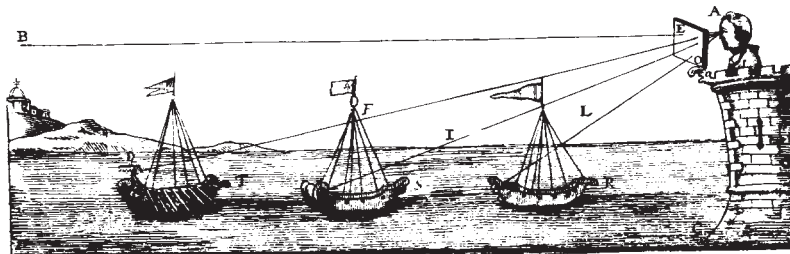


INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



EL MODELO SOL-TIERRA-LUNA EN EL LENGUAJE ICONOGRÁFICO DE ESTUDIANTES DE MAGISTERIO

GIL QUÍLEZ, M. JOSÉ y MARTÍNEZ PEÑA, M. BEGOÑA

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza

quilez@unizar.es

bpena@unizar.es

Resumen. Las ilustraciones que acompañan a los textos no siempre facilitan el proceso de aprendizaje. En este trabajo se estudian las representaciones gráficas y los textos que acompañan a las mismas, realizadas por estudiantes de Magisterio sobre los movimientos de la Tierra y de la Luna y sus consecuencias. Su análisis permite afirmar que hay una falta de comprensión del modelo Sol-Tierra-Luna. Así mismo los estudiantes tienen severas dificultades en expresarse mediante dibujos.

Hay que evitar el refuerzo del carácter de entretenimiento que tienen las imágenes, procurando que las tareas de análisis y elaboración de las mismas en la escuela no se asocien siempre a lo lúdico. El alumnado debe desarrollar sus propias destrezas icónicas para explicar los conceptos y emplear también imágenes, siempre que sea posible, en tareas de evaluación.

Palabras clave. Dibujos, modelos alternativos, astronomía, magisterio.

The pattern Sun-Earth-Moon in teacher trainee's iconographic language

Summary. The abundance of images within textbooks does not always facilitate the understanding of the concepts. In this paper we study, the graphical representations made by Teacher training students, and the texts accompanying these drawings in relation to the subject of terrestrial and lunar movements and their consequences.

Students do not have a clear idea of the Sun/ Earth/ Moon model and they lack some concepts with which to build it. They also have difficulty in expressing themselves in diagrams.

Very strong inducements to attract attention are required in the written text, as well as specific instructions on the part of the teacher, if learning is to take place.

Keywords. Drawings, alternative models, astronomy, teacher training.

INTRODUCCIÓN

En la actual sociedad de la información tiene gran importancia la información audiovisual por su capacidad de hacer más atractivo un mensaje. Las imágenes que nos llegan a través de los distintos medios condicionan nuestras concepciones sobre la cultura, la ciencia, la realidad, sobre nosotros mismos y sobre los demás... En definitiva condicionan nuestra forma de ver y comprender el mundo. La escuela no es ajena a la importancia de las imágenes y éstas se usan junto con el discurso textual, tanto en la actuación docente del profesor en el aula como en los materiales didácticos para las nuevas tecnologías y en los libros de texto.

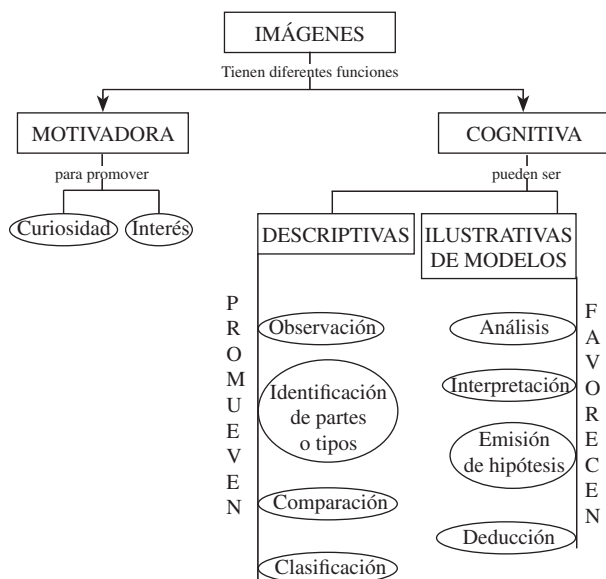
Las imágenes pueden tener distintas funciones (Fig. 1), se pueden utilizar para que resulte más ameno un determinado tema, es decir, con una función motivadora, pero también para favorecer la comprensión de los conceptos y modelos, es decir, con funciones cognitivas (Levie y Lentz, 1982; Reid, 1990a; Pérez de Eulate et al., 1999). En este segundo caso habría que distinguir dos tipos de imágenes: descriptivas (partes de la flor, aparato digestivo, anatomía, modelados del relieve...) o ilustrativas de modelos (ADN, interior de la Tierra, transmisión nerviosa, sistema Sol-Tierra-Luna...).

Sin embargo, la abundancia de imágenes no siempre facilita la comprensión de los conceptos que ilustran. En algunos trabajos se afirma que las imágenes producen un efecto contrario al que tradicionalmente se les atribuye, especialmente cuando la complejidad del tema aumenta. En tales casos, los alumnos miran más veces y durante más tiempo las imágenes y, en cambio, su aprendizaje es menor (Reid, 1990b; Reid y Beveridge, 1990; Jiménez et al., 1997; Bandiera y Di Macco, 2000). Otros aspectos a los que se les ha prestado atención en investigaciones previas es la importancia de capacidades espaciales para realizar una lectura adecuada de las imágenes de los libros de texto (Macnab y Johnstone, 1990; Reid, 1990b), las limitaciones de las imágenes en dos dimensiones para ilustrar los modelos espaciales (Pérez de Eulate et al., 1997) o la dificultad de comprensión de los dibujos en sección (Constable et al., 1988; Macnab y Johnstone, 1990; Bandiera y Di Macco, 2000).

Mottet (1996) cuestiona que las imágenes sean una fuente de aprendizaje. Bachelar (1948) y Piaget e Inhelder (1956) ya señalaban que el conocimiento no se produce como consecuencia de la percepción, ya que percibir una imagen no es percibir la realidad, sino que se debe construir a través de ella. Y para que esto ocurra son necesarias unas condiciones didácticas y cognitivas que permitan esa transformación de la imagen en conocimiento (Mottet, 1996) y posteriormente de conocimiento en imagen. Es necesario ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades para leer imágenes (Goldsmith, 1984; Kress y Van Leeuwen, 1990; Reid, 1990a, 1990b), ya que existen múltiples factores que inciden en el aprendizaje y, en muchas ocasiones, la complejidad de las imágenes no se corresponde con las competencias interpretativas de los estudiantes (Bowen y Roth, 1999). Por eso se considera que los libros de texto requieren adoptar un adecuado lenguaje iconográfico para comunicar información relevante (Pérez de Eulate et al., 1997; Kearsey y Turner, 1999; Mathewson, 1999; Escovedo et al., 2000). Se señala, además, que, para que las ilustraciones tengan un efecto beneficioso, se debería hacer referencia a ellas en el texto acompañante.

En la enseñanza de la ciencia es fundamental tanto el aprendizaje de modelos científicos como el facilitar a los alumnos la construcción de modelos (Boulter, 2000). Este último aspecto constituye una herramienta metacognitiva, es decir, permite la reflexión por parte del alumno sobre su aprendizaje. Los modelos mentales ponen de manifiesto la manera en que los estudiantes entienden algún tipo de conocimiento. La comparación entre el modelo y el fenómeno representado facilita por parte del profesor la adecuación, según los resultados obtenidos, del proceso de enseñanza-aprendizaje (Boulter 2000; Fanco y Colinvaux, 2000). En este trabajo se han estudiado los modelos mentales de los estudiantes sobre el sistema Sol-Tierra-Luna, expresados, en nuestro caso, mediante textos y dibujos. Es decir, se ha pretendido averiguar cómo representan los estudiantes de manera gráfica dicho sistema, si el texto escrito y el dibujo se complementan y permiten explicar un modelo coherente, su correspondencia con el modelo científico y, en los casos en los no existe esta correspondencia, dónde se encuentran las dificultades.

Figura 1
Clasificación de las imágenes y herramientas cognitivas que promueven.



