

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DEL MODELO SOL-TIERRA. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

*Difficulties in the construction of the Sun-Earth model.
Some implications in its scientific instruction*

Jordi de Manuel(1) y Antònia M. Montero (2)

RESUMEN

El presente trabajo trata de analizar algunas de las dificultades más frecuentes con las que se encuentra el alumnado para adquirir una representación adecuada del sistema Sol-Tierra y de los fenómenos que se derivan de la comprensión del modelo (sucesión de las estaciones, diferente duración de los días y las noches, etc). El artículo realiza una breve revisión de las investigaciones realizadas sobre las ideas previas sobre dicho modelo, analizando su origen y las implicaciones en la ciencia escolar. Por último, se proponen algunas estrategias didácticas que facilitan la la reestructuración de las ideas y el cambio conceptual.

ABSTRACT

This work tries to analyse frequent difficulties in the construction of the conceptual system which constitute the Sun-Earth model, as well as phenomena associated with it (season succession, days and nights endurance, etc). The paper is also a review of some investigations about misconceptions on the model, analysing its possible origin and the implications in scientific instruction. Finally, some instruction strategies which facilitate the conceptual change of misconceptions are given.

Palabras clave: Astronomía, ideas previas, concepciones, estaciones anuales, días y noches

Keywords: astronomy, misconceptions, season succession, days and nights

La Tierra está mirando al Sol en verano, y está de espaldas al Sol en invierno (chico de 12 años).

La Tierra va dando vueltas sobre sí misma, por tanto, cuando en un lugar es invierno en el otro hemisferio es verano (chica de 13 años).

En la parte sur siempre da más luz del Sol, y por eso siempre hace calor (chica 14 años).

Es verano porque la Tierra está más cerca del Sol. En invierno está más lejos (chico, 15 años).

El hemisferio sur está situado por debajo del Ecuador, de manera que para ellos siempre es verano (chica de 15 años).

Es verano porque estamos más encarados al Sol, y la Tierra gira más poco a poco. (chico 17 años).

El Sol siempre está más cerca del hemisferio sur, esté la Tierra en la posición que esté, en el hemisferio sur siempre hace más calor (chico 17 años).

INTRODUCCIÓN

Para algunos fenómenos naturales las personas elaboramos, a lo largo de nuestra vida, concepciones e ideas para explicarlos. En muchos casos se trata de *teorías personales* (Claxton, 1987) que intentan describir y explicar el mundo y la realidad. Algunas de estas ideas se construyen a partir del pensamiento causal. Otras se construyen a partir del entorno habitual y de las actividades cotidianas, de las analogías generadas a través de las observaciones. Un número, nada despreciable, también se origina durante la instrucción, es decir, a través de los aprendizajes formales de la ciencia escolar.

En realidad, en la mayoría de los casos, se trata de concepciones "razonables" y útiles, ya que constituyen modelos explicativos que confieren capacidad de predicción y, en muchas ocasiones, permiten la resolución de problemas o la toma de decisiones. Sin embargo, gran parte de estas ideas tienen un significado muy diferente del que la ciencia (y el profesorado de ciencias) da a dichos conceptos.

(1) IES Joan Miró, Av. Europa 153, L'Hospitalet de Llobregat, 08907, Barcelona

(2) CEIP Bogatell, Ramon Turró 74-76, 08005, Barcelona

Actualmente se acepta que las estrategias de aprendizaje deben partir de la toma de conciencia de las ideas previas, y se han propuesto diversos modelos de instrucción (Posner *et al*, 1982; Osborne & Wittrock, 1983; Pozo, 1989) con la intención de reestructurar y cambiar dichas concepciones.

Días, noches y su diferente duración en el ciclo estacional, las diferencias meteorológicas entre las estaciones anuales, o el desfase horario y estacional en diferentes regiones de la Tierra, son ejemplos de fenómenos en relación con el sistema Sol-Tierra. Su comprensión exige el aprendizaje de un modelo, construido mediante la adquisición de una serie de conceptos que a menudo no tienen una explicación sencilla, ni deducible, a partir de la observación y del sentido común. Todos estos fenómenos se dan sin interrupción a lo largo de nuestras vidas, y las personas construimos nuestras propias representaciones sobre ellos.

La historia de la ciencia revela las interpretaciones que hicieron del cosmos los astrónomos en la antigüedad y lo difícil que resultó la subversión de algunas ideas. En nuestros tiempos la visión geocéntrica ya no es una representación común, aunque la observación cotidiana y la lógica ayudan a crear el modelo de un Sol que "sale" y se "esconde" alrededor de una Tierra fija. Probablemente ello es debido a que el modelo heliocéntrico ha sido integrado como un conocimiento básico por gran parte de la población y a que en la escuela se aborda el modelo en diferentes etapas curriculares.

No obstante, para algunos de los fenómenos antes citados, existen representaciones y concepciones que constatan la dificultad de la comprensión del modelo y de las interpretaciones de los fenómenos que de él derivan.

En este trabajo se analizan, a partir de una investigación previa (de Manuel, 1995), las dificultades que se dan en el aprendizaje del modelo Sol-Tierra, así como el origen de algunas representaciones comunes. También se presentan algunas pautas y propuestas didácticas que facilitan la adquisición de conceptos y sistemas conceptuales en relación a dicho modelo.

REPRESENTACIONES COMUNES SOBRE EL MODELO SOL-TIERRA

Investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo y con muestras muy diversas (niños y niñas, estudiantes de secundaria, adultos, docentes, etc) muestran resultados parecidos y ponen en evidencia la dificultad del aprendizaje y de la aplicación del modelo Sol-Tierra en diversas situaciones. En la figura 1 se muestra una síntesis de alguna de estas investigaciones.

