

# Ideas, conocimientos y teorías de niños y adultos sobre las relaciones Sol-Tierra-Luna. Estado actual de las investigaciones

Ana Vega Navarro  
Universidad de La Laguna

## Resumen

Son abundantes las recopilaciones bibliográficas, resúmenes de resultados y perspectivas de futuro de las investigaciones realizadas para estudiar las ideas del alumnado en las materias de ciencias. No obstante, las revisiones de los estudios realizados para conocer las ideas y las teorías que mantienen los niños, los adultos y los profesores en relación con algunos conceptos referidos a la Tierra, son escasas y limitadas (Albanese, Dahoni Neves y Vicentini, 1997; Dunlop, 2000); y lo son todavía más en nuestro entorno, pues las realizadas aún no han visto la luz (Vega, 2002; Navarrete, 2003). Este trabajo pretende suplir esa carencia, ya que nos parece que el conocimiento de esos estudios puede ser de gran utilidad, tanto para la orientación bibliográfica de investigaciones futuras como para la formación e información del profesorado. Por eso damos cuenta aquí del estado actual de la investigación, indicando los principales estudios que tratan de las ideas que los niños y los adultos mantienen sobre la forma de la Tierra, el concepto de gravedad, el ciclo día-noche, las fases lunares y la causa de las estaciones. También señalamos las implicaciones que se derivan para las actividades de enseñanza-aprendizaje y exponemos algunas dificultades y cuestiones todavía pendientes de estudio.

*Palabras clave:* estudios, investigaciones, lagunas, errores, Tierra, Sol, Luna.

**Abstract:** *Ideas, knowledge and theories of children and adults about the Sun-Earth-Moon relationship. Current state of research*

Bibliographic compilations, result summaries and future research prospects carried out to study pupils' ideas about science-related subjects are profuse. Nevertheless, studies about children, adults and teachers' knowledge concerning the Earth are limited and slender (Albanese,

Dahoni Neves and Vicentini, 1997; Dunlop, 2000); and even more so in our context, as they have not yet been published (Vega, 2002; Navarrete, 2003). This paper aims to compensate that lack, considering that the knowledge of those studies could be extremely useful to point future researches in the right direction and provide them with relevant bibliography and also for teachers' formation and information purposes. That is the reason why we present here the current situation of this field of research, also indicating the most important studies regarding children and adults' ideas of Earth shape, the concept of gravity, day-night cycle, moon phases and season causes. Some of the implications for teaching-learning activities are presented as well as difficulties and questions still to be resolved.

*Key words:* studies, investigations, gaps, errors, Earth, Sun, Moon.

## **Ideas infantiles sobre la forma de la tierra y concepto de gravedad**

Que los niños y las niñas lleguen a entender e interiorizar que la Tierra es esférica y que tiene movimiento no es tan sencillo como a primera vista pudiera parecer. El concepto, explicado desde los primeros niveles de la escolaridad con la analogía de una gran *pelota* que gira sobre sí misma, es difícil de comprender y asimilar porque choca con nuestra experiencia cotidiana y porque hay que estar en condiciones de entender por qué las cosas, los animales, las aguas o las personas no se caen de esa pelota espacial y gigante. Acaso venga bien recordar aquí que el propio Galileo sólo podía aportar a favor de las tesis copernicanas una experiencia especulativa y «*contrainductiva*», *razones y argumentos ingeniosos y plausibles* como decía la sentencia que lo condenaba en 1633. De manera que mientras no estemos en condiciones de aceptar que la Tierra es esférica y de entender el concepto de gravedad, solamente tendremos aproximaciones que frecuentemente se interfieren y se mezclan con otros conceptos, dando lugar a una extensa retahíla de ideas alternativas, como muestran los diferentes estudios.

En ese sentido, el trabajo de Nussbaum y Novack (1976) puede ser considerado como uno de los primeros intentos de dar cuenta de las ideas infantiles en relación con la forma de la Tierra y la gravedad. En la investigación participaban dos grupos de 26 niños, de entre 7 y 8 años, de Nueva York. El primero fue entrevistado antes de recibir lecciones relacionadas con el concepto Tierra, en tanto que para el segundo la

entrevista fue posterior a las explicaciones. Los resultados mostraban las escasas diferencias finales entre los dos grupos, y que en ambos aparecían cinco nociones diferenciadas de la Tierra. En las dos primeras se cree que la Tierra es plana y los niños no tienen consciencia del espacio ni de la gravedad; en las otras tres, la Tierra se concibe esférica, pero variando la percepción espacial y gravitatoria.

Unos años después, y con parecida metodología, Nussbaum (1979) entrevistó en Jerusalén a 240 niños de cuarto a octavo nivel, de edades comprendidas entre 9 y 14 años. Encontró similares esquemas y nociones, pero los nuevos datos le llevaron a unificar las dos primeras concepciones descritas en 1976, pues solían aparecer combinadas, y a dar cuenta de una nueva noción infantil: aquella en la que la Tierra aparece compuesta de dos hemisferios, uno sólido, en cuya parte plana vivimos, y otro en la parte superior, formado por aire y cielo. Advirtió también que las concepciones no siempre eran excluyentes, sino que frecuentemente aparecían elementos de unas y otras combinados y entremezclados.

Nussbaum comprobó que existía una relación entre las ideas mantenidas por los niños y su edad: los más jóvenes sostenían las nociones elementales, en tanto que los mayores mantenían las más desarrolladas. Y estimó que el progreso conceptual de la Tierra como cuerpo cósmico evoluciona con la edad, de manera que la idea de una Tierra plana, característica de las primeras edades, se transformaría gradualmente hacia el concepto de la Tierra esférica. El cielo, inicialmente concebido cercano y limitado, pasaría a entenderse expandido en todas las direcciones y sin límites. La gravedad dejaría de ser un absoluto espacial para concebirse en relación con la Tierra.

Otros estudios vinieron a confirmar las investigaciones de Nussbaum. Así, el de Mali y Howe (1979), realizado en Nepal con 250 niños y niñas de 8, 10 y 12 años, muestra que los alumnos de la zona urbana de Katmandú presentaban cinco nociones similares a las descritas en el trabajo de Nussbaum, si bien los niños de Nepal tendían a mantenerlas hasta edades más tardías. Por otra parte, los niños del valle de Pokhara, a pesar de que en la escuela se les había enseñado que la Tierra era esférica, defendían con bastante frecuencia la creencia tradicional del país, mantenida también por los adultos no escolarizados, es decir la idea mitológica de que la Tierra es plana y está sostenida por cuatro enormes elefantes.

Ideas similares encontraron también Sneider y Pulos (1983) con 159 estudiantes californianos, con edades comprendidas entre 9 y 14 años. Además de significativas diferencias según la edad, estos autores mostraban que las ideas mantenidas por el alumnado en la vida cotidiana presentaban discrepancias fundamentales con las ideas que habían estudiado y que aparentemente sostenían en el ámbito de la escolaridad

formal. Los datos señalaban, asimismo, una correlación entre el conocimiento de la forma de la Tierra y el concepto de gravedad, de manera que una correcta comprensión de la forma de la Tierra parecía ser la base para comprender que los objetos son atraídos hacia su centro. Por último, advertían de una estrecha relación entre la forma de concebir la Tierra y la medida de las habilidades espaciales, de manera que estas últimas variables podían servir para predecir el nivel de comprensión de la Tierra como cuerpo cósmico.

Parecidas nociones acerca de la Tierra y la gravedad encontró también Baxter (1989) en una investigación con 48 niños y 52 niñas ingleses de entre 9 y 16 años. Y decimos que las nociones encontradas son parecidas en el sentido de que Baxter sólo da cuenta de cuatro nociones, reduciendo a una las dos primeras descritas por Nussbaum. De acuerdo con Baxter, los dos primeros esquemas (Tierra plana como una galleta y Tierra formada por dos hemisferios) disminuyen con la edad, de manera que entre los niños mayores habría ya desaparecido prácticamente la idea de que la Tierra es plana. La noción más frecuente es la tercera (Tierra esférica, pero ausencia de explicación sobre la gravedad), que gana adeptos con la edad y es la que mantiene casi todo el alumnado de 13 a 16 años. El último modelo, que sería el científicamente correcto, solamente era mantenido por un pequeño grupo del alumnado de mayor edad.