En los libros de texto hay una gran proliferación de fotos, dibujos, esquemas, gráficos, etc. Los distintos tipos de imágenes de los libros de texto de primaria y secundaria ocupan alrededor del 50% de la superficie de las páginas (Pérez de Eulate et al., 1997; Jiménez y Perales, 2001) Esto, qué duda cabe, hace mucho más atractivo el texto y se supone que favorece el proceso de comunicación de la información. Al referirse a las imágenes que ilustran los libros de texto, se habla de «alfabetización visual» (Goldsmith, 1984; Kress y Van Leeuwen, 1990).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Del mismo modo que se supone que las ilustraciones favorecen el proceso de comunicación desde el libro de texto o el profesor hacia el estudiante, podríamos pensar que también deberían favorecer el proceso de comunicación inverso, es decir, como fuente de información para el profesor a partir del modelo que el estudiante ha construido sobre un tema concreto. Sin embargo, hemos observado que los alumnos no suelen ayudarse de dibujos para apoyar la exposición verbal o escrita de una idea e, incluso, cuando el profesor les pide expresamente que los utilicen, hay algunos alumnos que siguen sin usarlos (Martínez Peña y Gil Quílez, 2001).

En los casos en que los textos de los estudiantes van acompañados de dibujos, resulta muy interesante estudiar con detenimiento la información que éstos proporcionan y la coherencia entre textos y dibujos, puesto que permiten aproximarse mejor a los modelos que los estudiantes tienen.

Éste es el objetivo del presente trabajo, analizar los modelos del sistema Sol-Tierra-Luna que tienen los alumnos de Magisterio. En este tema la utilización de imágenes resulta clave para explicar las relaciones entre los componentes del mismo, ya que se trata de cuerpos de muy distintos tamaños, situados a grandes distancias y moviéndose unos con respecto a otros. Todo ello hace que el aprendizaje del modelo Sol-Tierra-Luna tenga una gran dificultad intrínseca. Partimos de la idea de que la dificultad para aprehender este modelo estriba en distintos aspectos: en los conceptuales (es decir, en la capacidad de los estudiantes para seleccionar los conceptos clave implicados en cada cuestión planteada), en las destrezas geométricas y espaciales requeridas (es decir, en la capacidad de imaginar el sistema en tres dimensiones y desde distintas perspectivas) o en el lenguaje utilizado (la utilización del lenguaje cotidiano para estas cuestiones expresa lo que se ve: el Sol sale, está más alto o más bajo; mientras que el lenguaje del modelo científico trasciende la observación cotidiana).

Este tema se trabaja en toda la enseñanza obligatoria, primaria y secundaria y, tanto en nuestra práctica cotidiana en calidad de docentes como en la investigación didáctica, se han detectado dificultades de aprendizaje (Fernández y Morales, 1984; Jones y Lynch, 1987; Baxter, 1989; Nussbaum, 1989; Lanciano, 1989; Vosniadou y Brewer, 1990; Alfonso et al., 1995; Camino, 1995; De Manuel, 1995; De Manuel y Montero, 1995; García Barros et al., 1996; Domènech y Martínez, 1997; Lanciano, 1997; Moreno, 1997; Navarrete, 1998; Parker y Heywood, 1998; Stahly et al., 1999; Martínez Peña y Gil Quílez, 2001, 2003; Vega Navarro, 2001; Camino, 2004).

METODOLOGÍA

Se ha realizado el estudio con estudiantes de 3º de Magisterio en el marco de la asignatura Conocimiento del Medio Natural y su Didáctica. Por tanto, se trata de estudiantes que ya conocen este tema, puesto que llegan con el bagaje de la enseñanza obligatoria.

Durante cuatro años se han analizado las representaciones gráficas realizadas por un total de 312 estudiantes junto con los textos que las acompañan, a propósito del tema de los movimientos de la Tierra y de la Luna y sus consecuencias. Se diseñaron las cuestiones a partir de la literatura existente sobre dificultades de aprendizaje en relación con el tema y de nuestra propia experiencia en la enseñanza del mismo. Se han realizado dos tipos de cuestiones:

a) Preguntas similares a las que aparecen en los libros de texto. Con ellas se quería averiguar cómo presentaban los alumnos su modelo, en un contexto «clásico», mediante texto escrito o bien sólo mediante gráficos o utilizando conjuntamente texto y gráfico:

1) ¿Por qué, cuando en el hemisferio norte es invierno, en el sur es verano? Explícalo, utilizando algún esquema.

2) Realiza un esquema de la situación Sol-Tierra-Luna señalando sus movimientos relativos de manera que se justifiquen las fases de la Luna.

b) Pequeños problemas, de manera que, para resolverlos, los alumnos deben aplicar su modelo en nuevas situaciones. En este caso se valora también si la respuesta descansa sobre el texto, sobre el gráfico o sobre ambos:

3) ¿Cómo varían las sombras a lo largo del año? Explica a qué se deben esas variaciones y represéntalo gráficamente utilizando esquemas.

4) ¿Qué fase de la Tierra vería un astronauta que se encontrase en la Luna durante la Luna nueva? ¿Y en la Luna llena? Justifícalo utilizando dibujos.

5) Estás en Zaragoza y llamas a un amigo/a que se encuentra en una nave en el espacio. Le dices que se asome a la ventana para que vea, a la vez que tú, la preciosa Luna llena. Pero te contesta que lo que él/ella ve es una preciosa Luna en cuarto creciente. ¿Crees que eso es posible? Justifica tu respuesta ayudándote de dibujos.

En todos los casos se les sugiere que realicen esquemas para ayudarse.

En relación con los dibujos se ha analizado si los estudiantes eran capaces de percibir el sistema desde distintas perspectivas (desde la Tierra y desde el espacio). Es decir, tanto las estaciones (y los cambios que se producen asociadas a ellas) como las fases de la Luna que percibimos desde la Tierra son vivencias astronómicas topocéntricas (Camino, 2004). Pero, para dar una explicación sobre su origen, hay que recurrir a un punto de vista situado en el espacio. También se han analizado las destrezas geométricas, si mantenían una cierta proporcionalidad entre los tamaños de los cuerpos, las distancias, los ángulos...

Con respecto a los textos explicativos de los estudiantes se ha considerado si hacían una adecuada selección de los conceptos relacionados con cada cuestión concreta (movimiento de traslación, inclinación del eje de rotación terrestre...) o bien si faltaba alguno o no se utilizaba de acuerdo con el modelo científico. Además se han

analizado aquellas respuestas en las que la utilización del lenguaje cotidiano conducía a forzar el modelo para adecuarlo a dicho lenguaje («a medida que el Sol va bajando a lo largo del año...»).

RESULTADOS

En la tabla I se expresan los porcentajes de alumnos que presentan dificultades para cada cuestión en los aspectos anteriormente mencionados.

Cuestiones sobre las estaciones

Con respecto a la primera cuestión se encuentran respuestas muy variadas. Por ejemplo, el dibujo de la figura 2A, que sería adecuado, va acompañado del siguiente texto: «En el hemisferio norte es invierno porque los rayos del Sol llegan de forma más tangencial, sin embargo, en el hemisferio sur es verano porque los rayos de sol llegan de forma perpendicular y por tanto calientan más.» Sin embargo, se encuentran otras respuestas que ponen de manifiesto las dificultades de los alumnos para explicar las estaciones. En la tabla I se muestra que tanto las dificultades en el texto como en el dibujo presentan porcentajes similares.

– Dificultades al describir la inclinación del eje de rotación terrestre (concepto clave): «La Tierra al girar sobre sí misma no está recta sino que se desplaza hacia un lado.»

– La figura 2B lleva asociado el siguiente texto: «Cuando en el hemisferio sur es verano en el hemisferio norte es invierno, en el polo norte es de noche y en el polo sur es de día. Esto se debe a cómo inciden los rayos que proceden del Sol, ya que van directamente al hemisferio sur quedando el hemisferio norte más lejano al Sol». Esta concepción ya ha sido detectada en otros trabajos anteriores (Camino, 1995; De Manuel, 1995) En el esquema (Fig. 2B) se representa la Tierra con el eje de rotación inclinado, los rayos del Sol paralelos incidiendo sobre la superficie terrestre,

pero llama la atención el problema que tiene para representar los polos: lo hace en posiciones geográficamente incorrectas, sin ninguna relación con el eje de rotación, ni diametralmente opuestos (dificultades con la geometría). Tal y como realiza el dibujo, sería al contrario de lo que indica en el texto, es decir, verano en el hemisferio norte e invierno en el sur, y por tanto de día en el polo norte y de noche en el sur. Se diría que el alumno no comprende los argumentos que justifican las variaciones estacionales, pero sí los que justifican el día y la noche polares. De ahí la necesidad de cambiar la posición de los polos.