Nussbaum (1979) encuentra que los niños y niñas de 8 a 9 años poseen representaciones sobre la Tierra en las que términos como "cielo", "aire", "espacio", "arriba", "abajo", tienen signi-

ficados muy diferentes a la realidad que conocemos. Según dicho autor son acomodaciones de la estructura cognitiva al modelo científico. La figura 2 ilustra alguna de las representaciones halladas en dicha investigación.

Jones *et al.* (1987), investigando con estudiantes de 9 a 12 años, llegan a tipificar cinco modelos espaciales diferentes sobre el sistema Sol-Tierra-Luna. En dichos representaciones se constatan dificultades en las nociones de las formas, tamaños y relaciones entre los diferentes astros.

Otras investigaciones se han basado en la aplicación del modelo, es decir, a partir de las explicaciones sobre determinados fenómenos. Así, Schoon (1992), en un estudio realizado sobre más de 1200 estudiantes, destaca un buen número de ideas alternativas, algunas de ellas muy frecuentes (fig. 1).

En una investigación reciente (Camino, 1995), realizada con una muestra constituida íntegramente por docentes, se identificaron también diversas ideas alternativas para el modelo Sol-Tierra-Luna y se constató la dificultad del cambio conceptual de las representaciones. En la figura 3 se muestran algunos modelos utilizados en dicho estudio para explicar las estaciones anuales. La figura 3.1 muestra una representación con una órbita elíptica de gran excentricidad, donde las estaciones se producen por la distancia de la Tierra al Sol (se identificó en un 35 % de la muestra). La figura 3.2 ilustra una concepción poco frecuente: una órbita de gran excentricidad con el Sol fuera de la misma, donde las estaciones son producidas también por la variación de la distancia de la Tierra al Sol. Por último, la figura 3.3 representa un modelo en el cual las estaciones también son debidas a la distancia al Sol, la cual varía según la ubicación geográfica (menor distancia verano, mayor distancia invierno).

UNA INVESTIGACIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DEL MODELO

Para la investigación en la cual se fundamenta este trabajo se preparó un cuestionario (figura 4) que fue realizado por cerca de 1000 personas de diferentes ámbitos educativos (estudiantes de educación primaria y secundaria de 12 a 18 años y estudiantes de magisterio). También se llevaron a cabo entrevistas partiendo de las situaciones problema planteadas. Para ello se eligieron personas al azar que previamente habían realizado el cuestionario. Las preguntas 2 y 3 de éste tenían la intención de detectar las representaciones sobre el modelo Sol-Tierra. Tanto en las realizaciones de los cuestionarios, como en las entrevistas, se animaba al alumnado a complementar sus explicaciones con gráficos y dibujos (figura 7).

En la figura 5a pueden observarse los porcentajes de respuestas que dió cada grupo de edad al modelo de órbita terrestre (cuestión 1). La elección de trayectorias elípticas de moderada excen-

Referencias	Muestra y metodología	Conceptos investigados	Concepciones más relevantes detectadas
Nussbaum & Novak (1976)	60 niños (8-9 años). Entrevista	La Tierra como cuerpo cósmico. Forma de la Tierra. Dirección de caída de los objetos	<ul style="list-style-type: none"> - La Tierra es plana, no es esférica - La Tierra es una bola compuesta por dos hemisferios, el inferior es sólido, el superior es el cielo (aire) - Concepto de arriba y abajo en el espacio cósmico. Objetos en el hemisferio sur "caen hacia el cielo" - La Tierra es esférica pero no hay relación arriba-abajo respecto al centro de la Tierra.
Kapterer & Dubois (1981)	Niños, adolescentes y adultos. Cuestionario	Modelo heliocéntrico	<ul style="list-style-type: none"> - Visión geocéntrica, 30.5 %
Klein (1982)	24 niños (7-8 años). Entrevista	Sistema Sol-Tierra. Forma y tamaño. Movimiento de rotación y días y noches	<ul style="list-style-type: none"> - La Tierra es más grande que el Sol - La Tierra y el Sol tienen el mismo tamaño - Días y noches no se deben a la rotación sino a que el Sol se "esconde" (cae verticalmente).
Giordan & Vecchi (1987)	76 niños (9-11 años). Cuestionario y entrevista	Modelo heliocéntrico	<ul style="list-style-type: none"> - Visión heliocéntrica (correcta) 80 %. - Aunque en las entrevistas muchos muestran una visión geocéntrica.
Jones, Lynch & Reesinch (1987)	32 niños (9-12 años). Entrevista	Representación del sistema Tierra-Sol-Luna: forma, tamaño y movimientos	<ul style="list-style-type: none"> - 5 modelos espaciales del sistema Sol-Tierra-Luna (3 geocéntricos y 2 heliocéntricos). - Formas bidimensionales de estos astros - Formas tridimensionales (no esféricas) - Formas esféricas - Sol, Tierra y Luna del mismo tamaño - Dos astros del mismo tamaño y uno diferente
Schoon (1992)	1213 estudiantes. (enseñanza elemental, secundaria, y adultos). Cuestionario	Diversas representaciones y conceptos de la Tierra y del Espacio	<ul style="list-style-type: none"> - A las 12 del mediodía el Sol está verticalmente por encima nuestro, 82.4 %. - En verano hace más calor que en invierno porque la Tierra está más cerca del Sol, 77.6% - En Mayo, Junio y Julio el Sol se pone por el oeste, 58 % - En cada día de verano la cantidad de luz diurna es mayor que la del día anterior, 32.4% - La Luna tarda un año en dar la vuelta a la Tierra, 19.5% - La Luna brilla porque es como una gran estrella 15.7 % - Días y noches se dan al ir la Tierra alrededor del Sol, 19.6 % - Días y noches se dan porque el Sol va alrededor de la Tierra (visión geocéntrica), 8.8%
Camino (1995)	74 docentes. Cuestionario y entrevista	Modelo Sol-Tierra-Luna: - Días y noches - Estaciones - Fases de la Luna	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de 5 modelos sobre días y noches. - Existencia de 3 modelos para explicar las estaciones. - Existencia de 4 modelos para explicar las fases de la Luna.