La importancia de una intervención educativa temprana y los beneficios de la implantación de la astronomía en el currículo escolar parece ponerse de manifiesto en los estudios de Osborne et al (1994) y de Sharp (1996). De acuerdo con este último estudio, que se llevó a cabo con 21 niños y 21 niñas de 10 y 11 años reclutados en tres escuelas inglesas, la mayoría tenía alguna idea del concepto de gravedad y ninguno sostuvo que la Tierra fuese plana. Se trata, como advierte el propio autor, de resultados excepcionales en relación con trabajos anteriores. Las diferencias sustantivas encontradas (sobre todo con el trabajo de Baxter realizado también con niños ingleses) aparecerían, de acuerdo con Sharp, como una inmediata y positiva consecuencia de la introducción del *Science in the National Curriculum* en las escuelas inglesas a partir de 1991.

En el contexto de una investigación planificada desde 1990 en relación con la manera en que los niños adquieren sus conocimientos astronómicos, Vosniadou y Brewer (1992) identificaron entre el alumnado de tres niveles escolares, equivalentes a nuestra Educación Infantil 5 años, tercero y sexto de primaria (edades entre 5 y 11 años), cinco modelos mentales de la forma de la Tierra, alternativos al modelo científico: una Tierra rectangular; otra en forma de disco; una Tierra dual; una semiesférica rodeada por el cielo concebido también como una semiesfera; y una Tierra oval.

A primera vista parece no existir mucha diferencia entre los hallazgos de Vosniadou y Brewer con los ya descritos de Nussbaum, de Sneider y Pulos o de Baxter. De hecho, podemos decir que son concordantes en la idea de que los niños y las niñas tienen dificultades para comprender que la Tierra es esférica y que forman ideas alternativas en relación a ello. Sin embargo, se trata de planteamientos diferentes, en la medida en que estos autores conciben los modelos mentales como estructuras condicionadas por creencias, inferencias y presuposiciones formadas en las mentes infantiles en el intento de reconciliar, de manera lenta y gradual pero coherente, las creencias y presuposiciones experienciales con los datos e informaciones recibidas durante la escolaridad y del contacto con el mundo adulto. De manera que los modelos mentales no son estructuras erróneas que hay que cambiar, sino alternativas válidas y consistentes, verdaderas teorías, utilizadas por los niños y las niñas de acuerdo con el estado de sus conocimientos, creencias y presuposiciones, que evolucionan a medida que nuevas informaciones se confrontan con las creencias y presuposiciones que conforman los modelos mentales previos y menos desarrollados.

Otros trabajos posteriores se orientaron desde esa misma perspectiva. En el de Samarapungavan, Vosniadou y Brewer (1996) se entrevistó a 38 niños de primero y tercero (6 y 9 años), asistentes a dos escuelas de la ciudad india de Hyderabad, clasificando las ideas infantiles en ocho modelos mentales. No aparece entre los niños de la India el modelo mental que Vosniadou y Brewer denominaron Tierra dual (un 20% de los niños americanos sostenían ese modelo), pero aparece, por el contrario, sobredimensionada la variante de la Tierra plana en forma de disco (24% en los niños indios, sólo uno entre los 60 niños americanos). Por otra parte, los niños de la India presentan variantes de la Tierra flotando en el agua que la circunda (34%), que no aparecían entre los niños americanos de la investigación de Vosniadou y Brewer. Esos altos porcentajes indicarían, de acuerdo con los autores, que existen condicionamientos culturales en la formación de los modelos mentales de la Tierra, en la medida en que, tanto la idea de una Tierra plana como la de que flota y está sostenida en el agua, forman parte de la cultura tradicional y de la mitología de la India.

También parece desprenderse una influencia cultural en cuanto a la forma de la Tierra en el estudio de Diakidoy, Vosniadou y Hawks (1997) con 26 niños indios americanos de primero, tercero y quinto (de 6, 9 y 11 años), asistentes a dos escuelas diferenciadas: una en la propia reserva india de Lakota y otra pública cercana a la Universidad de Dakota, si bien en este caso los autores advierten que la preferencia por el modelo de la Tierra hueca (acorde con la mitología de la tribu y mayoritaria entre los niños de menor edad que asisten a la escuela de la reserva pero inexistente entre los que de la escuela pública) debe tomarse con precaución debido a lo pequeño de la muestra.

Algunos estudios recientes han venido a cuestionar sin embargo la idea central de Vosniadou, renovando tesis anteriores que defienden la idea de que el conocimiento infantil es un conocimiento incoherente y fragmentario al que hay que dar coherencia y fundamento en el ámbito educativo (Panagiotaki, 2001; Schoultz, Säljö y Wyndhamn, 2001; Nobes et al., 2003).

## Ideas infantiles sobre las fases lunares y las estaciones

El desarrollo de las representaciones infantiles relativas a la causa y naturaleza de la noche, así como al origen de los astros y del universo, fue estudiado por Piaget en *La representación del mundo en el niño*. En relación con las fases de la Luna, Piaget creyó advertir tres etapas evolutivas. En una primera, de total artificialismo, los cuartos de Luna serían entendidos como procesos de creación lunar, como trozos de Luna a la que alguien ha partido en dos. En la segunda fase, de artificialismo mitigado, se combinan los elementos artificialistas de creación/destrucción con procesos *naturales*: la Luna puede autoseccionarse o ser cortada por el viento. En la última etapa aparecen ya explicaciones que podríamos considerar naturales: la Luna desaparece parcialmente a causa de su propio movimiento o porque vienen nubes para taparla. Ideas parecidas, en relación con el artificialismo y el animismo, pueden advertirse en los trabajos de Haupt (1948; 1950), que nos muestran que comprender y asimilar las nociones e ideas relativas a las fases de la Luna presenta grandes dificultades para los niños y las niñas. Entre otras razones, porque esas nociones están estrechamente conectadas a la forma de la Tierra y a la gravedad así como a los movimientos y relaciones del Sol, la Luna y la Tierra.

En el citado estudio de Baxter (1989) no aparecen explicaciones animistas, si bien debe tenerse en cuenta que fue realizado con niños y niñas mayores de 9 años. En los dibujos y explicaciones infantiles aparecían estas cinco nociones para explicar la Luna creciente y menguante: 1) Una parte de la Luna es tapada por una nube; 2) Una parte de la Luna aparece oscurecida por un planeta indeterminado; 3) La sombra del Sol es quien tapa la Luna; 4) La sombra es de la Tierra; 5) Idea científica, de que la parte iluminada de la Luna cambia en función de cómo es vista desde la Tierra; idea esta última que es mantenida por estudiantes de todas las edades, si bien no son precisamente los mayores lo que más la adoptan. La noción predominante en todas las edades (casi la mitad de la muestra) es la que atribuye las fases lunares a la sombra de la

Tierra, lo que parecería indicar, según Baxter, que existe una gran confusión entre la explicación de las fases lunares y la explicación de los eclipses de Luna.

La explicación que confunde las fases y los eclipses de Luna aparece de forma mayoritaria en otros estudios. Así, Schoon (1992) encontró que casi la mitad de los más de 1200 estudiantes de diferentes edades y cursos por él encuestados mantenían esa idea. Pero acaso sorprende saber que de acuerdo con este estudio esa concepción crece con la edad, de manera que entre los estudiantes de secundaria el porcentaje subía casi hasta un 70%. Claro que a la vista de las ideas y porcentajes mantenidos en relación con la duración del movimiento de la Luna en torno a la Tierra, no deberían sorprendernos los datos referidos a la causa de las fases lunares: un 36% de los estudiantes encuestados por Schoon piensan que la Luna orbita la Tierra en un día, y casi un 20% cree que lo hace en un año.