– Un dibujo que ha sido repetido por un número importante de alumnos lo podemos observar en las figuras 2C y 2D. Pueden presentar ligeras diferencias, se dibuja la Tierra con el eje de rotación inclinado, el ecuador puede estar representado perpendicular al eje o bien horizontal, el Sol puede tener el mismo tamaño que la Tierra o más pequeño, pero todos dibujan los rayos solares divergentes, consiguiendo así una incidencia oblicua o perpendicular dependiendo del hemisferio. Los textos que acompañan a estas figuras en ocasiones son correctos, como el de la figura 2C: «[Las estaciones] son debidas a la inclinación del eje de la Tierra que hace que mientras en el hemisferio norte los rayos solares inciden inclinados, en el hemisferio sur lo hacen perpendicularmente.» Pero en otros casos no están adecuadamente contruidos, como ocurre con el de la figura 2D: «[Las estaciones se producen] por la incidencia del eje longitudinal que “atravesa” la Tierra y que impide que los rayos lleguen con la misma incidencia a todos los puntos de la misma.» En este ejemplo, el alumno habla del eje longitudinal (¿de rotación?) que impide (?) que los rayos lleguen con la misma incidencia, pero no explica cómo lo impide, y tampoco queda claro si la incidencia se refiere al ángulo que forman los rayos del Sol con la superficie terrestre o a la intensidad de los mismos... En este caso, las dificultades se centran tanto en los aspectos geométricos del dibujo como en la construcción del texto.

– En el caso de la figura 2E se trata de un alumno que ha llegado a conceptualizar la importancia del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la Tierra y comprende que en los polos es invierno mientras en el

Tabla I
Porcentaje de alumnos que presentan dificultades en las respuestas a las diferentes cuestiones planteadas, bien en la realización de los dibujos o en la construcción del texto.

| | | Cuestión 1 Estaciones % | Cuestión 3 Sombras % | Cuestión 2 Fases Luna % | Cuestión 4 Astronauta Luna % | Cuestión 5 Astronauta Espacio % |
|--------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Dibujos | Perspectiva | 70 | 11 | 85 | 52 | 65 |
| | Geometría | 58 | 10 | 53 | 54 | 64 |
| Textos | Conceptos | 77 | 29 | 21 | 51 | 62 |
| | Lenguaje | 45 | 70 | 12 | 23 | 19 |
| No contesta | | 14 | 10 | 4 | 5 | 10 |

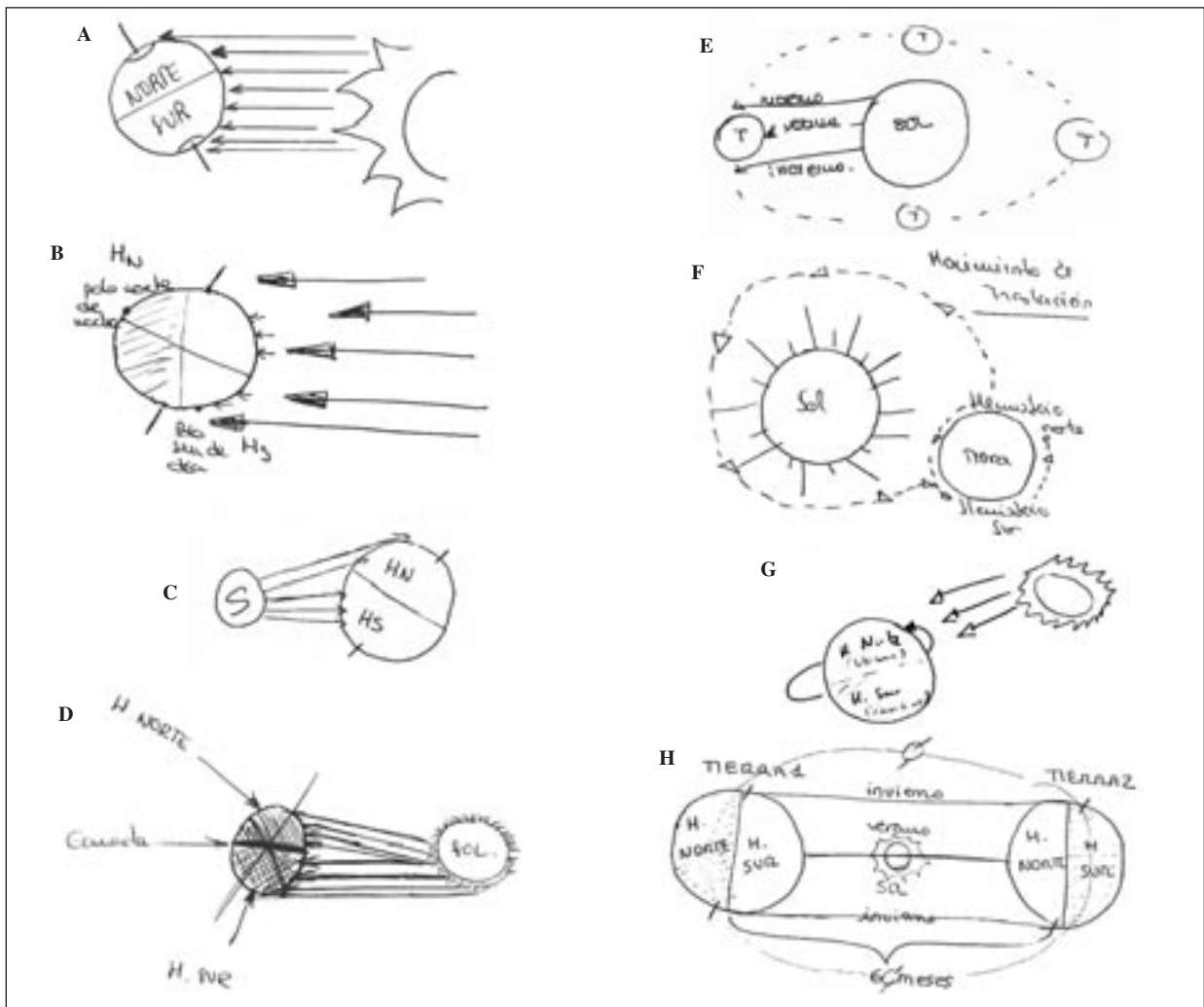
ecuador es verano, pero no representa el eje de rotación, ni vertical ni inclinado (faltan conceptos clave). El dibujo que realiza es coherente con el texto que escribe: «Cuando los ángulos [de los rayos sobre la superficie terrestre] sean más oblicuos estaremos en invierno y cuando sean perpendiculares nos encontraremos en verano.»

– El alumno que realiza el dibujo de la figura 2F señala: «La causa que explica las estaciones es el movimiento de traslación de la Tierra en torno al Sol. Si los rayos caen directamente sobre el hemisferio norte es verano. Como el hemisferio sur está en el lado opuesto al hemisferio norte no recibirá los rayos del Sol directamente, por lo que ahí será invierno.» En la figura 2F se observa que dibuja unas flechas indicando el movimiento de traslación terrestre y otras indicando el movimiento de rotación terrestre visto desde su eje (?), pero en este caso, tal como sugiere el dibujo, el hemisferio norte pasaría a la posición del hemisferio sur y viceversa. ¿Variaciones esta-

ciones diarias? Éste sería un ejemplo de un alumno con problemas de perspectiva unido a un desconocimiento de conceptos clave que le lleva a forzar el modelo para intentar responder a la cuestión.

– A continuación se transcribe el texto que acompaña el esquema de la figura 2G, en este caso las dificultades se presentan tanto en el dibujo como en el texto (en todas las categorías): «Debido a los movimientos terrestres, los rayos apuntarán perpendicularmente a un determinado punto de la Tierra [hemisferio norte o hemisferio sur]. Donde incidan perpendicularmente será verano y por tanto donde no lo hagan será invierno». En el dibujo se observa el Sol en una posición más elevada que la Tierra, y los rayos del Sol incidiendo tan sólo en el hemisferio norte, en el que se indica que es verano. No queda claro qué ocurre en el hemisferio sur, ¿no inciden los rayos del Sol?, ¿lo hacen más oblicuamente? Cuando en el hemisferio norte sea invierno, ¿qué posición ocuparía el Sol en el dibujo?

Figura 2
Dibujos realizados por estudiantes de Magisterio para explicar la causa de las diferentes estaciones en el hemisferio Norte y Sur (ver comentarios en el texto).



– Por último, se encuentran alumnos que no tienen claro el concepto de *hemisferio*, como se puede ver en la figura 2H, en la que aparece dibujada una línea vertical para separar hemisferio norte y sur (De Manuel, 1995, encuentra esa concepción de hemisferio como media esfera dividida por un plano que pasa por los polos). En el texto señala lo siguiente: «En la posición de “Tierra 1” en el hemisferio norte es invierno mientras que en el hemisferio sur es verano porque en éste es donde inciden los rayos del Sol directamente. Al cabo de 6 meses, la Tierra se encontraría en la posición de “Tierra 2” y la situación sería contraria.»