Figura 1. Síntesis de algunas investigaciones sobre la comprensión del modelo Sol-Tierra.

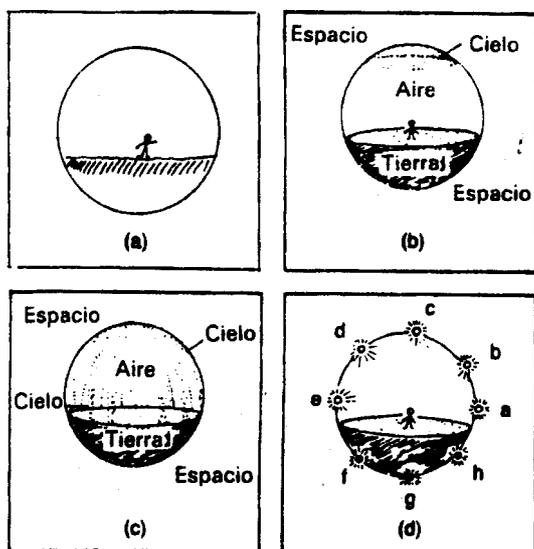


Figura 2. Ilustraciones de diversas representaciones de la Tierra como cuerpo cósmico en niños y niñas de 8 y 9 años (Nusbaum, 1979).

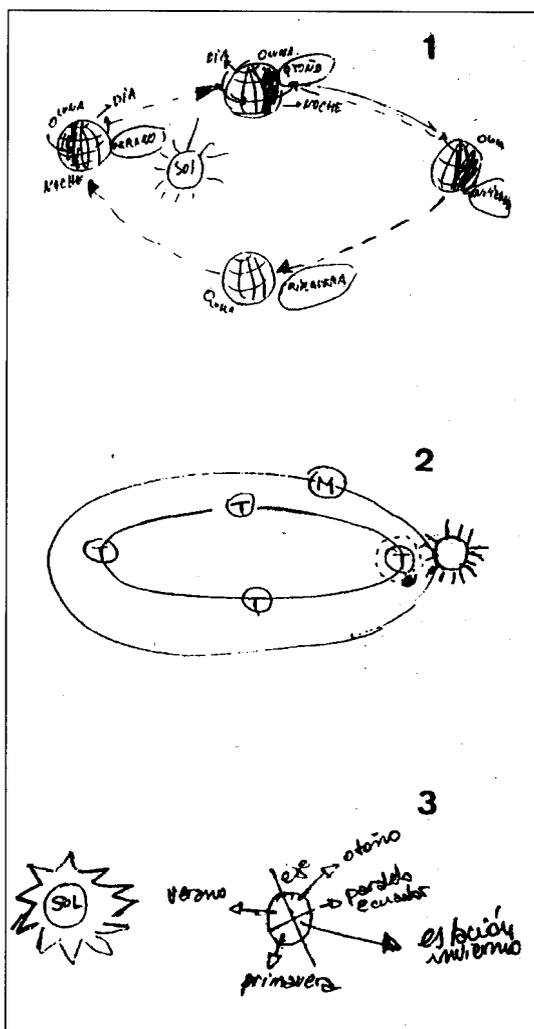


Figura 3. Modelos utilizados para explicar las estaciones en una investigación realizada con docentes (Camino, 1995).

tricidad (A y B) fue la más frecuente. La trayectoria circular (C) fue minoritaria, y elegida por muy pocos chicos y chicas de 15 a 18 años. La elección de la trayectoria elíptica con la Tierra en el centro (B) fue sólo mayoritaria en estudiantes de 13 a 14 años.

La concepción más común para explicar la existencia de veranos e inviernos fue a partir de la *distancia Sol-Tierra* (verano, más cerca; invierno, más lejos. Figura 7: 1-3). Como puede apreciarse en el gráfico de la figura 5b, ésta fue una idea muy persistente, que se dió con una frecuencia semejante independientemente de la edad (se detectó en un 60 % de estudiantes de magisterio). En esta concepción se distinguieron dos categorías: aquellos estudiantes que explicaron el calor o el frío únicamente por la distancia al Sol, y aquellos que además mencionaron la inclinación del eje de rotación terrestre.