Los resultados de la investigación de Sharp (1996) con niños y niñas de 10 y 11 años aparecen sustancialmente diferentes a los anteriores, sobre todo en los aspectos cuantitativos: es mayoritaria la explicación científica, seguida por la idea de que las nubes oscurecen una parte de la Luna. Y tan sólo aparecen dos casos que lo atribuyen a la sombra de la Tierra. Resulta sorprendente el elevado número de alumnos que, según Sharp, presentan un «constructo» científico de las fases lunares, pues ni siquiera entre el profesorado es tan elevado, como luego veremos. Quizás haya que discutir la validez de ese «constructo» científico que Sharp establece en función de que el alumnado atribuya las fases lunares a un movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, que permanece estática. Porque si la Tierra y el Sol permanecen estáticos, ¿cómo se explica entonces el ciclo día-noche de forma correcta? ¿Y cómo, sin explicar correctamente el ciclo día-noche, puede tenerse un concepto científico de las fases lunares?

Es por eso que estudios posteriores han vuelto a poner de manifiesto los pobres conocimientos en relación con las fases lunares del alumnado de todos los niveles, confirmando que las explicaciones mayoritarias están estrechamente conectadas con la idea de que la Tierra proyecta de continuo su sombra sobre la Luna, eclipsándola parcialmente. Así ocurre en el trabajo de Stahly, Krockover y Shepardson (1999) con alumnos de 8 años de tercer nivel; en el de Dunlop (2000) con niños de 7 y 14 años; en el de Trumper (2001) con alumnos de 13 y 15 años; en el de Barnett y Morran (2002) con niños de quinto grado; o en el de Roald y Mikalsen (2001) con niños sordos de entre 7 y 17 años, trabajo que muestra las pocas diferencias significativas con los niños oyentes, al menos con el grupo de 9 años que sirvió de control.

También aparecen muy confusas las ideas en relación con la causa de las estaciones, como se ponía de manifiesto en el conocido vídeo de la Sociedad Astronómica del Pacífico

(Schneps, 1989), que mostraba cómo la mayoría de graduados de Harvard entrevistados (21 de 23) no eran capaces de explicar satisfactoriamente ni las fases lunares ni la causa de las estaciones, siendo mayoritaria la alternativa que relaciona la lejanía y cercanía del Sol y la Tierra con el porqué de los inviernos y veranos, alternativa que predomina en todas las edades y aparece prácticamente también en todas las investigaciones posteriores, como en el estudio ya citado de Baxter (1989) con niños de 9 y 16 años; Schoon (1992) con alumnos de primaria, secundaria y adultos; Lightman y Sadler (1993) con alumnos de 13 a 15 años; De Manuel (1995) con estudiantes de 12 a 18 años y alumnos de magisterio; Sharp (1996) con niños y niñas de 11 años; Dove (1998) también con alumnos de 11 años; DeLaughter et al. (1998) con alumnado universitario de primer curso; Dunlop (2000) con niños de 7 a 14 años, Roald y Mikalsen (2001) en el ya citado estudio con alumnos sordos y oyentes; Trumper (2001) con niños de 13 a 15 años. Y también será esa la alternativa mayoritaria entre los maestros y estudiantes de magisterio, como luego veremos con más detalle.

## Ideas infantiles sobre el ciclo día-noche

Piaget también estudió cómo abordan los niños la causa y la naturaleza de la noche, en las que aparecían cuatro fases principales de desarrollo. En la primera, la noche se explica de manera puramente artificialista y finalista: sin precisar quien o qué la origina, los niños y las niñas de esta etapa piensan que la noche llega para poder dormir, o que dormimos para que venga la noche. Durante la segunda etapa continúa existiendo una conexión entre la noche y el sueño, pero aparece una explicación semifísica que la explica: la noche aparece *transportada* por la oscuridad o por nubes, generalmente negras. Oscuridad y nubes que no se encargan de tapar la luz solar, sino que ellas mismas son la noche. En la tercera etapa se produce un cambio trascendente para explicar la llegada de la noche: la oscuridad o las nubes no son propiamente la noche, sino que se encargan de tapar el día y la luz solar. Y en la cuarta y última etapa se produce un gran descubrimiento: la noche resulta de la desaparición del Sol, aún cuando no sepan que la Tierra es esférica y que gira sobre su eje.

Los trabajos realizados por Haupt (1948; 1950) y por Yuckemberg (1962) con alumnos de 7 y 8 años de primer grado aportan elementos parecidos a los descritos

por Piaget. En ese sentido, Yuckemberg encontró que los niños aportaban cinco explicaciones divergentes para explicar la situación del Sol al llegar la noche:

- El Sol se cierra y se abre la Luna.
- El Sol y la Luna se mueven, en una especie de juego mágico.
- La Luna mete el Sol en las nubes.
- Cuando oscurece el Sol se va hacia donde viven los cowboys.
- Cuando oscurece el Sol está en la otra parte del mundo.

El estudio de Klein (1982) con 24 estudiantes de segundo grado de una escuela pública de Minnesota, de 7 y 8 años de edad, puede ser considerado como uno de los primeros que intenta averiguar las explicaciones y modelos interpretativos infantiles acerca del sistema Sol-Tierra y del concepto de día y noche dentro del contexto de las ideas alternativas (entonces todavía *misconceptions*, *ideas erróneas* que había que eliminar) de los años ochenta. Entre otros hallazgos, Klein advirtió que prácticamente la mitad de los estudiantes afirmaban que el Sol era más pequeño o del mismo tamaño que la Tierra. Esa misma proporción era la referida al conocimiento de la rotación terrestre. Y en relación con el día y la noche, era mayoritaria la creencia de que el movimiento del Sol (apareciendo y desapareciendo hacia arriba o hacia abajo, moviéndose alrededor de la Tierra) produce los días y las noches. En este último punto las explicaciones infantiles eran las siguientes:

- Por la noche el Sol está en el otro lado de la Tierra. El movimiento terrestre causa los días y noches.
- Por la noche el Sol está al otro lado de la Tierra. El movimiento vertical del Sol hacia arriba y hacia abajo es la causa de los días y las noches.
- Por la noche el Sol está al otro lado de la Tierra. El movimiento del Sol alrededor de la Tierra causa el día y la noche.
- De día está el Sol pero no está la Luna. Día y noche se deben a la rotación de la Tierra.
- Por la noche el Sol está en otro país o en otro planeta. El día y la noche se deben a la rotación de la Tierra.
- No sabe dónde está el Sol por la noche. Se va hacia abajo y sube por el día

Sadler (1987) investigó por su parte las ideas de 25 estudiantes de noveno grado en relación con el ciclo día-noche, estaciones y fases de la Luna. El investigador encontró que para dar cuenta de la aparición y desaparición del Sol los niños utilizaban las mismas explicaciones que las descritas por Klein; y también otras, como que la Luna

o las nubes lo tapan por la noche. En concreto, estas fueron las cinco alternativas infantiles en relación con el ciclo día-noche recogidas por Sadler:

- La Tierra rota sobre su eje.
- El Sol se mueve alrededor de la Tierra.
- La Luna tapa el Sol.
- El Sol se va a otro lugar por la noche.
- Las nubes tapan al Sol por la noche.

También Jones, Lynch y Reesinck (1987) estudiaron las ideas que tenían 32 estudiantes de Tasmania (8 niños y 8 niñas de tercer nivel; 8 niños y 8 niñas de sexto nivel; edades comprendidas entre 9 y 12 años) en relación con la forma, tamaño y movimientos de la Tierra, el Sol y la Luna. Al igual que en los estudios de Klein y Sadler, se ponía de manifiesto la existencia de un conocimiento muy limitado acerca de los conceptos estudiados. Y en relación con el día y la noche, éstas fueron las nociones encontradas por los autores:

- De día el Sol está cerca y nos alumbra. De noche, el Sol se va lejos y la Luna se acerca para alumbrarnos. El alumnado cree que el Sol y la Luna se mueven *milagrosamente*, pero no sabe a qué se debe ese movimiento.
- La Tierra rota sobre su eje, mientras que el Sol y la Luna están estáticos en posiciones enfrentadas, eso hace que de día esté el Sol y de noche la Luna.
- El Sol y/o la Luna rotan diariamente en torno a la Tierra.
- La Tierra y la Luna orbitan en torno al Sol. La Tierra rota sobre sí misma lo que explica el día y la noche.
- La Tierra gira en torno al Sol y la Luna alrededor de la Tierra. El alumnado explica correctamente el ciclo día-noche en función de la rotación terrestre.