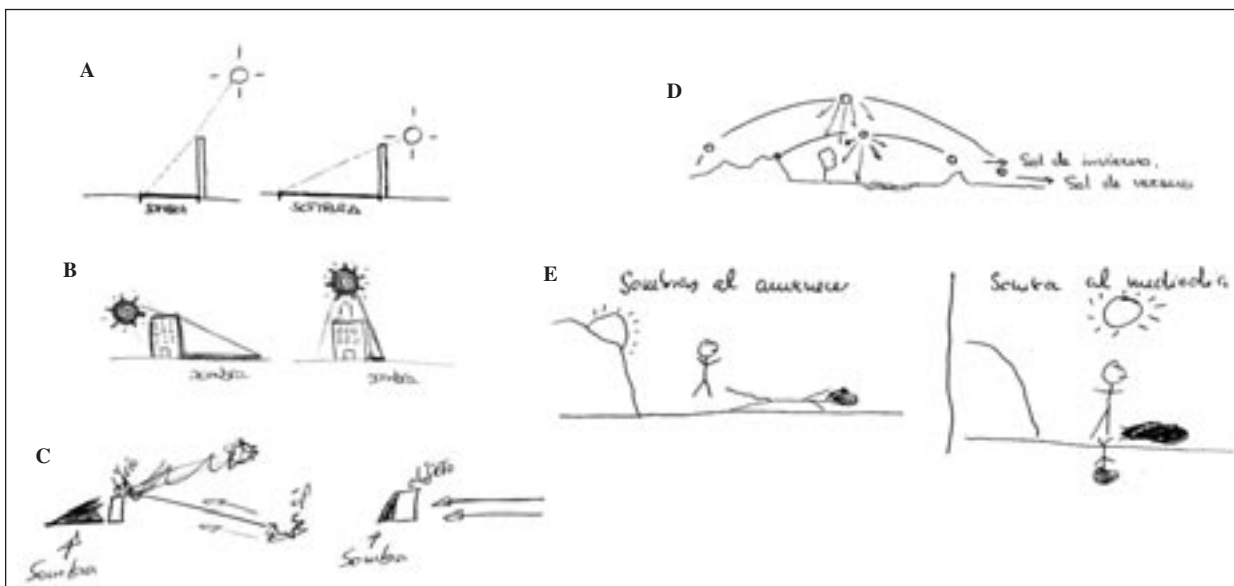
Respecto al problema de la variación de las sombras a lo largo del año, la tercera cuestión planteada, se pretendía que los alumnos explicasen por qué en verano las sombras son más cortas que en invierno, utilizando los esquemas que justifican las variaciones estacionales. Se trata de un problema de aplicación de los conocimientos que los alumnos tienen sobre el origen de las estaciones a uno de los efectos asociados a ellas. En esta cuestión, los alumnos cuentan con su experiencia cotidiana, y fuerzan las respuestas textuales y los dibujos para intentar ilustrar esa experiencia. Por otra parte, la mayoría de los alumnos no realizan dibujos, y por esa razón en la tabla I el porcentaje de los mismos que tiene dificultades, tanto en lo referente a perspectiva como a la geometría, es bajo comparado con las dificultades encontradas en los textos. Los dibujos presentan dos situaciones extremas: por un lado, alumnos que se limitaban a describir las diferencias que se observan en cada estación, es decir, cómo son las sombras en verano y en invierno, en relación con la posición del Sol sobre el horizonte, pero no iban más allá (Fig. 3); y, por otro lado, alumnos que trascendían su experiencia cotidiana para intentar dar una explicación global, en la que relacionaban el movimiento de traslación y la inclinación del eje de la

Tierra (conocimientos académicos) con las variaciones en la longitud de las sombras a lo largo del año observadas en la vida diaria (Fig. 4).

– Algunos alumnos, como el que ha realizado el esquema de la figura 3A señalan que «en verano los días son más largos y el Sol está más alto por lo que las sombras que genera son pequeñas. En invierno los días son más cortos y el Sol realiza menos recorrido visible que en verano, por lo que queda más bajo y las sombras son más largas.» En el dibujo se observa la sombra que proyecta un palo cuando el Sol se encuentra a la misma distancia en la horizontal (lo que se puede interpretar como que es la misma hora) pero a distinta altura sobre el horizonte, originando sombras de distinta longitud.

– Otros alumnos tienen serias dificultades para construir el esquema que contiene el foco luminoso (Sol), el objeto iluminado y la sombra proyectada. En el dibujo de la figura 3B se observa cómo la casa proyecta una sombra larga en invierno, con el Sol bajo, y una sombra corta con el Sol más alto. Sin embargo, la posición relativa del Sol respecto al plano horizontal no es la misma, por lo que el esquema sería válido para explicar la variación de las sombras a lo largo del día, pero no a lo largo del año. Por otra parte, en el dibujo del verano y aunque no lo señala, el Sol proyecta sombras a ambos lados de la casa. En el texto que acompaña al dibujo señala: «Es en invierno cuando el Sol está más cercano a la Tierra. Por lo tanto, sus rayos inciden oblicuamente proyectando grandes sombras. En verano, que es cuando el Sol se encuentra más alejado de la Tierra, los rayos de Sol se proyectan perpendicularmente y produce unas sombras muy pequeñas.» Es decir, sería la distancia entre el Sol y la Tierra lo que determina las diferencias estacionales de las sombras.

Figura 3
Diferente longitud de las sombras en invierno y verano, en dibujos que únicamente hacen referencia a la posición del Sol y del objeto iluminado (comentarios en el texto).



- En el dibujo de la figura 3C llama la atención que no hay ninguna relación entre la posición del Sol, el objeto iluminado y la sombra que proyecta. El Sol se encuentra en los dos casos directamente sobre el horizonte, o incluso más bajo. En el caso de la sombra larga, se observan las dudas del estudiante que primero dibuja el Sol en una posición coherente con la sombra, pero luego rectifica. El texto que lo acompaña da alguna pista sobre el origen de sus dificultades: «Las sombras son de mayor longitud cuando los rayos de Sol inciden oblicuamente sobre el objeto. Cuando los rayos de Sol inciden perpendicularmente al objeto la sombra es mucho menor.» Parece que ha confundido el hecho de que los rayos de Sol incidan en verano perpendicularmente a la superficie terrestre con el ángulo de incidencia de la luz sobre el objeto, para proyectar la sombra.
- En el dibujo de la figura 3D, el estudiante representa los distintos recorridos aparentes del Sol en el cielo a lo largo de un día de invierno y un día de verano. En el texto escribe: «El Sol sale por el Este y se oculta por el Oeste, durante todo el año, pero no por el mismo punto exacto, ya que, en verano va más alto y su recorrido es mayor; y en invierno va más bajo, siendo su recorrido menor. Por lo tanto en invierno al ir más bajo habrá más sombras y en verano al ir más alto menos...». Ni en el texto, ni en el dibujo explica a qué se deben esas diferentes trayectorias.
- Por último, algunos alumnos hacen referencia a la variación de las sombras a lo largo del día, pero no lo rela-

cionan con las variaciones de las sombras en las distintas estaciones (Fig. 3E).

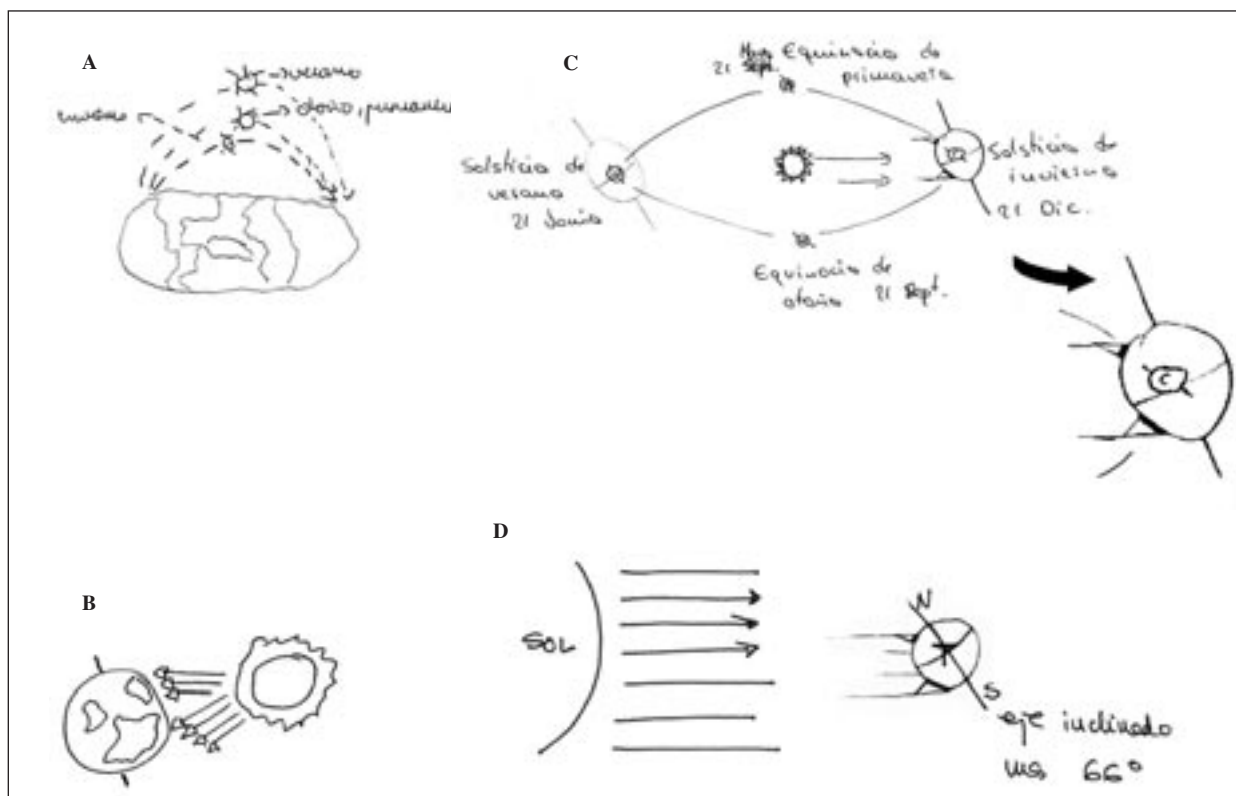
Con respecto a los alumnos que hacen un planteamiento global del problema, nos encontramos con algunos de los modelos ya detectados en la cuestión de las estaciones y otros que lo resuelven correctamente.

