuela primaria: una experiencia sobre los fenómenos volcánicos", *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (14.3), pp. 247-258.
- ORANGE, C. (1995): "Volcanisme et fonctionnement interne de la Terre. Repères didactiques pour un enseignement de l'école élémentaire au lycée", *Aster*, nº 20, Paris
- PARHAM, T., CERVATO, C., GALLUS W., LARSEN, M., HOBBS, J., STELLING, P., GREENBOWE, T., GUPTA, T., KNOX, J. AND GILL, T (2010) "The InVEST Volcanic Concept Survey: Exploring student understanding about volcanoes", *Journal of Geoscience Education*, vol. 58, nº 3, pp. 177-187.
- PARKER, J. y HEYWOOD, D. (1998) "The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events", *International Journal of Science Education*, 20(3), pp. 503-520.
- ROSS, K.E.K. & SHUELL, T.J. (1993) "Children's beliefs about earthquakes", *Science Education*, 72(2), 191–205.
- SADLER, P.M. (1992) "The initial Knowledge State of High School Astronomy Students". Doctoral Ph.
- SCHOON, K.J. (1995) "The origin and extent of alternative conception in the earth space sciences: A survey of re-service elementary teachers", *Journal of Elementary Science Education*, 7(2), pp. 27-46.
- SCHOON, K.J. (1992) "Students' alternative conceptions of earth and space", *Journal of Geological Education*, 40, pp. 209-214.
- SHARP, J.G., (1996) "Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England". *International Journal of Science Education*, 18(6), pp. 685-712.
- SNEIDER, C. y OHADI, M. (1998) "Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity", *Science Education*, 82, pp. 265-284.
- STAHLY, L., KROCKOVER, G. and SHEPARDSON, D. (1999) "Third Grade Students' Ideas about the Lunar Phases", *Journal of Research in Science Teaching*, 36, (2), pp. 159-177
- TODD, M., & HOTAN, A. (2008) "Misconceptions in Astronomy in WA students". *Journal of the Science Teachers' Association of Western Australia*, 44(3), 26-27.
- TRUMPER, R. (2006) "Teaching future teachers basic astronomy concepts —seasonal changes— at a time of reform in science education", *Journal of Research in*

Science Teaching, 43(9), pp. 879–906.

- TRUMPER, R. (2001) "A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts." *International Journal of Science Education*, 23(11), pp. 1111-1123
- TRUNDLE, K., ATWOOD, R., & CHRISTOPHER, J. (2002) "Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases before and after Instruction". *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (7), pp. 633-658.
- TSAI, C.C. (2001) "Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of student's worldviews", *International Journal of Science Education*, 23(10), pp. 1007-1016.
- VOSNIADOU, S. Y BREWER, W.F. (1994) "Mental models of the day/night cycle". *Cognitive Science*, 18, pp. 123-183.
- VOSNIADOU, S. Y BREWER, W.F. (1992) "Mental models of the earth: An study of conceptual change in childhood", *Cognitive Psychology*, 24, pp. 535-585.