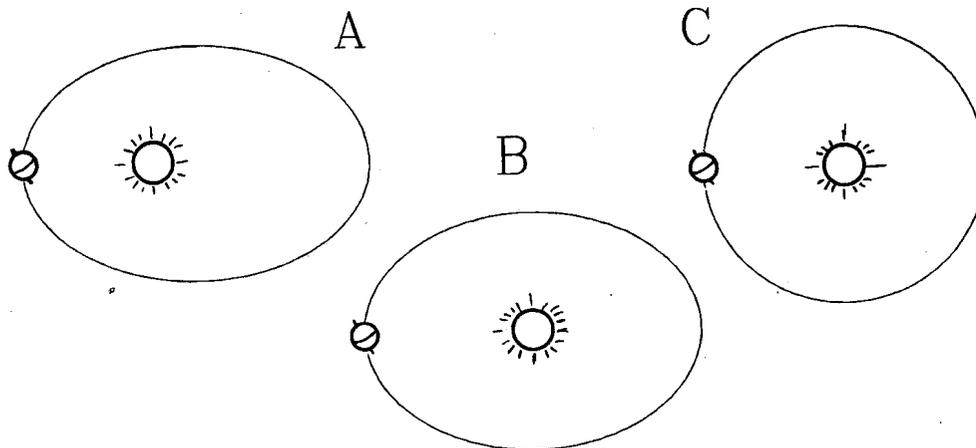
Muchos estudiantes explicaron veranos e inviernos como una causa de la rotación de la Tierra (figura 7:4-6). Otros lo justificaron por la traslación, sin tener en cuenta que la Tierra gira sobre sí misma (figura 7:7-8). Sin embargo, una de las representaciones más destacables, detectada en las dos últimas cuestiones, fue concebir el modelo Sol-Tierra en un plano, no en el espacio. Esta representación permitía explicar mejor que las estaciones dependen de la distancia entre el Sol y la Tierra, y que hay zonas de ésta periódicamente sin radiación, lo cual es el argumento de muchos estudiantes para justificar el invierno (pero no la noche). El diseño del cuestionario no permitió detectar claramente esta concepción, sin embargo ésta pudo identificarse cuando se realizaba un dibujo (Fig. 7, 10-13) o en las entrevistas. Por ello, esta representación es probable que sea más frecuente, ya que sólo se entrevistó a una parte reducida de la muestra, y además, sólo una fracción de estudiantes usó dibujos para complementar sus explicaciones. En la situación problema (cuestión 3), al aplicar el modelo, aparecieron nuevas concepciones (en el sur siempre hace más calor), se confirmaron otras ya aparecidas (se debe a la rotación, el eje inclinado hace que el sur esté más cerca del Sol, representación bidimensional del modelo), surgieron algunas muy poco habituales (figura 7.14), y se dieron respuestas teleológicas ("cuando aquí es invierno, allí tiene que ser verano", "el mundo está hecho así", etc). La visión geocéntrica se encontró en tres casos, a pesar de que los dibujos y el texto introductorio del cuestionario explicitaban la visión heliocéntrica.

DISCUSIÓN Y PROPUESTAS DIDÁCTICAS

El currículo de la enseñanza primaria contempla diversos conceptos de cosmología, entre los cuales se incluyen contenidos relacionados con el modelo, pero frecuentemente éstos no vuelven a ser considerados de un modo directo en la enseñanza secundaria. No obstante, algunos temas relacionados con la astronomía aparecen con inter-

Como ya sabes la Tierra gira alrededor del Sol mediante un movimiento denominado traslación. Tarda 1 año en dar una vuelta completa. Al largo del año, nosotros tenemos distintas estaciones que se suceden: verano, otoño, invierno y primavera.

1.- ¿Cual de estos tres dibujos se aproxima más a la trayectoria que sigue la Tierra alrededor del Sol? (pon un círculo en la letra)



2.- Da una explicación de por qué en verano hace calor y en invierno hace frío

3.- En Australia (hemisferio sur) mucha gente celebra las Navidades bañándose en la playa. Explica por qué en el hemisferio sur es verano cuando en el hemisferio norte (nosotros) es invierno

Figura 4. Cuestionario utilizado para detectar representaciones sobre el modelo Sol-Tierra (de Manuel, 1995).

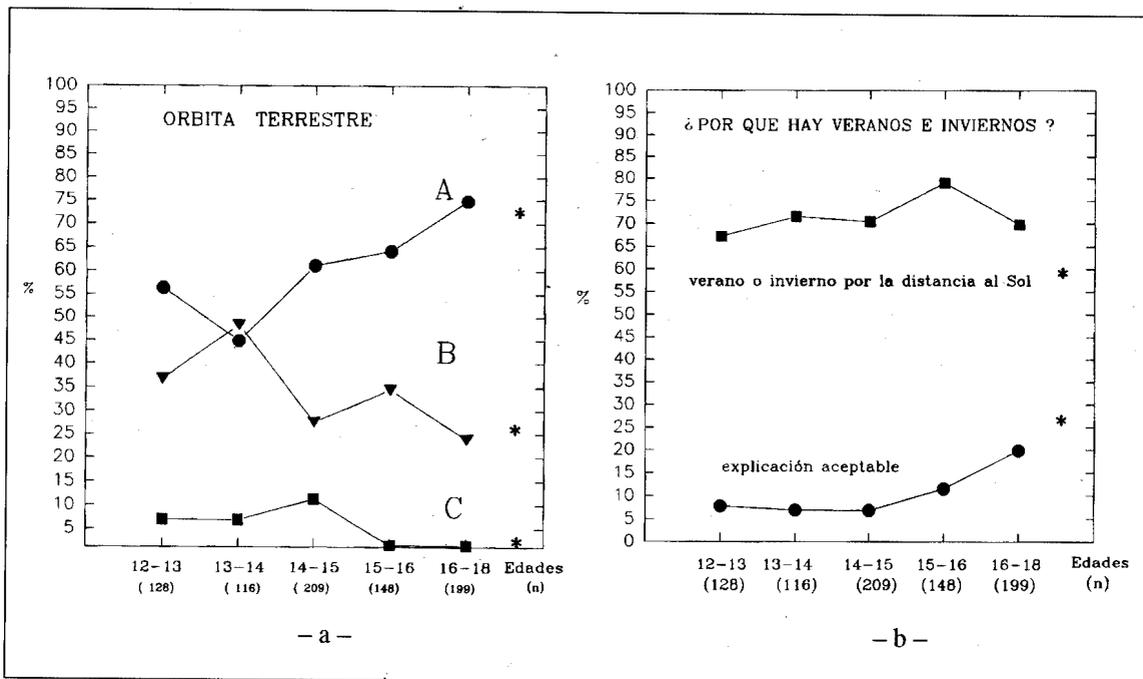


Figura 5. a. Representación de los porcentajes por edades referidos al modelo orbital presentado en el cuestionario. b. Representación de los porcentajes por edades referidos a las respuestas dadas en la pregunta 2 del cuestionario: ¿Por qué en verano hace calor y en invierno hace frío?. En la figura 6 se muestran otras categorías de respuestas dadas en dicha pregunta. *(Los asteriscos corresponden a los porcentajes de las respuestas dadas por estudiantes de magisterio).