En el ya citado estudio de Baxter (1989) se investigaron las nociones que los 100 estudiantes tenían en relación con el ciclo día-noche, con las fases de la Luna y las estaciones, además de la forma de la Tierra y la gravedad que hemos referido con anterioridad. En relación con el ciclo día-noche, Baxter encontró estas seis nociones:

- El Sol se oculta detrás de las montañas.
- Las nubes tapan el Sol.
- La Luna oculta al Sol.

- El Sol se mueve en torno a la Tierra cada día.
- La Tierra se mueve en torno al Sol cada día.
- La Tierra rota sobre su eje cada día.

El estudio de Vosniadou y Brewer (1994) es quizás de los más completos, tanto por la riqueza de las ideas y explicaciones del alumnado como por el intento de comprender cómo esas ideas y explicaciones cambian y evolucionan durante los procesos de construcción del conocimiento. Los autores parten del anteriormente descrito concepto de modelo mental, como estructuras y representaciones mentales dinámicas y evolutivas, condicionadas por presuposiciones, experiencias y creencias, con las que intentamos organizar coherentemente nuestra visión del mundo. Asumen, por tanto, que la construcción de los modelos mentales del ciclo día-noche está orientada y condicionada por presuposiciones ontológicas similares a las que constriñen los modelos mentales de la Tierra (los objetos físicos son sólidos y estables, de manera que caen cuando no tienen soporte, etc.) y por presuposiciones epistemológicas (los fenómenos físicos se explican en términos de causalidad).

De esas presuposiciones iniciales, probablemente comunes a todas las culturas, y de las experiencias y observaciones relacionadas con el día y la noche, ya sean reales (el Sol está por el día y no por la noche) o ya aparentes (la Luna se ve durante toda la noche), se derivaría la creencia, muy común entre los niños y las niñas, de que el día se produce por la aparición del Sol y la desaparición de la Luna y las estrellas, y que la noche resulta de la desaparición del Sol y la aparición de la Luna y las estrellas. Los diferentes modos que los niños y las niñas tengan de entender y justificar la aparición y desaparición de los objetos (aparecen y desaparecen solos; desaparecen cuando algo viene y los tapa; aparecen y desaparecen porque se mueven, etc.) darían lugar a diferentes modelos mentales, que varían en tanto que cambian los mecanismos explicativos de la aparición y desaparición de los astros.

Habría aún otro condicionante de la construcción y la evolución de los diferentes modelos mentales del ciclo día-noche: los modelos mentales de la forma de la Tierra, de tal manera que cuando un niño concibe la Tierra plana no sería capaz de explicar el día y la noche en términos de rotación de la Tierra. Y si su concepción de la Tierra se corresponde con un modelo mental inicial, explicará que el Sol desaparece, que algo lo tapa, o que se mueve, según entienda que el Sol se mueve o no. Y para el caso de una concepción esférica de la Tierra, el día y la noche se explicarán en función de modelos geocéntricos o heliocéntricos, de acuerdo con el concepto, estático o no, que se tenga del Sol.

En base a las explicaciones en relación con la situación del Sol durante la noche, con el ciclo día-noche, con el movimiento de la Luna y de las estrellas, Vosniadou y Brewer creyeron advertir varios modelos mentales del ciclo día-noche, que finalmente reagruparon en tres categorías, que llamaron modelos iniciales, sintéticos y científico. Los trabajos posteriores de Samarapungavan, Vosniadou y Brewer (1996) con niños de la India, y de Diakidoy, Vosniadou y Hawks (1997) con indios americanos confirman, en sus líneas generales, los postulados anteriores en relación con los tres grupos de modelos mentales del ciclo día-noche, si bien los nuevos estudios parecen aportar elementos clarificadores en cuanto a la influencia de los contextos culturales, a la hora de la formación de los modelos iniciales del ciclo día-noche mediante explicaciones animistas y elementos procedentes de la cultura popular.

Así, en el estudio de Samarapungavan, Vosniadou y Brewer surge la idea de que la Luna y el Sol aparecen y desaparecen por el océano, debajo de la Tierra. Explicación que sustituiría a la de los estudiantes americanos (y a otros, como los londinenses del trabajo de Baxter por ejemplo), que hacían desaparecer y aparecer al Sol y la Luna detrás de las montañas. Ello se derivaría del contexto cultural y geográfico en que unos y otros se mueven: los niños americanos viven lejos, física y culturalmente, del mar, en tanto que ocurre lo contrario con los niños indios (al igual que ocurría con los griegos en el trabajo de Vosniadou y Brewer, 1990).

Conviene resaltar dos hechos en esta investigación de Samarapungavan, Vosniadou y Brewer que contrastan, aunque los autores no lo hayan clarificado ni le hayan prestado atención, con la investigación de Vosniadou y Brewer. Primero, en la investigación de Samarapungavan casi todos los estudiantes asocian la Luna con la noche. Segundo, y en buena medida como consecuencia de lo anterior, ningún estudiante parece aceptar que la Luna pueda verse de día, ni siquiera los que mantienen los modelos más cercanos al científico.

Esta asociación persistente de la Luna con la noche de los niños indios no supone una diferencia con los niños americanos. En realidad se trata probablemente de una deficiencia en el cuestionario utilizado por Vosniadou y Brewer en 1990, 1992 y 1994, en la medida en que no había ninguna pregunta explícita, que intentara averiguar qué pensaban los niños del lugar, sobre la posibilidad de que se encuentre la Luna por el día y por la noche, deficiencia que fue suplida en el cuestionario utilizado por Samarapungavan, Vosniadou y Brewer en 1996.

También se suple esa deficiencia en el estudio de Diakidoy, Vosniadou y Hawks (1997), puesto que preguntan de manera clara dónde está el Sol por el día y por la noche y dónde está la Luna también por el día y por la noche, al tiempo que solicitan

explicaciones de cómo ocurren ambas cosas. Por eso, también entre los 26 niños de Lakota/Dakota, aparece una persistente asociación entre la noche y la Luna, a excepción de los cinco que mantienen un *modelo rotacional avanzado*. Los autores no lo clarifican suficientemente, pues no proporcionan las respuestas a las preguntas, pero parece claro que deben ser escasos, incluyendo a los cinco que tienen un modelo rotacional avanzado, los que saben que la Luna puede verse de día.

Diakidoy, Vosniadou y Hawks determinaron la existencia de cinco modelos mentales entre los niños de su estudio: rotacional terrestre avanzado, sintético rotacional terrestre, revolución del Sol y la Luna, mecanicista con el Sol y la Luna subiendo y bajando, y cultural animista. El modelo rotacional avanzado se caracteriza por entender que la Tierra rota en torno a su eje y se traslada alrededor del Sol y por atribuir la causa del ciclo día-noche al movimiento de rotación terrestre. El modelo sintético rotacional es el mantenido por aquellos niños que piensan que la Tierra rota en torno a su eje y que el Sol y la Luna están estáticos en posiciones opuestas. Es de día en la parte de la Tierra iluminada por el Sol. Y cuando esa parte de la Tierra se mueve hacia la zona de la Luna es de noche. La Luna está causalmente implicada en el ciclo día-noche, y produce la noche. El modelo de revolución se caracteriza por mantener a la Tierra estática en tanto que la Luna y el Sol, en posiciones opuestas, dan vueltas a la Tierra cada día, mientras que en el modelo mecanicista el Sol y la Luna suben y bajan alternativamente para explicar el día y la noche. En el modelo cultural animista se atribuyen movimientos al Sol y a la Luna mientras la Tierra permanece estática, pero esos movimientos se justifican en términos de intencionalidad o en base a las explicaciones mitológicas de su tribu: el Sol y la Luna se persiguen y cambian de sitio; están peleados y separados. También aparecen modelos mixtos e indeterminados.

Entre los niños de Lakota no aparece la explicación del ciclo día-noche que atribuye la desaparición del Sol a su ocultamiento por parte de las nubes, las montañas o la oscuridad, explicación que está presente en casi todos los estudios anteriores. Los autores no establecen ninguna conclusión sobre este aspecto, argumentando lo pequeño de la muestra, pero sí destacan el alto porcentaje (23%) de niños indios americanos que mantienen el modelo cultural-animista, que no aparecía en la investigación de Vosniadou y Brewer (1994). Para los autores, ello se derivaría de la importancia de la mediación cultural en la formación de los modelos mentales del ciclo día-noche, en la medida en que el animismo y el artificialismo son elementos de la mitología de las tribus indias.