- La figura 4A se trata de un caso intermedio entre los que representan el Sol en el horizonte (Fig. 3 D) y los que hacen un planteamiento global con el dibujo de la Tierra, pero no explica a qué se deben los cambios en el recorrido solar: «El Sol en verano se encuentra más alto que en invierno. De la misma manera realiza un recorrido aparente sobre el cielo mucho mayor dando lugar a mayor número de horas de luz. El Sol sale antes y se pone más tarde.» Como otros muchos casos, el alumno describe una observación.

– Así, en la figura 4B, podemos observar el esquema de la Tierra y el Sol, con los rayos solares divergentes, para conseguir una incidencia oblicua o perpendicular, según se trate de un hemisferio u otro.

- Las figuras 4C y 4D muestra dos esquemas correctos sobre la longitud de las sombras en los distintos hemisferios en donde están representados los distintos elementos del modelo. El texto que acompaña a estos dibujos explica la relación entre los mismos.

Figura 4
Diferente longitud de las sombras en invierno y verano, en dibujos que, en este caso, muestran la posición del Sol, la Tierra y el objeto iluminado (explicación en el texto).



Cuestiones sobre las fases de la Luna

En relación con la segunda cuestión, que se refería a las fases de la Luna, las dificultades se encuentran mayoritariamente en los dibujos (Tabla I). Incluso hay alumnos que no dibujan el esquema, a pesar de que se les pide expresamente, dando sólo una explicación escrita. De las respuestas obtenidas se pueden destacar los siguientes puntos:

– Muchos esquemas resultan confusos: no es evidente en ellos cuáles son los elementos constituyentes o cómo se desplazan para dar lugar a las fases; faltan rótulos y flechas; las partes oscuras e iluminadas de la Luna no están bien representadas (Fig. 5A).

– Sólo dibujan el Sol, la Tierra y la Luna llena o nueva, pero no las fases restantes (Figs. 5B y 5C). En estos dos dibujos llaman la atención las órbitas terrestres tan diferentes; mientras en la figura 5B es circular, en la figura 5C es elíptica pero exageradamente excéntrica.

– Indican los movimientos relativos equivocados: el Sol girando en torno a la Tierra (Fig. 5D). Este modelo ha sido detectado anteriormente en otros trabajos referidos a la explicación del día y la noche (Jones y Lynch, 1987; Parker y Heywood, 1998; Jones et al., 1999; Roald y Mikalsen, 2001).

– Con frecuencia confunden las posiciones de Luna llena y Luna nueva, a veces porque consideran las fases como algo fijo (Luna nueva en la izquierda y llena en la derecha), independientemente de la posición relativa del Sol, y otras porque explican la Luna nueva como un eclipse, por la proyección de la sombra terrestre (Fig. 5E). Esta concepción es una de las más habituales reconocida en investigaciones precedentes (Camino, 1995; García Barros et al., 1996). Novak y Gowin (1988),

al trabajar con los alumnos la construcción de mapas conceptuales para la poner de manifiesto concepciones equivocadas, identifican también esta idea de que es la sombra de la Tierra, al cambiar la Luna de posición, la causante de las fases.

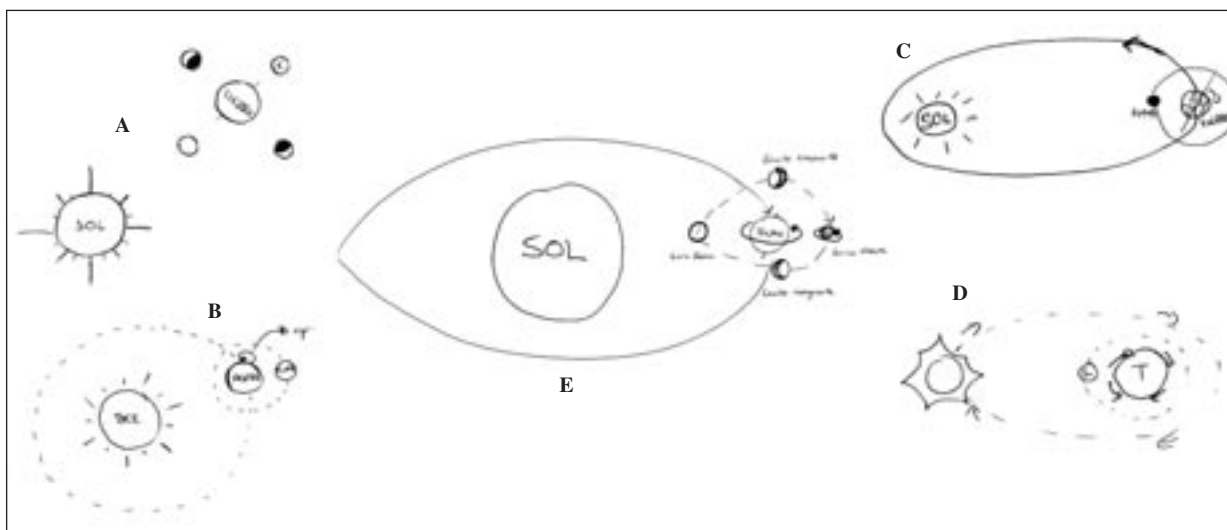
Respecto a la cuestión sobre las fases que presenta la Tierra vista desde la Luna, la pregunta 4, se pretendía conocer si comprendían el concepto de fases de la Luna y si eran capaces de extrapolarlo a otro constituyente del Sistema Solar como la Tierra. En este caso, como tienen que aplicar su modelo a una nueva situación, las dificultades se presentan tanto en los aspectos gráficos como en la falta de aprehensión de conceptos clave (Tabla I). Los resultados que se obtienen en algunos casos son correctos, como puede observarse en el dibujo de la figura 6A, en la que el alumno señala que «*el astronauta situado en la cara oscura de la Luna vería la Tierra en fase llena, mientras que cuando estuviera en la cara iluminada vería la Tierra en fase nueva*».

Entre las dificultades observadas destacamos las siguientes:

– El dibujo de la figura 6B corresponde a un alumno que intenta representar las fases de la Luna para responder a la pregunta, aunque no llega a situar al astronauta ni a nombrar las fases. Tiene dificultades para representarlas, como se observa por la distribución de las sombras en las distintas posiciones de la Luna. Va acompañado de un texto en el que se refiere a los movimientos de rotación y traslación de la Luna, y señala que «*en la primera fase hay luna llena y en la cuarta fase hay luna nueva*» pero sin numerarlas en el dibujo.

– El alumno que realiza el esquema de la figura 6C considera el movimiento de traslación de la Tierra y dibuja la órbita lunar alrededor del Sol y de la órbita terrestre.

Figura 5
Dibujos sobre las fases de la Luna (explicación en el texto).



Señala que la parte superior del dibujo representa la situación de Luna nueva, allí «el astronauta no verá la Tierra porque permanecerá oculta, ya que el Sol la “tapa” debido a su localización espacial.» En cambio en la parte inferior que representa al astronauta en la Luna llena «éste observará toda la Tierra porque el Sol no la oculta. Ello se debe al movimiento de traslación y rotación.» Camino (1995) cita la explicación de ocultación entre la Luna y el Sol para justificar la sucesión de días y noches, en nuestro caso la ocultación se da entre la Tierra y el Sol. Se trata de un ejemplo en el que se fuerza el modelo para adecuarlo al lenguaje.