	12-13 n=128	13-14 n=116	14-15 n=209	15-16 n=148	16-18 n=155	estud. magist. n=50
Cuestión 2 ¿Por qué hay veranos e inviernos?						
respuesta aceptable	7.8	6.9	6.8	11.5	19.9	22
se debe a la distancia de la Tierra al Sol	60.9	59.5	62.3	71.6	57.7	46
distancia más inclinación del eje terrestre	6.3	12.1	8.2	7.4	12.2	14
se debe al movimiento de rotación de la Tierra	11.7	9.5	6.3	4.1	4.5	8
representación bidimensional	4.7	1.7	3.8	0.7	2.5	6
otras respuestas	8.6	10.3	12.6	4.7	3.2	4
Cuestión 3 Aplicación del modelo						
respuesta aceptable	12	12.4	17.7	29.5	34.9	32
más cerca al Sol por la inclinación del eje*	10.4	14.2	9.4	11.6	14.5	30
más cerca al Sol (hemisferio sur en Navidad)	9.6	3.5	9.9	1.4	5.9	4
se debe al movimiento de rotación de la Tierra	20.8	17.7	24.6	19.9	17.1	20
el sur es siempre más cálido	10.4	9.7	5.4	6.8	1.3	4
visión bidimensional	8.8	5.3	6.4	9.6	9.2	4
aquí verano allí invierno	14.4	17.7	11.3	13	7.2	4
otras respuestas	13.6	19.7	15.3	8.2	9.9	2

Figura 6. Categorías de respuestas dadas en las preguntas 2 y 3 del cuestionario. Los resultados se expresan en %. Se entiende por "respuesta aceptable" a todas aquellas que hicieron referencia a la inclinación del eje de la Tierra o al grado de incidencia de los rayos solares para justificar la situación de verano o invierno.

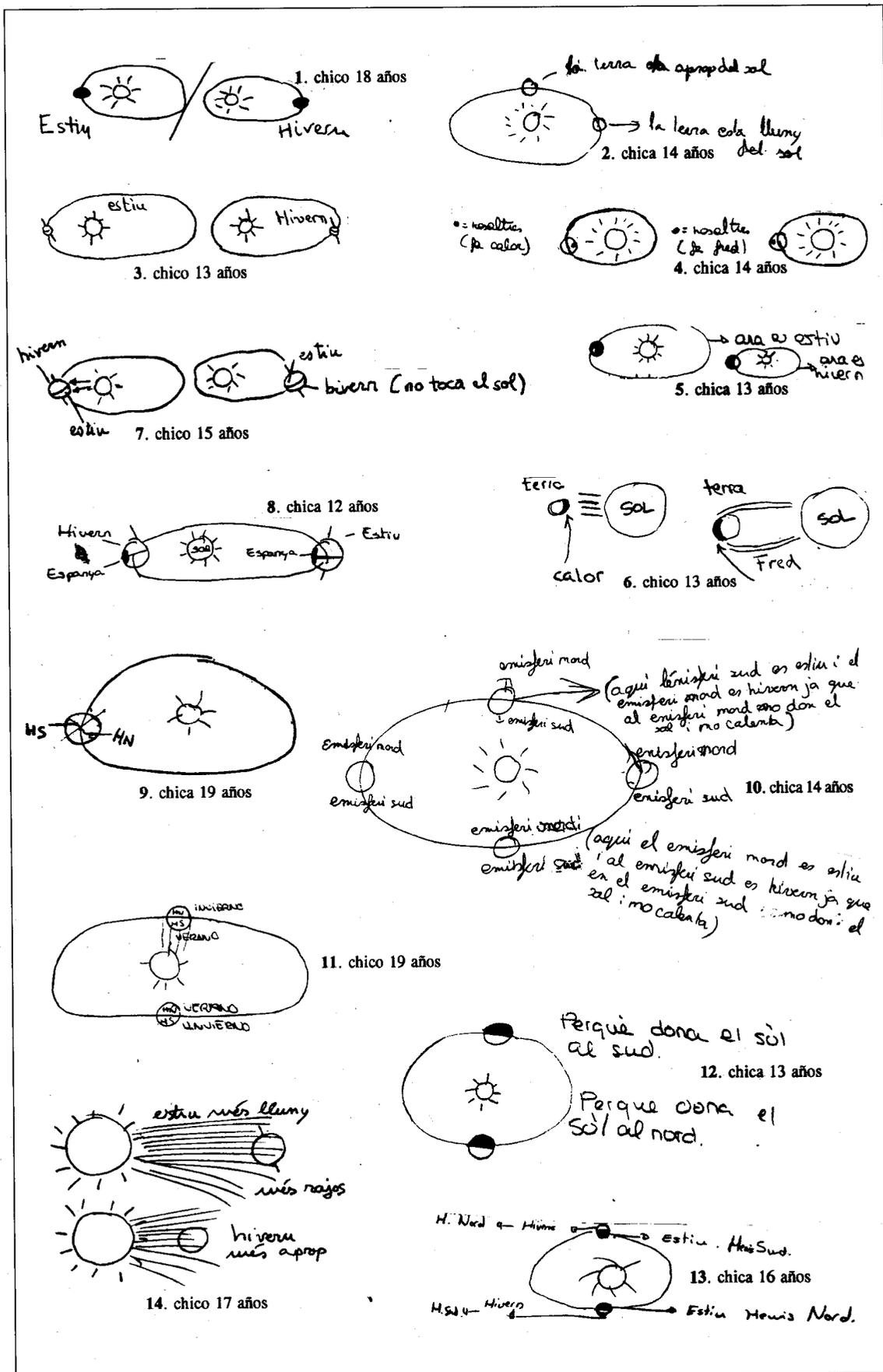


Figura 7. Muestra de dibujos realizados en los cuestionarios o durante las entrevistas que ilustran algunas de las representaciones detectadas.