Sin embargo, la investigación realizada por Marilyn Fleer (1997) con 15 niños australianos aborígenes de entre 4 y 8 años no parece confirmar la hipótesis de que esos niños mantengan un modelo animista y artificialista del ciclo día-noche influenciado

por su contexto cultural, y por tanto sustancialmente diferente a los niños no aborígenes. No obstante, debemos señalar que el trabajo de Fleer es muy limitado, tanto por la poca variedad de preguntas utilizadas como por la escasa categorización de las respuestas.

Con metodología parecida a la de Vosniadou y Brewer, aunque adaptada a edades más tempranas, Vega (2002) estudió las ideas de un grupo de niños y niñas de Educación Infantil de cinco años, confirmando que los niños y las niñas de Educación Infantil de Tenerife mantienen diversos y diferentes modelos iniciales del ciclo día-noche:

- **Modelo Mental Interruptor:** se piensa que Sol y Luna son el mismo astro sin movimiento. Por la noche el Sol se apaga y se convierte en Luna. Por el día la Luna *se enciende* y se convierte de nuevo en Sol.
- **Pantalla:** la llegada del día y de la noche se explican por la aparición y desaparición del Sol y la Luna, hecho causado y condicionado por el movimiento de nubes, que, a modo de toldo o pantalla, vienen a tapar alternativamente a ambos astros. Lo que caracteriza a esta explicación es el movimiento de las nubes, encargadas de hacer que el Sol y la Luna desaparezcan y dejen de verse. Una variante es el modelo de pantalla y arrastre: las nubes no sólo se encargan de tapar a los astros sino que también son capaces de arrastrarlos en su movimiento. Por la noche, las nubes llegan para ocultar al Sol y lo arrastran con ellas. De día ocurre un proceso inverso: las nubes regresan transportando al Sol y van a tapar y ocultar a la Luna.
- **Fuga:** Los niños que mantienen este modelo mental creen que el Sol y la Luna desaparecen alternativamente desplazándose hacia un lugar indeterminado del cielo. De día se va la Luna y viene el Sol. Por la noche ocurre lo contrario.
- **Eclipse:** uno de los dos astros está inmóvil, en tanto que el otro se desplaza y lo oculta. Hay dos variantes. En la primera el Sol se desplaza por la noche hacia un lugar indeterminado del cielo, y a partir de ese momento deja a la Luna al descubierto. Por el día el Sol regresa de nuevo para ponerse delante de la Luna. En el otro caso la Luna aparece tapada por una nube durante el día, pero al llegar la noche la Luna se desplaza y tapa al Sol. Por el día regresa de nuevo a «su nube». El modelo tiene alguna similitud con el que hemos llamado «interruptor», pero con una diferencia: el eclipsamiento se deriva del movimiento de un astro.
- **Ocultamiento en las nubes.** Para los alumnos que mantienen este modelo mental, tanto el Sol como la Luna tienen movimiento. De día la Luna se mueve para ocultarse tras las nubes al tiempo que el Sol, que permanece detrás de ellas por

la noche, se desplaza y se hace visible. De noche ocurre lo contrario: la Luna *regresa* y el Sol va a ocultarse a las nubes.

- Ocultamiento en las montañas. La Luna y el Sol se mueven para aparecer y desaparecer alternativamente, ocultándose o durmiendo detrás de las montañas. De noche se va el Sol para las montañas y viene la Luna. Por el día ocurre al revés.
- Traslación. De día el Sol aparece por el horizonte, al tiempo que la Luna desaparece también por el horizonte. Por la noche reaparece la Luna y desaparece el Sol. No siempre se afirma explícitamente que el Sol y la Luna se trasladan en torno a la Tierra, pero esa es la idea que se desprende de las manifestaciones infantiles. Es el modelo más evolucionado de los niños y niñas de Educación Infantil, porque ningún niño del grupo estudiado en Tenerife atribuye el ciclo día-noche a la rotación de la Tierra, como parecen decir algunos niños de esa misma edad estudiados por Valanides et al. (2000).

## Las ideas alternativas del profesorado

Las ideas alternativas en relación con todos los conceptos aquí reseñados no son patrimonio exclusivo de los niños y de las niñas: también están presentes en las mentes de las personas adultas, como en su día mostró, entre otros, Schoon (1992). Y también forman parte, naturalmente, del conocimiento cotidiano de los estudiantes universitarios y del profesorado en ejercicio. Es por eso que, como algún autor ha señalado, muchas concepciones erróneas se originan en las clases, porque el profesorado tiene ideas similares a las que en el futuro tendrán los estudiantes.

La investigación de Jones (1988) daba cuenta de las ideas que algunos estudiantes de magisterio de Tasmania tenían en relación con las nociones del ciclo día-noche, fases lunares y causa de las estaciones, igual que hacían Dai y Capie (1990) en Taiwan, Ojala (1992) en Escandinavia, Skam (1994) en Australia, Camino (1995) en Argentina, Atwood y Atwood (1995; 1996; 1997), Schoon (1995; Schoon y Boone, 1998), Trundle et al. (2002), Ashcraft y Courson (2003) con estudiantes de magisterio americanos, Parker y Heywood (1998) con maestros ingleses, o Navarrete (1998, 2003) y Vega (2001, 2002) con estudiantes y maestros españoles.

En relación con el ciclo día-noche, algunas ideas alternativas son muy parecidas a las que sostienen los alumnos de menor edad, como expresamente mostraba Schoon

(1995) con los 122 estudiantes de magisterio de las universidades de Indiana participantes en su investigación: la proporción de estudiantes de magisterio que sostienen que el ciclo día-noche deriva del movimiento de la Tierra alrededor del Sol es casi tan alta como la del alumnado de quinto (18% maestros; 19.6% alumnado de quinto); tampoco existen diferencias significativas en el porcentaje que asegura que se deriva de la rotación de la Tierra (77% maestros; 67 % alumnado de quinto).

Los maestros argentinos de la investigación de Camino (1995) presentaban estas cuatro alternativas al modelo científico: 1) La Tierra rota sobre su eje sin trasladarse, ubicada en el centro de la Luna y Sol, diametralmente opuestos, y no rotan ni se trasladan. 2) La Tierra está en reposo, ubicada entre el Sol y la Luna, diametralmente opuestos, los que orbitan en torno a ella en 24 horas, por lo que de día se ve al Sol y de noche a la Luna. 3) La Tierra, que no gira sobre su eje, orbita al Sol en 24 horas. 4) Explicaciones vagas indicando que el Sol es tapado por la sombra de la Luna sobre la Tierra o que la Luna tapa al Sol.

Esquemas no muy diferentes encontró Vega (2001) en una muestra de 96 maestros en ejercicio de Tenerife. Mientras que algo más de la mitad del profesorado (53 de los 96) tenía una representación científica del ciclo día-noche, había 28 profesores que mantenían una representación rotacional. Es decir, atribuyen el ciclo día-noche a la rotación terrestre, pero están convencidos de que el día tiene que ver con la presencia del Sol y la noche con la de la Luna, que aparecen en el cielo alternativamente porque permanecen estáticos en uno y otro lado de la Tierra. Cinco profesores explican el ciclo día-noche por la revolución diaria del Sol y la Luna en torno a la Tierra: el Sol sale por un lado y se pone por el otro, y después le toca el turno a la Luna. Cuando el Sol nos ilumina es de día; la noche es el tiempo que la luz, más escasa, proviene de la Luna. Dos de esos cinco profesores agrupados en este *modelo de revolución* tienen una doble explicación: *saben y explican* a sus alumnos que día y noche están relacionados con la rotación de la Tierra, pero *saben* también que son el Sol y la Luna los que se mueven alrededor de la Tierra.