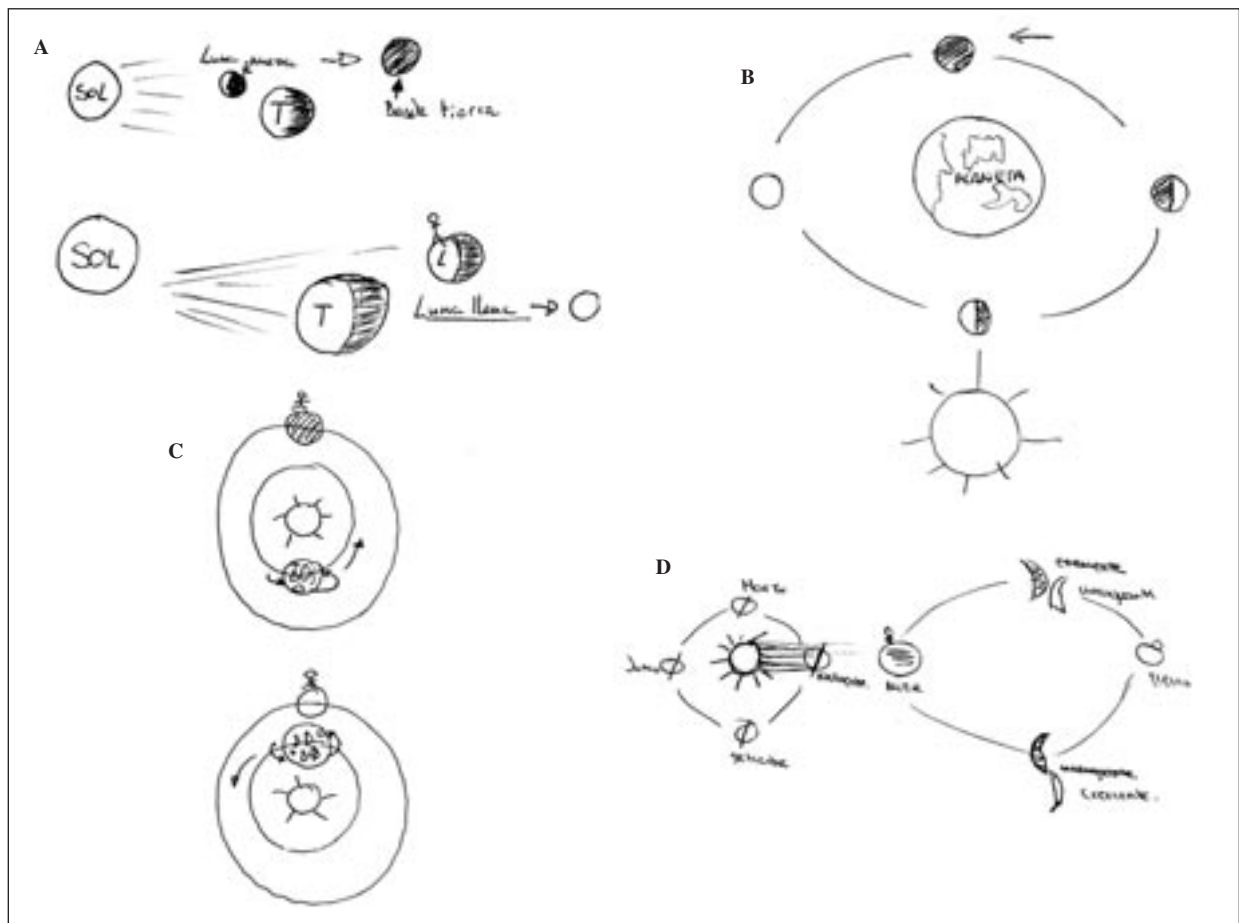
– En el caso de la figura 6D, el alumno representa la órbita de la Luna externa a la Tierra; además representa la Luna en cuarto creciente y menguante tal y como se vería desde el espacio. Esta doble perspectiva en los dibujos ha sido detectada por Vega Navarro (2001). En el texto que acompaña a la ilustración señala que «el astronauta en la fase de la Luna nueva verá el sistema de rotación ya que verá cómo la Tierra gira sobre su propio eje y cómo se va formando el día y la noche..., cuando el astronauta esté en la fase de Luna

llena el Sol no le da directamente y verá la fase de Tierra de traslación...». El esquema sugiere la existencia de dos modelos independientes: por una parte, el del movimiento de traslación terrestre en torno al Sol y, por otra, el modelo de las fases de la Luna en el que no aparece ni el Sol ni la Tierra. El estudiante los yuxtapone, pero no los integra para construir su propio modelo.

Los resultados que se obtienen del problema del «amigo que se encuentra en la nave espacial viendo la Luna en cuarto creciente», pregunta 5, son más ricos que los de la segunda pregunta, ya que, al pedirles la elaboración de una imagen referida a un problema concreto, los alumnos deben activar sus representaciones mentales y tienen que manipular sobre su propio modelo para buscar una solución. Como en la pregunta 4, las dificultades se manifiestan en un porcentaje elevado tanto en los textos como en los dibujos (Tabla I):

- Hay alumnos que resuelven el problema de forma geoméricamente correcta (Fig. 7A) si bien hay aspectos que se descuidan como el dibujo de la órbita de la Luna que llega a alcanzar al Sol...

Figura 6
Dibujos que muestran al astronauta y las «fases de la Tierra» (explicación en el texto).



– Otros confunden los conceptos de *proyección* y *reflexión*: «Las fases las causa la proyección del Sol sobre la Luna», «La Luna [está] tapada por los rayos del Sol...», «Los rayos del Sol influyen sobre la Luna», «La Luna reflejada por el Sol...».

– Cuando la Luna está en cuarto creciente (o menguante) sólo se ve un cuarto de la Luna.

– La Luna sólo se puede ver si es de noche: «La rotación de la Tierra alrededor del Sol es importante ya que para ver la Luna es necesario que sea de noche». Como señala Camino (1998), la mayoría de las personas tienen incorporada la dicotomía «Sol de día, Luna de noche» a pesar de que la Luna pasa tanto tiempo en el cielo nocturno como en el cielo diurno. Además confunden rotación y traslación.

– Comentan que es un problema de posiciones relativas, pero no lo explican y en el dibujo no saben situar al astronauta.

– Dibujan al astronauta detrás de la Tierra de manera que ésta tapa parcialmente a la Luna (Fig. 7B).

– Confunden la posición de la Luna nueva y la llena, ya que atribuyen la fase Luna nueva a la sombra que proyecta sobre ella la Tierra al interponerse ante el Sol: «sólo influye la Tierra en las fases, según esté la Luna delante o detrás» (Fig. 7C). Resulta muy interesante el caso de un alumno que realiza un dibujo con la posición

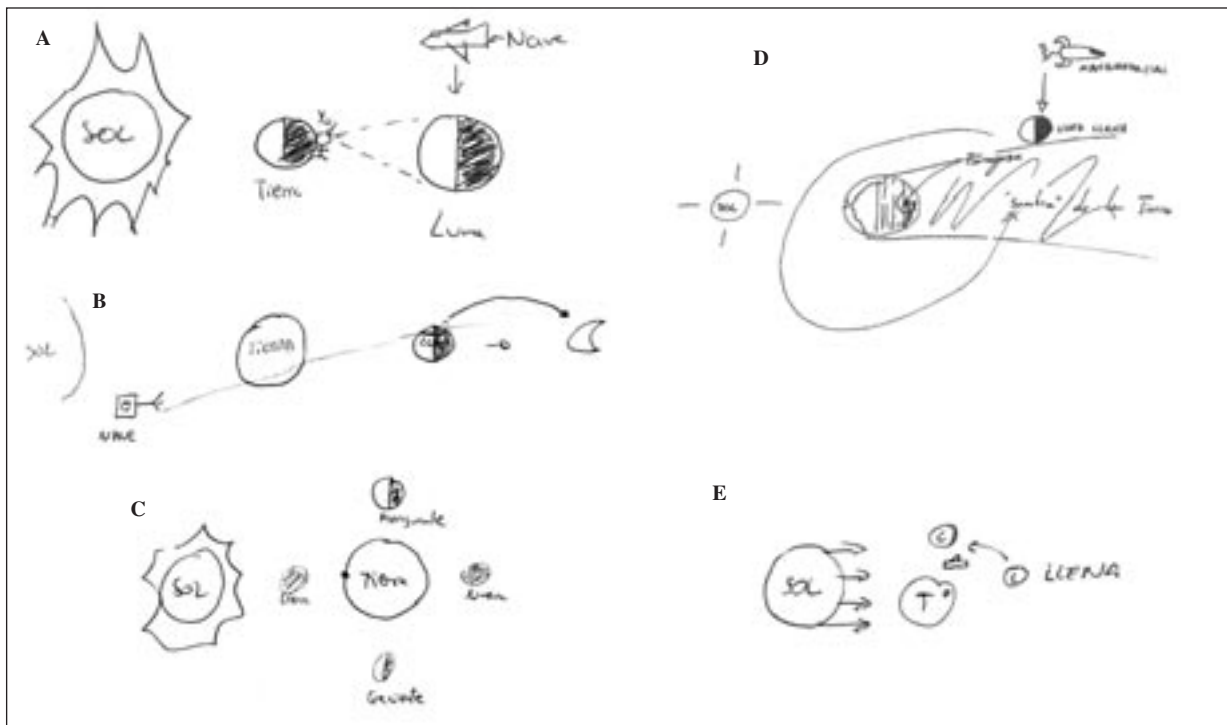
del astronauta correcta, pero explica que: «desde allí (el astronauta) vería la Luna de lado y eso podría inducirle a error, ya que vería la Luna parcialmente iluminada en lugar de verla oscura por la sombra que proyecta la Tierra» (Fig. 7D).