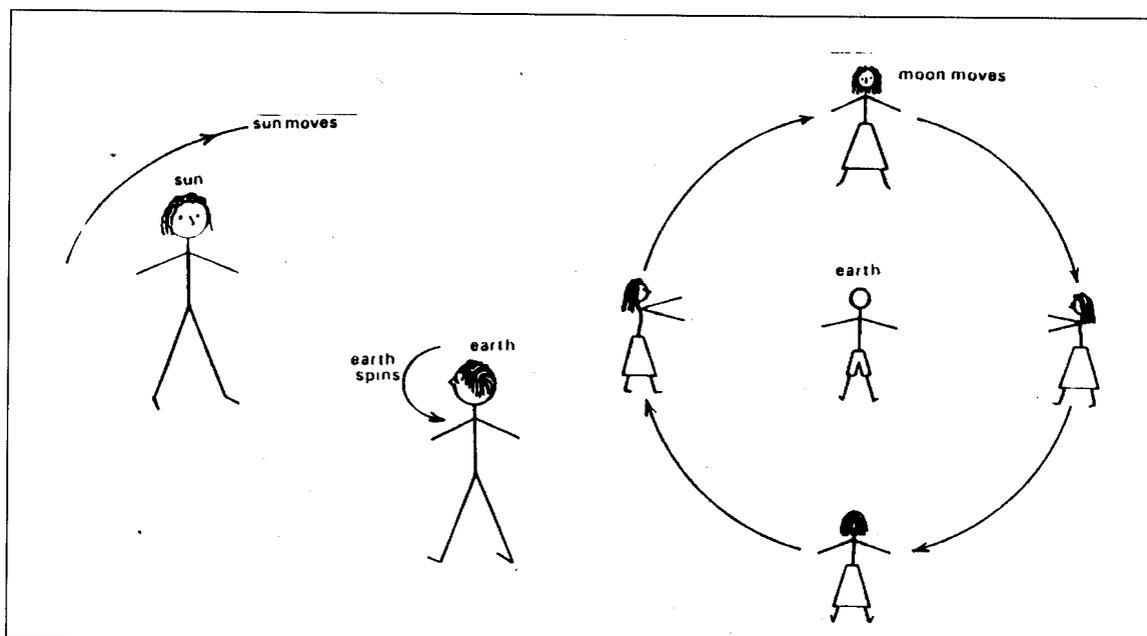


Figura 8. Escenificaciones sugeridas por Osborne (1991) para hacer más comprensible el modelo Sol-Tierra-Luna.

mitencia en la ciencia escolar, y quizás con más frecuencia en los aprendizajes no formales de los adolescentes.

Las frases con las que se inicia este artículo son representativas de algunas de las concepciones más frecuentes sobre el modelo Sol-Tierra y de las dificultades que entrañan su aplicación en determinadas situaciones o las explicaciones sobre algunos fenómenos. Estas concepciones tienen diversos orígenes. Así por ejemplo, la idea alternativa que en el hemisferio sur (y en el sur en general) hace siempre más calor que en el norte, probablemente sea debida a que se extrapolan situaciones regionales a una escala planetaria. Si se sabe que la Tierra, en su trayectoria alrededor del Sol, no está siempre a la misma distancia de éste, que en verano haga calor por estar más próximos al Sol y en invierno haga frío (menos calor) por estar más lejos de éste, es una analogía con lo que sucede al hallarse cerca o lejos de un foco de calor. Es una representación que nace del sentido común y de la lógica, muy persistente con independencia de la edad (Figura 5B), y muy común (Schoon, 1992; Camino, 1995). Explicar veranos e inviernos por la rotación terrestre también es otra representación frecuente. Aunque algunas veces no es posible diferenciar esta concepción de la representación bidimensional que puede tenerse del modelo Sol-Tierra. La dificultad de imaginar los astros y sus movimientos en tres dimensiones posiblemente no queda resuelta con las imágenes y gráficos que ofrecen los libros de texto. Ésta ha sido quizás la representación más sorprendente, y conocer su existencia anima a abordar el aprendizaje del modelo con estrategias alternativas.

EL USO DE ACTIVIDADES DE SIMULACIÓN Y SITUACIONES PROBLEMA

Gran parte de las dificultades para la comprensión del modelo parten de la dimensión real de los elementos que intervienen, inimaginable para la mente humana. Se plantea un problema análogo al de la comprensión del tiempo geológico, pero esta vez con el espacio.

La propuesta de realizar, en el aula o laboratorio, actividades de simulación en astronomía debe partir del supuesto que siempre se está realizando un error en la escala de las distancias. No obstante esta imprecisión se justifica ante el potencial que supone usar este tipo de actividades.

La figura 8 muestra algunas de las simulaciones propuestas por Osborne (1991), en las que sugiere la simulación escénica del modelo Sol-Tierra-Luna, con estudiantes que hacen con su cuerpo los roles de la Luna, la Tierra y del Sol. La comprensión del modelo puede facilitarse con el uso de simulaciones más complejas (de Manuel y Montero, 1992), donde se calculan las áreas iluminadas de superficies planas (una carpeta, una madera,...) que se inclinan y permiten diseñar un modelo sencillo Tierra-Sol con un balón y un foco de luz (figura 9). Este tipo de actividad puede ser eficaz, ya que no es fácil relacionar la inclinación del eje de rotación de la Tierra con la cantidad de radiación recibida por unidad de superficie y además la escenificación del modelo permite explicar las estaciones y la diferente duración de los días y las noches. En cualquier caso, como ya se ha dicho, también puede generar nuevas representaciones si se apropian en la representación algunos aspectos de la simulación a la realidad (por ejemplo, las distancias y las proporciones relativas entre los astros).

SIMULACIÓN CON UNA LUZ Y UNA PELOTA

Un modelo sencillo nos permitirá simular los movimientos de la Tierra. Necesitaremos un globo terrestre o una pelota de baloncesto queará el papel de la Tierra. La luz de un proyector de diapositivas representará el Sol.