Un profesor señala que el día y la noche se derivan de la aparición y desaparición alternativa del Sol y de la Luna detrás de las montañas, puesto que considera que la Tierra es plana, concepción muy frecuente entre los niños, como hemos visto anteriormente, pero que no se había encontrado en estudios realizados con maestros. Tres profesores mantienen una representación de ocultamiento y eclipse parecida a las explicaciones recogidas por Camino, si bien en el trabajo de Vega los profesores realizan dibujos: la noche se produce porque la Luna viene y tapa al Sol, en tanto que por el día la Luna sufre un desplazamiento que permite que el

Sol aparezca de nuevo, como explicaban los niños de los trabajos anteriormente reseñados.

Las explicaciones en relación con las fases de la Luna aparecen igual de confusas, como mostró Cohen (1982) en un estudio con 50 estudiantes de magisterio y maestros en ejercicio americanos, y como luego señalaron otros trabajos (Jones, 1988; Dai y Capie, 1990; Mant y Summers, 1993; Callison y Wright, 1993; Skam, 1994; Schoon, 1995; Camino, 1995; Schoon y Boone, 1998; Parker y Heywood, 1998; Martínez-Peña y Gil-Quílez, 2001; Abell, Martini y George, 2001; Trundle, Atwood y Christopher, 2002). Los diferentes estudios muestran que sólo una pequeña parte del profesorado es capaz de explicar satisfactoriamente las fases lunares (12% Cohen; 3% Jones; 10% Mant y Summers; 8% Camino; 10% y 18% Parker y Heywood) y que las principales ideas alternativas son semejantes a las mantenidas por los niños, es decir que algo se interpone en el camino de la Luna, oscureciéndola parcialmente, considerando generalmente a la Tierra como objeto que se interpone (60% Mant y Summers; 62% Schoon; 67% Schoon y Boone; 60% Skam).

No menor es la confusión del profesorado a la hora de explicar la causa de las estaciones y la diferente insolación según las regiones terrestres, como se hacía evidente en la investigación de Ojala (1992) con 87 estudiantes de magisterio escandinavos y en las ya citadas de Mant y Summers (1993), Schoon (1995) y Camino (1995), así como los más recientes de Atwood y Atwood (1996), Dickinson, Flick y Lederman (1998), DeLaughter et al. (1998), Parker y Heywood (1998), Schoon y Boone (1998), Navarrete (1998; 2003), Vega (2002), Trundle et al. (2002), Ashcraft y Courson (2003). En casi todos los casos las ideas alternativas tienen que ver con la mayor o menor distancia de la Tierra y el Sol.

Así, 11 de los 20 maestros entrevistados por Mant y Summers explicaban los cambios estacionales en función de la distancia de la Tierra al Sol; 38 de los 49 maestros entrevistados por Atwood no son capaces de explicar correctamente el fenómeno, y 18 señalan expresamente que los cambios estacionales derivan principalmente de la distancia al Sol; de acuerdo con Schoon, el 82,8% de los maestros de Indiana sostienen que el verano es más caluroso porque la Tierra está más cerca del Sol (porcentaje que es bastante más alto que el del alumnado de quinto, 77,6%); y el 78% de los maestros americanos entrevistados por Schoon y Boone creen que el verano tiene lugar cuando la Tierra está más cerca del Sol. Otros datos parecen mejores: En el estudio de DeLaughter solamente la cuarta parte de los 149 estudiantes de magisterio americanos entrevistados atribuye a la distancia los cambios estacionales; sólo el 37% de los sujetos del estudio de Atwood y Atwood (1996) atribuyen los cambios a la distancia.

## Implicaciones para las actividades de enseñanza-aprendizaje

Cuando Nussbaum y Novack realizaron su estudio inicial en relación con los conceptos infantiles acerca de la Tierra como cuerpo cósmico, no encontraron diferencias significativas sobre la base de las lecciones previas recibidas. Sin embargo, la investigación realizada con los niños de Israel (Nussbaum, 1979) parecía apuntar que sí podían verse influidos a largo plazo por una enseñanza realmente efectiva. Ésto le llevó a planificar unos años después una lección de enseñanza personalizada con alumnos de segundo grado, también de Israel. Los resultados (Nussbaum y Sharoni-Dagan, 1983) parecen indicar que un tratamiento didáctico, explícito y directo, de los conceptos clave relacionados con la Tierra puede ser efectivo para el cambio conceptual, incluso con niños pequeños.

Esa esperanzada propuesta era en buena medida compartida por Sneider y colaboradores en 1983 y 1986. Sneider y Ohadi (1998), retomando aquellos estudios, analizaron las ideas de 539 estudiantes de cuarto a octavo (entre 9 y 14 años) pertenecientes a 18 clases de diez ciudades diferentes de los EE.UU., para evaluar la mejora de los conceptos relacionados con la forma de la Tierra y con la gravedad después de trabajar en sus respectivas aulas la unidad didáctica *Earth, Moon, Stars* diseñada por Sneider. Los resultados presentados por los autores parecen mostrar que las ideas acerca de la forma de la Tierra y de la gravedad pueden ser cambiadas mediante técnicas de instrucción de tipo constructivista.

En ese sentido, los investigadores quedaron sorprendidos al comprobar que después de la instrucción el porcentaje de alumnos de cuarto y quinto que daban respuestas correctas superaba al porcentaje del alumnado de séptimo y octavo, que también habían sido instruidos en los mismos conceptos. Sin poder explicar tales avances, los autores especulan que el alumnado de menor edad está en un período evolutivo más apropiado para desarrollar y cambiar sus ideas alternativas que el alumnado de más edad, debido seguramente a que esas ideas llevan más tiempo incorporadas en sus esquemas mentales. Otra posibilidad apuntada por Sneider y Ohadi es que el profesorado de los niños más jóvenes pudiera estar mejor capacitado para llevar a cabo la unidad didáctica diseñada y que favorecieran una mayor flexibilidad mental en el alumnado.

Vosniadou y Brewer (1994; Vosniadou y Ioannides, 1998) señalaron que el progreso desde los modelos iniciales hacia el modelo científico no derivaría tanto en un tratamiento educativo y didáctico explícito de la forma que tiene la Tierra, de las nociones de gravedad o del día y la noche, sino que se trataría más bien de un proceso gradual, lento y necesario, que pasaría por los estadios intermedios de los modelos sintéticos,

con los cuales los estudiantes reconcilian sus creencias y presuposiciones acerca de la Tierra plana y la necesidad de un sostén para los objetos con la nueva información recibida en relación con la forma esférica de la Tierra.

Por eso los autores plantean que lo que realmente debe trabajarse a nivel escolar, en términos de cambio conceptual, son las principales creencias y presuposiciones que están en la base de los modelos mentales sintéticos y que condicionan su formación. Y sin olvidar, por otra parte, que los modelos mentales también están supeditados a las ideas y creencias tomadas de los contextos socioculturales, como sostiene Vosniadou (1995) después de comparar las explicaciones y modelos expresados por niños de los EEUU, de Grecia, de la India y de Samoa.

Los trabajos de Osborne et al. (1994) y de Sharp (1996), como hemos señalado, pusieron de manifiesto la importancia de la introducción de la astronomía en el currículo. Otros autores señalaron la importancia de las visitas y actividades realizadas en planetarios, como Frazee (1984) y Dunlop (2000). Otros estudiaron las posibilidades de mejorar las ideas del alumnado con diferentes estrategias. Así, Callison y Wright (1993), Parker y Heywood (1998) y Stahly et al. (1999) dieron cuenta de la importancia y limitaciones de los modelos físicos y tridimensionales; Kanssagalo (1994) mostró la importancia de actividades de simulación en el ordenador; Marshall (1996) evaluó las posibilidades del vídeo para explicar las fases de la Luna. Tanto Foster (1996) como Brandou (1997), Rillero, Gonzalez y Moy (2000) y Vega (2002) propusieron actividades de observación directa, solicitando la participación familiar. Por su parte, García, Mondelo y Martínez (1995), Stahly, Krockover y Shepardson (1999), Williams-Norton (1999), Barnett y Morran (2002), Vega (2002), Navarrete (2003) intentaron mostrar que los cambios conceptuales pueden tener lugar mediante distintas propuestas y estrategias de tipo constructivista realizadas en las aulas.