– Achacan las fases sólo al desplazamiento de la Luna, de forma que ésta tiene distintas posiciones, la posición de llena, de menguante, etc. Parece como si la posición de la Luna fuera consustancial con su fase y, de este modo, si la Luna se encuentra en la posición de llena desde cualquier posición se verá así. Stahly y otros (1999) detectan la idea de que sólo influye el giro de la Luna en torno a la Tierra y que sólo es una cuestión de perspectiva lo que determina las fases.

– Consideran que se pueden dar las fases por la rotación terrestre, como si hubiera cuatro lunas coexistiendo, en cuatro posiciones fijas, cada una en su fase (Fig. 7E): «Es posible ya que la Luna tiene cuatro fases distintas... Dependiendo del lugar de la Tierra o del espacio en que nos situemos la veremos en una fase u otra». En sus esquemas se refleja esta concepción dibujando la nave sobre el polo Norte, es decir, entre la Tierra y la posición de cuarto creciente del dibujo estándar (el Sol, la Tierra y cuatro Lunas alrededor).

– La visión de la Luna siempre es la misma, con independencia del lugar donde se esté, ya sea en la Tierra o en el espacio.

Figura 7
Dibujos que muestran la nave espacial y las fases de la Luna (comentarios en el texto).



DISCUSIÓN

Comparando los resultados, se observa que los alumnos tienen dificultad para expresarse mediante esquemas gráficos, ya sean preguntas «tradicionales» o problemas abiertos. Se ha visto que en general realizan unos dibujos de escasa calidad, algunos contienen modelos alternativos y otros no tienen capacidad para comunicar ideas. Ello es debido no sólo a la complejidad del modelo sino, probablemente, a que los alumnos de forma espontánea no suelen ayudarse de dibujos para apoyar una idea y, en ocasiones, a pesar de que el profesor le pide expresamente que los utilice, tampoco los usa (Martínez Peña y Gil Quílez, 2001). Consideramos que los estudiantes entienden que la comunicación primordial es la oral y después la escrita, ya que en la mayoría de las asignaturas cursadas durante su formación preuniversitaria y universitaria deben exponer sus conocimientos de estas dos formas. Por otro lado, tienen dificultades en diferenciar qué es lo importante en el dibujo y qué es lo accesorio; es decir, la diferencia entre un dibujo artístico y uno científico. En nuestra opinión, los estudiantes no suelen percibir la realización de dibujos como una actividad útil en su aprendizaje.

El tema que nos ocupa, el sistema solar, se ha de trabajar con cuerpos extraordinariamente grandes que ocupan distintas posiciones en el espacio, y entre los cuales hay enormes distancias, que cambian en función de sus diferentes movimientos relativos; es decir, es un tema «gráfico» que requiere tener en cuenta cuestiones de geometría y de perspectiva. Para poder explicar el modelo, y poderlo entender, las imágenes son complementarias al texto y tienen el mismo nivel de importancia explicativa. Por otro lado, para responder a cuestiones de aplicación del modelo del sistema solar, el alumno tiene que comprender no sólo la imagen sino su significado en tres dimensiones y los movimientos relativos de los componentes del dibujo.

Así mismo, hay que resaltar cuán arraigado tienen el esquema estándar de las fases de la Luna de los libros de texto (la Tierra rodeada por las cuatro fases de la Luna). Esto les conduce a ideas como la de considerar que es la rotación de la Tierra la causante de que se vean diferentes fases, de manera que en un día se podrían observar las cuatro fases, o bien que observadores localizados en distintos lugares de la Tierra estarían viendo fases distintas. En este caso, se trata de un modelo inducido por la propia instrucción, tal como se muestra en los resultados del análisis de los libros de texto (Martínez Peña y Gil Quílez, 2001). La ilustración suele ir acompañada de un texto no suficientemente explicativo, y en ningún caso se plantean actividades, sugerencias, cuestiones que faciliten la manipulación del modelo y su interiorización. Por ello, para la resolución del problema, realizan una utilización meramente memorística del modelo, sin que se sirvan de él correctamente. Es decir, es útil para describir las fases de la Luna, pero no para resolver el problema del astronauta.

Resulta interesante destacar que, además de la dificultad cognitiva del tema, existen otras dificultades

relacionadas (Nussbaum, 1989). Por ejemplo, se detecta que los alumnos no están familiarizados ni con la geometría ni con la óptica (confunden términos como *proyección*, *reflexión*, dibujan rayos divergentes, tienen dificultades para construir el esquema que contemple a la vez el foco luminoso, el objeto iluminado y la sombra proyectada). En tales circunstancias recurren a adecuar estos parámetros a un modelo fundamentalmente memorístico, aunque también es posible que apliquen un pensamiento lógico y analógico que induzca ideas alternativas sobre el modelo (Pozo et al., 1991). Así mismo, el peso del conocimiento cotidiano en los alumnos es muy fuerte. El alumno ha construido su modelo explicativo para las estaciones y las sombras, pero no ocurre lo mismo en el caso de las fases de la luna. Por ello el porcentaje de alumnos que fuerzan el modelo para adecuarlo a la respuesta es mucho mayor en las cuestiones sobre las estaciones y las sombras que en las de la Luna (Tabla I).

Los comentarios sobre la necesidad de que sea de noche para ver la Luna es una concepción muy arraigada que contradice la observación, pero que nunca se comenta de forma expresa en los libros de texto. En este mismo sentido, las precisiones de los alumnos sobre el significado de «cuarto creciente» se deben también a la ausencia de una referencia explícita en los libros de texto. Consideran que sólo se tiene que ver un cuarto de Luna, cuando en realidad el término se refiere a los cuatro cuartos del ciclo.

SUGERENCIAS PARA LA INSTRUCCIÓN

En las imágenes que ilustran modelos, como son las del sistema Sol-Tierra-Luna, los argumentos de la explicación se tienen que deducir de la ilustración, es decir, se aceptaría que la propia representación del modelo contiene, en sí misma, la justificación que lo hace comprensible. De este modo, toda la responsabilidad de la argumentación recae sobre el profesor (lenguaje oral) y sobre el dibujo (lenguaje gráfico). Un alumno que no llegue a comprenderla en el momento de clase, tendrá que recurrir a «leer» el dibujo, lo que requiere disponer de unas herramientas cognitivas y de unos conocimientos previos que es difícil que posea. La aprehensión del modelo, mediante los lenguajes oral, escrito y gráfico, debería permitir al alumno desarrollar una serie de habilidades cognitivas como analizar, interpretar, deducir, relacionar, emitir hipótesis... que se concretarían en las habilidades cognitivo-lingüísticas de explicar, argumentar, demostrar e, incluso describir... (Fig. 1).

Hay que distinguir entre aprender la imagen y aprender a través de la imagen. Es decir, no hay que considerar las imágenes simplemente como un medio para comunicar conocimientos, sino que, en primer lugar, se han de utilizar para elaborarlos mediante actividades propuestas, en relación con los mismos, y que tienen por efecto solicitar y activar los modelos mentales existentes (Mottet, 1996; Pérez de Eulate et al., 1997). Las imágenes, tanto si se trata de imágenes motivadoras, descriptivas o ilustrativas

de modelos, tendrían que servir de base para la aplicación de dichas actividades (actividades de observación, de establecimiento de relaciones y de construcción de sentido) y así activar las representaciones mentales, que permitan a los alumnos manipular entidades abstractas. Los gráficos serían «soportes» que permiten visualizar, comprender y utilizar las representaciones mentales. Para asegurar que las imágenes de los libros de texto son inspeccionadas detalladamente y procesadas en profundidad se requieren reclamos atencionales muy fuertes en el texto escrito e instrucciones específicas por parte del profesor (Pérez de Eulate y Llorente Cámara, 1998). Ello permitiría establecer los recorridos de pensamiento que las imágenes hacen posible; es decir, indicar al estudiante que debe describir los diferentes elementos, establecer relaciones que no están representadas en el gráfico pero que pueden ser inducidas, tomar conciencia de la perspectiva con la que sea realizado el dibujo y cómo cambiaría el aspecto de algunos objetos al cambiar el punto de vista, emitir hipótesis sobre las modificaciones que implicaría introducir un nuevo elemento (un astronauta en el espacio), etc.