A. Pondremos un cartoncillo negro, como el del dibujo, de la medida de una diapositiva. Proyectamos el cartón recortado (colocado en el lugar de una diapositiva) sobre una superficie vertical plana (una carpeta, una hoja,...) a continuación inclinamos esta superficie, de manera que la luz del proyector incida más oblicuamente en ésta.

1. ¿Cuándo la superficie iluminada es mayor: al orientar la carpeta perpendicularmente a la luz, o al inclinarla? ¿Cómo lo podrías calcular? ¿En qué situación se concentran más los rayos de luz sobre la carpeta?
2. ¿Crees que a lo largo del año los rayos solares inciden de diferente forma sobre la superficie de la Tierra? ¿Cómo? ¿De qué depende?

B. Si dejamos el proyector encendido, con la pelota de baloncesto podemos simular los movimientos de la Tierra. En los polos colocamos dos trozos de plastilina, que al mismo tiempo servirán de eje de rotación. Debemos mantener, al mismo tiempo que la Tierra gira sobre sí misma y alrededor del "Sol", la inclinación del eje.

Colocaremos un pequeño trozo de plastilina en la pelota de baloncesto, sobre una imaginaria Cataluña y otro sobre una imaginaria Australia, justo en la otra punta de la pelota.

3. ¿Dónde colocarías la pelota de baloncesto (Tierra) respecto al proyector (Sol) para que correspondiera el verano en Cataluña?
4. Ahora, ¿dónde habrían más horas de luz al día, en Cataluña o en Australia? ¿Por qué?
5. ¿Crees que a lo largo del año la situación se invertiría? ¿Cuándo?
6. Observa cómo se ilumina la pelota, descubres algún lugar en donde por más vueltas que la Tierra dé siempre es de noche? ¿y de día? ¿Siempre será así?

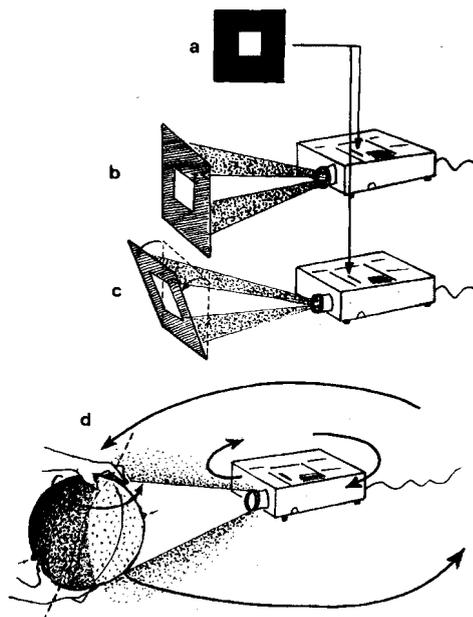


Figura 9. Actividad de simulación dirigida a alumnado de 1r. ciclo de enseñanza obligatoria. Adaptada a partir de De Manuel y Montero (1992).

Se realizó un análisis comparativo entre estudiantes que habían realizado esta simulación con otros que no lo habían hecho (de Manuel, 1995) y también se analizaron cursos que habían realizado la actividad hacía, uno, dos y tres años. Los grupos que habían realizado la simulación presentaron una adquisición más correcta del modelo, especialmente aquellos que lo habían realizado tres cursos atrás; quizá al tener más información (formal o informal) habían sido capaces de aprender más significativamente el modelo. Sin embargo, algunas representaciones alternativas siguieron presentándose con firmeza en todos los cursos a pesar de haber realizado la simulación, especialmente al atribuir los veranos e inviernos a la distancia al Sol y a la rotación. Nussbaum y Novak (1976) y Nussbaum y Sharoni-Dagan

(1983) investigaron cómo cambiaba la noción de la Tierra como cuerpo cósmico con una determinada estrategia didáctica, concluyendo que buena parte de las concepciones subsisten a pesar de la instrucción.

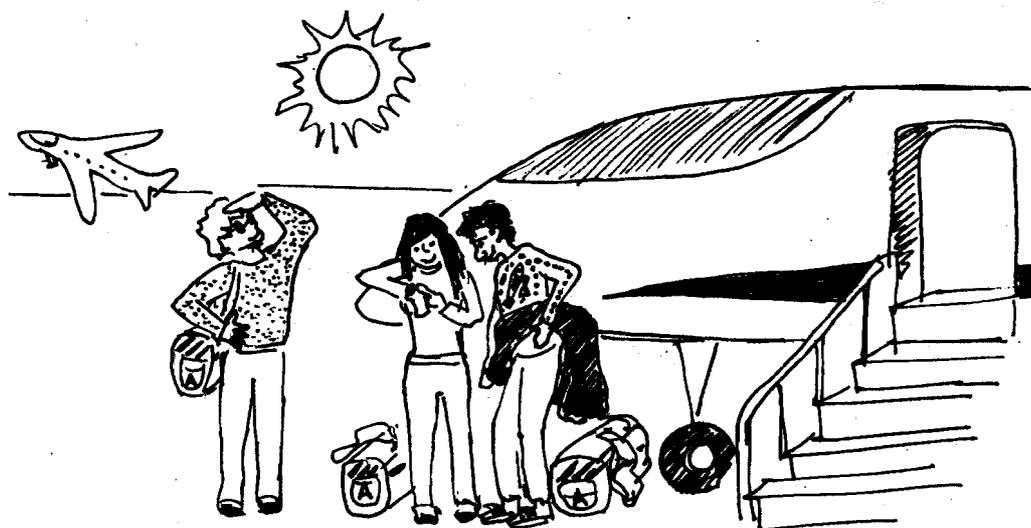
Según Nussbaum (1979) antes de tratar aspectos conceptuales avanzados respecto a los modelos astronómicos debería garantizarse la identificación y la caracterización de la propia Tierra como cuerpo cósmico. En este sentido, la propuesta de realizar simulaciones del modelo Sol-Tierra, como actividades complementarias (aunque no únicas), debería ser posterior al aprendizaje de conceptos referentes a la Tierra como cuerpo en el espacio (tamaño, forma, inclinación del eje, representación espacial, etc).