## **A modo de conclusión: dificultades y cuestiones pendientes de estudio**

Si bien los resultados de estos últimos trabajos son esperanzadores en cuanto a las posibilidades de una intervención educativa eficaz, debe tenerse en cuenta que también Kikas (1998) había obtenido buenos resultados en Estonia con 20 niños de parecidas edades (entre 10 y 11 años), que se mantenían dos meses después de las actividades y

las explicaciones y, sin embargo, al cabo de cuatro años, mantenían de nuevo ideas y explicaciones inadecuadas, como si nunca hubieran entendido y asimilado lo que se les había enseñado. Por eso pudieron decir Finegold y Pundak (1991), después de estudiar las ideas de casi 900 estudiantes de siete escuelas diferentes, que las escuelas parecen contribuir poco al conocimiento astronómico de sus alumnos.

En ese sentido, acaso, es hora y conveniente que las investigaciones se centren más en la formación científica y didáctica del profesorado con el fin de mejorar la comprensión de los maestros. La tarea parece asequible a corto plazo, si hemos de hacer caso de las propuestas de Callison y Wright (1993), Camino (1995), Atwood y Atwood (1996, 1997), Parker y Heywood (1998), Navarrete (1998, 2003), Trundle, Atwood y Christopher (2002), Ashcraft y Courson (2003).

Algunos autores han observado que ciertos errores pueden derivar de engañosas representaciones mentales causadas por las ilustraciones de los libros (Vosniadou, 1991; Ojala, 1992), pero existen pocos estudios dedicados a analizar tales errores y las implicaciones que se derivan para la enseñanza. Porque lo cierto es que en los libros y textos escolares existen grandes lagunas, errores e incoherencias a la hora de desarrollar conceptos tan cotidianos como el día, la noche, la rotación y la traslación terrestres (Vega, 1996, 2003; Lukas y Cohen, 1999; Martínez-Peña y Gil-Quílez, 2001; Vega y Marrero, 2002). Muchas de las ideas alternativas del profesorado parecen derivar precisamente de las limitaciones de los libros de texto, que condicionan sus puntos de vista desde la época de estudiantes, contribuyendo a reforzar las creencias y causalidades erróneas. Eso vendría a explicar por qué las equivocaciones y omisiones de los libros de texto se reproducen y se mantienen de manera persistente, sin que el profesorado las advierta. Una revisión de los contenidos de los libros de texto parece ineludible y urgente.

## Referencias bibliográficas

- ABELL, S.; MARTINI, M.; GEORGE, M. (2001): «“That’s What Scientists Have To Do”»: Preservice Elementary Teachers’ Conceptions of the Nature of Science During a Moon Investigation», en *International Journal of Science Education*, 23 (11), p. p. 1095.
- ALBANESE, A.; DAHONI NEVES, M. C.; 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», en *Science and Education*, 6, pp. 573.

- ASHCRAFT, P.; COURSON, S. (2003): «Effects of an Inquiry-Based Intervention to Modify Pre-Service Teachers' Understanding of Seasons, Annual Meeting of the National Association for Research», en *Science Teaching*, March, Philadelphia, PA.
- ATWOOD, V. A.; ATWOOD, R. K. (1995): «Preservice Elementary Teachers' Conceptions of What Causes Night and Day», en *School Science and Mathematics*, 95, pp. 290-294.
- ATWOOD, R. K.; ATWOOD, V. A. (1996): «Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Causes of Seasons», en *Journal of Research in Science Teaching*, 33, pp. 553-563.
- ATWOOD, R. K.; ATWOOD, V. A. (1997): «Effects of Instruction on Preservice Elementary Teacher's Conceptions of the Causes of Night and Day and the Seasons», en *Journal of Science Teacher Education*, 8 (1), pp. 1-13.
- BARNETT, M.; MORRAN, J. (2002): «Addressing Children's Alternative Frameworks of the Moon's Phases and Eclipses», en *International Journal of Science Education*, 24(8), pp. 859.
- BAXTER, J. (1989): «Children's understanding of familiar astronomical events», en *International Journal of Science Education*, 11, pp. 502-513.
- BRANDOU, B. (1997): «Backyard Astronomy: Observing Moon Phases», en *Science and Children*; 34 (8), pp. 18-21.
- CALLISON, P. L.; WRIGHT, E. L. (1993): «The Effect of Teaching Strategies Using Models on Preservice Elementary Teachers' Conceptions About Earth-Sun-Moon Relationships», en *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Atlanta.
- 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», en *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), pp. 81-96.
- COHEN, M. (1982): «How can sunlight hit the Moon in we are in the dark?: Teacher's concepts of phases of the Moon», *Annual conference on educational research*. Bloomington, Indiana.
- DAI, M. E.; CAPIE, W. (1990): «Misconceptions about the Moon held by preservice teachers», en *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Atlanta.
- DE MANUEL, J. (1995): «¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra», en *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), pp. 227-236.
- DELAUGHTER, J. E.; STEIN, S.; STEIN, C. A.; BAIN, K. R. (1998): «Preconceptions Abound Among Students in an Introductory Earth Science Course», en *EOS Transactions*, 79, p. 429.

- DIAKIDOY, I.A.; VOSNIADOU, S.; HAWKS, J.D. (1997): «Conceptual change in astronomy: models of the Earth and the day/night cycle in american-Indian children», en *European Journal of Psychology of Education*, 12 (2), pp. 159-184.
- DICKINSON, V.; FLICK, L.; LEDERMAN, N. (1998): «Student and teacher conceptions about astronomy: influences on changes in their ideas», *Annual international conference of the Association for the Education and Teachers in Science*. Minneapolis.
- DOVE, J. (1998): «Alternative conceptions about the weather», en *The School Science Review*, 79, pp. 65.
- DUNLOP, J. (2000): «How Children Observe the Universe», *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17, pp. 194-206. [http:// atnf.csiro.au/pasa/17\\_2/](http://atnf.csiro.au/pasa/17_2/)
- FINEGOLD, M.; PUNDAK, D. (1991): «A study of change in student's conceptual frameworks in astronomy», en *Studies in Educational Evaluation*, 17, (1), pp. 151-166.
- FLEER, M. (1997): «A cross-cultural study of rural australian aboriginal children's understandings of night and day», en *Research in Science Education*, 27, (1), pp. 101-116.
- FOSTER, G.W. (1996): «Look to the Moon», en *Science and Children*; 34, (3,) pp. 30-33.
- FRAZEE, B. (1984): «Children's understandig of night and day», en *Meeting of the National Council of the Social Studies*. Washintog D.C.
- GARCÍA, S.; MONDELO, M.; MARTÍNEZ, C. (1995): «¿Qué vemos en el cielo? Una introducción a la enseñanza de la astronomía», en. Suplemento nº 44 de *Aula*, 44.
- HAUPT, G.W. (1948): «First grade concepts of the Moon, Part I», en *Science Education*, 32, pp. 258-262.
- (1950): «First grade concepts of the Moon, Part II», e. En *Science Education*, 34, pp. 224-234.
- JONES, B. (1988): «Primary teacher student's explanations of the day and night, the seasons and crescent Moon», en *Conference of the New Zealand Association for Research in Education*. Massey University.
- JONES, B. L.; LYNCH, P.; REESINK, C. (1987): «Children's conceptions of the Earth, Sun and Moon», en *International Journal of Science Education*, 9, (1), pp. 43-53.
- KANSSAGALO, M. (1994): «Children's independent exploration of a natural phenomenon by using a pictorial computer simulation», en *Journal of Computing in Cbildhood Education*, 5, pp. 285-297.
- KIKAS, E. (1998): «The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena», en *Learning and Instruction*, 8, (5), pp. 439-454.
- KLEIN, C.A. (1982): «Children's concepts of the Earth and Sun: a cross cultural study», en *Science Education*, 65, pp. 95-107.