Se debería evitar el refuerzo del carácter de entretenimiento que tienen las imágenes en el entorno cotidiano, procurando que las tareas de análisis y elaboración de imágenes en la escuela no se asocien siempre a lo lúdico. Por ejemplo, habría que intentar que el alumnado desarrolle sus propias destrezas icónicas para explicar los conceptos y emplear también imágenes, siempre que sea posible, en tareas de evaluación (Pérez de Eulate y Llorente Cámara, 1998)

Los profesores debemos ser conscientes de que, de la misma manera que les decimos a los estudiantes «si no lo sabes explicar, es que no lo sabes», ante una cuestión que requiera el uso de dibujos ilustrativos de modelos debemos decirles «si no lo sabes dibujar, es que no lo sabes».

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, a Ángel Cortés, Milagros de la Gándara y José Miguel Calvo así como a dos correctores anónimos, sus valiosas sugerencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSO, R., BAZO GONZÁLEZ, C., LÓPEZ HERNÁNDEZ, M., MACAU, M.D. y RODRÍGUEZ PALMERO, M.L. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 327-335.
- BACHELARD, G. (1948). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires: Argos.
- BANDIERA, M. y DI MACCO, V. (2000). Through the windpipe and intestine down into the stomach...: Attitude and competence of prospective Primary School Teachers. *Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology*, pp. 27-40. Santiago de Compostela, 27 de septiembre - 1 de octubre de 2000.
- BAXTER, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 502-513.
- BOULTER, C.J. (2000). Language, Models and Modelling in the Primary Science Classroom, en Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds.). *Developing Models in Science Education*, pp. 289-305.
- BOWEN, G.M. y ROTH, W.M. (1999). Inscriptions and their interpretation in schools and at work, en Kommerek, M., Behrendt, H., Dahncke, H., Duit, R., Gräber, W. y Kross, A. (eds.). *Proceedings Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*. Research in Science Education Past, Present, and Future, 2, pp. 417-419.
- 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.
- CAMINO, N. (1998). Un palimpsesto en el cielo nocturno, en Barret, E. y De Pro, A. (coords.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, pp. 91-101.
- CAMINO, N. (2004). Aprender a imaginar para comenzar a comprender. Los «modelos concretos» como herramientas para el aprendizaje en astronomía. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, pp. 81-89.
- CONSTABLE, H., CAMPBELL, B. y BROWN, R. (1988). Sectional Drawings from science textbooks: an experimental investigation into pupils' understanding. *British Journal of Educational Psychology*, 58, pp. 89-102.
- DE MANUEL BARRABIN, J. (1995). ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 227-236.
- DE MANUEL, J. y MONTERO, A. M. (1995). Dificultades en el aprendizaje del modelo Sol-Tierra. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.2, pp. 91-101.
- DOMÈNECH, A. y MARTÍNEZ, B. (1997). The Teaching of the Earth-Sun System in the Secondary School. *First Conference of the European Science Education Research Association*. Roma.
- ESCOVEDO, S., AYRES, A. C. y REZNIK, T. (2000). Models of the human circulatory system in science textbooks: building a framework for representation analysis. *Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology*, pp. 217-228. Santiago de Compostela, 27 de septiembre - 1 de octubre de 2000.
- FERNÁNDEZ URÍA, E., MORALES LAMUELA, M.J., (1984). La astronomía en el bachillerato: diferentes enfoques. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 227-236.
- FRANCO, C. y COLINVAUX, D. (2000). Grasping mental models, en Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds.). *Developing Models in Science Education*, pp. 93-118.
- GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ LOSADA, C., MONDELO ALONSO, M. y VEGA MARCOTE, P. (1997). La astronomía en textos escolares de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 225-232.
- GARCÍA BARROS, S., MONDELO ALONSO, M. y MARTÍNEZ LOSADA, C. (1996). La astronomía en la formación de profesores. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 10, pp. 121-127.
- GOLDSMITH, E. (1984). *Research into illustration: An approach and a review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- JIMÉNEZ, J. de D., HOCES PRIETO, R. y PERALES, F.J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 11, pp. 75-85.
- JIMÉNEZ, J. de D. y PERALES, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 3-19.
- JONES, B. L. y LYNCH, P. P. (1987). Childrens's concepts of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), pp. 43-53.
- KEARSEY, J. y TURNER, S. (1999). How useful are the figures in school biology textbooks? *Journal of Biological Education*, 33, pp. 87-94.
- KRESS, G. y VAN LEEUWEN, T. (1990). *Reading Images*. Geelong, Victoria, Australia: Deakin University Press.
- LANCIANO, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 173-182.
- LANCIANO, N. (1997). Obstacle conceptions and didactic obstacles in Astronomy experience fields. *First Conference of the European Science Education Research Association*. Roma.
- LEVIE, W.H. y LENTZ, R. (1982). Effects of text illustrations: Review of reseach. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), pp. 195-232.
- MACNAB, W. y JOHNSTONE, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24(1), pp. 37-41.
- MARTÍNEZ PEÑA, B. y GIL QUÍLEZ, M.J. (2001). The importance of images in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 23(11), pp. 1125-1135.

- MARTÍNEZ PEÑA, B. y GIL QUÍLEZ, M.J. (2003). Images and texts in the learning of models: The Sun-Earth-Moon System, en Nata, R. (ed.). *Progress in Education*, 12, pp. 180-210. Nueva York: Nova Science Publishers, Inc.
- MATHEWSON, J.H. (1999). Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators. *Science Education*, 83, pp. 33-54.
- MORENO LORITE, M. (1997). Secuenciación de contenidos y enseñanza de la astronomía: «La Tierra en el Universo». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, pp. 61-71.
- MOTTET, G. (1996). Les situations-images. Une approche fonctionnelle de l'imagerie dans les apprentissages scientifiques à l'école élémentaire. *ASTER*, 22, pp. 15-56.
- NAVARRETE SALVADOR, A. (1998). Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos relativos del sistema «Sol-Tierra-Luna» en el contexto de la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 35, pp. 5-20.
- NOVAK, J. D. y GOWIN, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- NUSSBAUM, J. (1989). La Tierra como cuerpo cósmico, en Driver, R. Guesne, E. y Tiberghien, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC-Morata.
- PARKER, J. y HEYWOOD, D. (1998). The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20, 5, pp. 503-520.
- PÉREZ DE EULATE, L. y LLORENTE CÁMARA, E. (1998). Las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de la biología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, pp. 45-53.
- PÉREZ DE EULATE, L., LLORENTE, E. y ANDRIEU, A. (1997). Las imágenes en los libros de texto de ciencias: un estudio en la educación primaria, en San Martín, A. (ed.). *Del texto a la imagen*. Valencia: Nau Llibres.
- PÉREZ DE EULATE, L., LLORENTE, E. y ANDRIEU, A. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 165-178.
- PIAGET, J. y INHELDER, B. (1956). *The child's concept of space*. Nueva York: Routledge and Kegan Paul.
- POZO, J.I., SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M.A. y LIMÓN, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 83-94.
- REID, D. y BEVERIDGE, M. (1990). Reading illustrated science texts: a micro-computer based investigation of children's strategies. *British Journal of Educational Psychology*, 60, pp. 76-87.
- REID, D. (1990a). The role of pictures in learnig biology: Part 1, perception and observation. *Journal of Biological Education*, 3(24), pp. 161-172.
- REID, D. (1990b). The role of pictures in learnig biology: Part 2, picture-text processing. *Journal of Biological Education*, 4(24), pp. 251-258.
- ROALD, I. y MIKALSEN, O. (2001). What are the Earth and the heavenly bodies like? A study of objectual conceptions among Norwegian deaf and hearing pupils. *International Journal of Science Education*, 22(4), pp. 337-355.
- SALVAT ALTES, A. y SÁNCHEZ REAL (1997). ¿Podemos dibujar el Sistema Solar?, en Jiménez Pérez, R. y Wamba Aguado, A. M. (eds.). *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 427-438. Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- STAHLY, L. L., KROCKOVER, G. H. y SHEPARDSON, D. P. (1999). Third Grade Students' Ideas about the Lunar Phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 2, pp. 159-177.
- VEGA NAVARRO, A. (2001). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 31-44.
- VOSNIADOU, S. y BREWER, W. F. (1990). A cross cultural investigation of children's conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American data, en Mandl, H., De Corte, E., Bennett, N. y Friedrid, H.F. (eds.). *Learning and Instruction*. European Research in an International Context, 2.2, pp. 605-629. Oxford: Pergamon Press.

[Artículo recibido en septiembre de 2004 y aceptado en febrero de 2005]