LA EXPEDICIÓN AUSTRALIANA A BARCELONA-92.

La expedición de deportistas australianos ha llegado al aeropuerto de Barcelona a las 8 de la mañana del día 5 de julio de 1992. La duración total del viaje ha sido de 24 horas, pero su avión salió de Melbourne a las 10 de la noche del 4 de julio.

Paul Atkinson, campeón australiano de lanzamiento de disco, lleva un jersey de lana de oveja australiano al bajar del avión. Se sorprende al darse cuenta que hace calor i no frío, como cuando salió de Australia.

Al día siguiente, Russ Albury, aborigen del norte de Australia, campeón nacional de Maratón, y Alisson Shiel, campeona de natación de Tasmania de 100 metros mariposa, están contentos y sorprendidos porque a las 8 de la noche aún hay bastante luz para ir a dar un paseo por la Villa Olímpica.



Contestar por parejas las siguientes cuestiones, disponer de un atlas o de un globo terrestre os puede ayudar:

1. ¿ Podríais dar una explicación de por qué si el vuelo ha durado 24 horas y salieron por la noche de Australia llegaron a la mañana siguiente a Barcelona?
2. ¿ Por qué Paul Atkinson iba abrigado? ¿ Qué estación del año es en julio en el sur de Australia?
3. ¿ Por qué el corredor y la nadadora se sorprenden de que a las 8 de la noche todavía haya luz ?
4. ¿ Creéis que hay alguna diferencia en las condiciones climáticas entre el norte y el sur de Australia? Cual

Figura 10. Situación problema dirigida a alumnado de 1r. ciclo de enseñanza obligatoria. Adaptada a partir de De Manuel y Montero (1992).

Osborne (1991) propone, para comprender las estaciones, diseñar situaciones problema y ofrecer a los alumnos dos explicaciones de por qué hay verano e invierno (la de la distancia al sol, y la correcta), y haciendo que éstos encuentren evidencias que estén de acuerdo con cada una de las hipótesis. En cualquier caso, conviene *causar conflictos* que cuestionen las concepciones de los estudiantes. En las entrevistas, por ejemplo, chicos y chicas convencidos que la rotación terrestre era la causa de los inviernos y veranos, caían en contradicción al pedirles la causa de los días y las noches. En la figura 10 se presenta un ejemplo de situación problema en la cual intervienen conceptos propios del modelo Sol-Tierra. Según la estrategia que se siga, una actividad de este tipo puede ser usada para explorar concepciones o como aplicación de aprendizajes.

En la enseñanza secundaria obligatoria debe abordarse el modelo Sol - Tierra - Luna. Los libros de texto, o los materiales curriculares deben incluir estos contenidos, y las clases de ciencias no pueden obviarlos. Nuestros alumnos y alumnas tendrán estaciones cada año de su vida, notarán que el período de luz de los días varía a lo largo del año, muchas noches verán la Luna de diferente forma, posiblemente hayan visto o verán algún eclipse. A partir de estos hechos y fenómenos que forman parte de la vida cotidiana, los chicos y chicas construyen representaciones, y elaboran sus *teorías* para explicar cada uno de ellos. La ciencia escolar debe subvertir estas ideas, con las estrategias y recursos que haga falta, poniéndolas en duda y confrontándolas con otras que permita la reestructuración de las concepciones y representaciones alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

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), 81-96

Claxton, G. (1984). *Live and Learn. An introduction to the psychology of grow and change in everyday life*. Harper & Row, London.

Existe traducción al castellano: (1987) *Vivir y aprender*, Alianza, Madrid.

De Manuel, J. (1995). ¿Por qué hay veranos i inviernos ? Representaciones de estudiantes (12.-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 227-236.

De Manuel, J. & Montero, A.M., (1992). Els Jocs Olímpics, una font de recursos per a la didáctica de les Ciències Naturals. De la Primària al Batxillerat. *Guix*, 173: 7-13.

Giordan, A., de Vecchi, G., (1987). *Les orígenes du savoir (des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques)*. Delachaux & Niestlé S.A., Paris.

Existe traducción al castellano: (1988) *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Díada editores, Sevilla.

Jones, B.L., Lynch, P.P., Reesink, C., (1987). Children's conceptions of the earth, sun and moon. *Int. J. Sci. Educ.*, 9 (1): 43-53.

Kapterer, J.N., Dubois, B., (1981). *Echec à la science*. NER, París.

Klein, C.A., (1982). Children's concepts of the Earth and Sun: a cross-cultural study. *Science Education*, 65 (1): 95-107.

Nussbaum, J., (1979). Children conceptions of the earth as a cosmic body. *Science Education*, 65 (1): 83-93.

Nussbaum, J., Novak, J.D., (1976). An assesment of children's concepts of ther Earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60 (4): 535-550.

Nussbaum, J., Sharoni-Dagan, N., (1983). Changes in second grade children's preconceptions about the earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, 67 (1):99-114.

Osborne, J., (1991). Approaches to the teaching of AT16-the Earth in space: issues, problems and resources. *School Science Review*, 72 (260): 7-15.

Osborne, R., Wittrock, M. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67: 591-599.

Posner, G.J., Strike, K.A, Hewson, P.W. , Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66: 211-227.

Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Morata, Madrid.

Schoon, K.J. (1992). Students' alternative conceptions of Earth and Space. *Journal of Geological Education*, 40: 209-214. ■