- LANCIANO, N. (1989): «Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico», en *Enseñanza de las Ciencias* 7, (2), pp. 173-182
- LIGHTMAN, A.; SADLER, P. (1993): «Teacher predictions versus actual student gains», en *The Physics Teacher*, 31, pp. 162-167.
- LUKAS, K. B.; COHEN, M. R., (1999): «The changing seasons: teaching for understanding», en *Australian Science Teacher's Journal*, 45, (4), pp. 9-17.
- MALI, G. B.; HOWE, A. (1979): «Development of Earth and gravity concepts among nepali children», en *Science Education*, 63, pp. 685-691
- MANT, J.; SUMMERS, M. (1993): «Some primary-school teacher's understanding of the Earth place in the universe», en *Research Papers in Education*, 8, (1), pp. 101-129
- MARSHALL, L. A. (1996): «Bringing the Moon into the classroom», en *Physics Teacher*, 34, (6), pp. 360-61.
- MARTÍNEZ-PEÑA, B.; GIL-QUÍLEZ, M. J. (2001): «The importance of images in astronomy education», en *International Journal of Science Education*, 23, (11), pp. 1125-1135.
- NAVARRETE, A. (1998): «Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos del sistema Sol/Tierra/Luna en el contexto de formación de maestros», en *Investigación en la Escuela*, 34.
- (2003): *Obstáculos y dificultades en la evolución de las estructuras coceptuales y epistemológicas de los futuros maestros: un estudio de casos sobre el fenómeno de las estaciones*. Tesis doctoral, Universidad de Cádiz.
- NOBES, G.; MOORE, D.; MARTIN, A.; CLIFFORD, B.; BUTTERWORTH, G.; PANAGIOTAKI, G.; SIEGAL, M. (2003): «Children's understanding of the earth in a multicultural community: Mental models or fragments of knowledge?», en *Developmental Science*, 6, (1), pp. 74-87.
- NUSSBAUM, J. (1979): «Childrens conceptions of the Earth as a cosmic body: a cross-age study», en *Science Education*, 63, pp. 83-93.
- NUSSBAUM, J.; NOVAK, J. D. (1976): «An assessment of childrens concepts of the Earth utilizing structural interwiews», en *Science Education*, 60, pp. 535-550
- NUSSBAUM, J.; SHARONI-DAGAN, N. (1983): «Changes in second grade children's conceptions about the Earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons», en *Science Edcation*, 67, ( 1), pp. 99-114
- OJALA, J. (1992): «The third planet», en *International Journal of Science Education*, 14, (2), pp. 191-200
- OSBORNE, J.; BLACK, P. J.; WADSWORTH, P.; MEADOWS, J. (1994): *Space research report: the Earth in space*. Liverpool, Liverpool University Press.
- PANAGIOTAKI, G. (2001): «Children's ideas of the Earth: A methodological comparison», en *9th European EARLI Conference*, Fribourg, Switzerland.

- PARKER, J.; HEYWOOD, D. (1998): «The Earth and beyond: developing primary teacher's understanding of basic astronomical events», en *International Journal of Science Education*, 20, (5), pp. 503-520.
- RILLERO, P.; GONZALEZ-JENSEN, M.; MOY, T. (2000): «Moon Watch: A Parental-Involvement Homework Activity», en *Science Activities*, 36, (4), pp. 11-15.
- ROALD, I.; MIKALSEN, O. (2000): «What are the Earth and the Heavenly Bodies Like? A Study of Objectual Conceptions Among Norwegian Deaf and Hearing Pupils», en *International Journal of Science Education*, 22, (4), pp. 337.
- (2001): «Configuration and dynamics of the Earth-Sun-Moon: an investigation into conceptions of deaf and learning pupils», en *International Journal of Science Education*, 23, (4), pp. 423-440
- SADLER, P. M. (1987): «Misconceptions in astronomy», en NOVAK (ed.), *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> international seminar on misconceptions and educational strategies in science and maths*, vol 3, pp. 422-425, Ithaca, Cornell University Press.
- SAMARAPUNGAN, A.; VOSNIADOU, S.; BREWER, W. F. (1996): «Mental models of the Earth, Sun and Moon: Indian children's cosmologies», en *Cognitive Development*, 11, pp. 491-521
- SCHNEPS, M. P. (1989): *A Private Universe* (Video). San Francisco, Astronomical Society of the Pacific.
- SCHOON, K. J. (1992): «Students alternative conceptions of Earth and space», en *Journal of Geological Education*, 40, pp. 209-214.
- (1995): «The origin and extent of alternative conceptions in the Earth and space sciences: a survey of pre-service elementary teachers», en *Journal of Elementary Sciences Education*, 7, (2), pp. 27-46.
- SCHOON, K. J.; BOONE, W. J. (1998): «Self-Efficacy and Alternative Conceptions of Science of Preservice Elementary Teachers», en *Science Education*, 82, (5), pp. 553-568.
- SCHOULTZ, J.; SÄLJÖ, R.; WYNDHAMN, J. (2001): «Heavenly talk: Discourse, artifacts and children's understanding of elementary astronomy», en *Human Development*, 44, pp. 103-118.
- SHARP, J. G. (1996): «Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England», en *International Journal of Science Education*, 18, (6), pp. 685-712.
- SKAM, K. (1994): «Determining misconceptions about astronomy», en *Australian Science Teachers Journal*, 40, (3), pp. 63-67 (1994).
- SNEIDER, C.; PULOS, S. (1983): «Children's cosmographies: understanding the Earth's shape and gravity», en *Science Education*, 67, pp. 205-221.

- SNEIDER, C. I.; OHADI, M. M. (1998): «Unraveling Student's Misconceptions about the Earth shape and gravity», en *Science Education*, 82, (2), pp. 265-284.
- STAHLY, L.; KROCKOVER, G.; SHEPARDSON, D. (1999): «Third grade student's ideas about the lunar phases», en *Journal of Research in Science Teaching*, 36, pp. 159-177.
- TRUMPER, R. (2001): «A Cross-Age Study of Junior High School Student's' Conceptions of Basic Astronomy Concepts», en *International Journal of Science Education*, 23, (11), pp. 1111-1123.
- TRUNDLE, K. C.; ATWOOD, R. K.; CHRISTOPHER, J. E. (2002): «Preservice Elementary Teacher's' Conceptions of Moon Phases Before and After Instruction», en *Journal of Research in Science Teaching*, 39, (7), p. 633.
- VALANIDES, N.; GRITSI, F.; KAMPEZA, M.; RAVANIS, K. (2000): «Changing Pre-School Children's Conceptions of the Day/Night Cycle», en *International Journal of Early Years Education*, 8, pp. 27-39.
- VEGA, A. (1996): «Ideas Precopernicanas en nuestros libros de texto», en *Revista de Educación*, 311, pp. 339-354.
- (2001): «Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado acerca del día y la noche», en *Enseñanza de las Ciencias*, 19, pp. 31-44.
- (2002): *Sol y Luna, una pareja precopernicana. Estudio del día y la noche en Educación Infantil*. (CD Rom), Tesis doctoral, Universidad de La Laguna.
- (2003): «El día y la noche en los cuentos», en *Currículum*, 16, pp. 61-73.
- VEGA, A.; MARRERO, J. (2002): «El hechizo de la elipse», en *Relación Secundaria-Universidad. Encuentros de didáctica de las ciencias*, v. 2, pp. 624-632. La Laguna, Universidad.
- VOSNIADOU, S. (1991): «Designing curricula for conceptual restructuring: lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy», en *Journal of curriculum studies*, 23, (3), pp. 219-237.
- (1995): «Universal and culture-specific properties of children's mental models of the Earth», en HIRSCHFELD & GELMAN (eds.), *Domain specificity in Cognition and Culture*, Cambridge, Cambridge University Press.
- VOSNIADOU, S.; BREWER, W. F. (1990): *A cross-cultural investigation of children's conception about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American data*. Technical Report 497. Urbana Champaign, University of Illinois.
- (1992): «Mentals models of the Earth: a study of conceptual change in childhood», en *Cognitive Psychology*, 24, pp. 535-585
- (1994): «Mentals models of the day/night cycle», en *Cognitive Science*, 18, pp. 123-283.

- VOSNIADOU, S.; IOANNIDES, C. (1998): «From conceptual development to science education: A psychological point of view», en *International Journal of Science Education*, 20, pp. 1213-1230.
- Williams-Norton, M. (1999): «An umbrella for all seasons», en *Primary Science Review*, 57, pp. 8-9.
- Yuckemberg, A. (1962): «Children's understanding of certain concepts of astronomy in the first grade», en *Science Education*, 46, pp. 148-150.