

## ALGUNAS INTERPRETACIONES SOBRE EL FENÓMENO DE LAS ESTACIONES EN NIÑOS, ESTUDIANTES Y ADULTOS: REVISIÓN DE LA LITERATURA

Navarrete, A.<sup>(1)</sup>; Azcárate, P.<sup>(1)</sup> y Oliva, J.M.<sup>a(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias de la Educación. Depto. de Didáctica. Universidad de Cádiz

<sup>(2)</sup> Centro de Profesorado de Cádiz. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía

### RESUMEN

*En este trabajo se lleva a cabo un análisis de la literatura sobre las interpretaciones personales de los alumnos acerca del fenómeno de las estaciones. En primer lugar se describe el procedimiento y los criterios seguidos en la revisión y se analizan las características metodológicas de los estudios revisados. En segundo lugar se pasa a describir e interpretar los modelos explicativos más frecuentes que aparecen en la bibliografía, comentando la incidencia que la edad o la variable enseñanza parecen tener sobre la amplitud y evolución de los mismos. Finalmente se realiza un análisis crítico de los tipos de estudios realizados sobre el tema hasta el momento, manifestando la necesidad de nuevos enfoques y nuevas formas de abordar investigaciones en esta área.*

**Palabras claves:** *ciclos estacionales, fenómenos de las estaciones, interpretaciones de los alumnos, modelos explicativos, revisión bibliográfica.*

### INTRODUCCIÓN

Los ciclos estacionales constituyen uno de los fenómenos más familiares para los alumnos y los ciudadanos en general, pues forman parte de sus vidas no sólo desde el punto de vista físico sino también cultural. No en vano condicionan las costumbres y normas de conducta de las personas, como la forma de vestir, los hábitos de vida, la alimentación o el calendario escolar/laboral, entre otras.

Sin embargo, la gran familiaridad que acompaña a este fenómeno no suele ir pareja a un grado de comprensión comparable desde el punto de vista científico. Al contrario, todo parece indicar que personas de todas las edades tienen grandes carencias ante explicaciones de este tipo, revelando normalmente modelos interpretativos de tipo intuitivo muy alejados del que nos aporta la ciencia a través del curriculum escolar.

Durante la pasada década, como también durante todo lo que llevamos de ésta, el tema de los ciclos estacionales ha constituido un centro de atención importante por parte de los investigadores en didáctica de las ciencias, conscientes de los déficits señalados y de la importancia de una adecuada comprensión del ciudadano sobre fenómenos cotidianos como éste. Precisamente, ésta ha sido también una de nuestras motivaciones a la hora de elegir este tema como objeto de estudio, en aras de clarificar algunas de las razones que pueden concurrir en el elevado grado de dificultad que presenta.

## EL FENÓMENO DE LAS ESTACIONES DESDE EL PUNTO DE VISTA CIENTÍFICO

La explicación del fenómeno de las estaciones se sustenta sobre la articulación de una serie de principios, conceptos y hechos científicos, que no son elementos dispersos sino que se integran y coordinan en un modelo conjunto al que se suele aludir como *sistema Sol-Tierra-Luna*. No es posible, por ejemplo, entender el fenómeno de las estaciones sin una comprensión previa sobre la forma de la Tierra o de su mecánica de rotación y de traslación alrededor del Sol. Como tampoco es posible entender otros fenómenos, como el de las mareas o las fases de la Luna, sin una asimilación y coordinación de todos esos esquemas mencionados.

La interpretación adecuada del fenómeno de las estaciones exige una comprensión a diversos niveles. En un nivel más básico, demanda una adecuada conceptualización del funcionamiento del Sistema Solar, lo cual incluye no sólo la disposición espacial de sus elementos (al menos del Sol y de la Tierra), sino también de los tamaños y distancias relativas, de las escalas temporales de los movimientos de traslación y rotación y de la forma de la trayectoria terrestre, la cual se describe como una elipse poco excéntrica, con el Sol colocado en un foco que casi coincide con el centro de la eventual circunferencia a la que se aproxima. En este sentido, como tendremos ocasión de ver más adelante a lo largo de este trabajo, la visualización de una órbita elíptica demasiado excéntrica con un Sol marcadamente desplazado de su posición central, se convierte en una invitación a la génesis de un modelo de estaciones basado en las variaciones de distancia Tierra-Sol, alejado del que proporciona la Ciencia escolar (Vega, 2001a).

En un segundo nivel, la interpretación científica de ese fenómeno debe articularse a partir de, al menos, seis esquemas básicos, a saber:

- 1.- Que los rayos solares pueden considerarse aproximadamente como haces paralelos a su llegada a las Tierra, dado que el diámetro del Sol supone una distancia relativamente muy pequeña con respecto a la distancia Tierra-Sol.
- 2.- Que el mayor o menor ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la Tierra es función de la curvatura de ésta, que es próxima a la esfera.
- 3.- Que el efecto térmico de los rayos solares sobre la superficie terrestre depende del ángulo de inclinación de los rayos sobre la misma, idea que si bien puede entenderse cualitativamente a través de ejemplos y analogías, exige en rigor la comprensión del concepto de flujo de radiación como magnitud física.
- 4.- Como consecuencia de 2 y 3, que dicho efecto térmico va a variar en función de la latitud terrestre, debido precisamente al efecto de su curvatura.
- 5.- Que el efecto térmico sobre una latitud determinada varía de una época a otra del año, debido a que el eje de rotación de la Tierra no es perpendicular a la trayectoria terrestre alrededor del Sol y gracias a que la orientación de dicho eje permanece, es decir, es prácticamente constante a lo largo de su traslación.
- 6.- Que como consecuencia de todo lo anterior, las estaciones se repiten periódicamente de forma anual para una latitud determinada, y que las estaciones de

los hemisferios Norte y Sur han de ser necesariamente distintas, siguiendo la secuencia V/I, O/P, I/V, P/O, V/I<sup>1</sup> y así sucesivamente.

Es evidente que la articulación de todas estas ideas en un modelo único no es un proceso sencillo, por lo que, en sí mismos, estos contenidos muestran ya una dificultad intrínseca que, tanto como profesores, divulgadores o investigadores sobre estos temas, no deberíamos subestimar (Parker y Heywood, 1998). De hecho, la construcción del modelo cosmológico S-T-L ha sido un proceso lento y tortuoso a lo largo de la historia de la Ciencia, como todos sabemos, escribiendo una de las páginas más dramáticas de la construcción del conocimiento científico (Vega, 2000a).

No obstante, la complejidad y dificultad de estos temas no acaba aquí sino que, por el contrario, se refuerza con otros factores adicionales como tendremos oportunidad de ver. En efecto, los alumnos y personas en general suelen elaborar sus propias interpretaciones personales sobre este fenómeno, las cuales a menudo suelen ser de naturaleza muy distinta y contradictoria con la visión científica. Por ejemplo, una adecuada comprensión del fenómeno implica reconocer al ángulo de incidencia de los rayos como factor regulador de las variaciones de temperatura. Sin embargo, como han demostrado un gran número de estudios, la comprensión de los alumnos choca con sus modelos intuitivos que no contemplan la posibilidad de variaciones en dicho factor para una latitud dada, como lo demuestran estudios como los de Philips (1991), Schoon (1992), Lightman y Sadler (1993), Trumper (2001) o Vega (2001b). Como botón de muestra de este aspecto baste decir que algunos de los estudios citados han puesto de manifiesto que muchos alumnos creen que, a las 12 del mediodía, el Sol se encuentra siempre sobre nuestras cabezas, en lo más alto, acudiendo al factor distancia como causa de los cambios en las estaciones.

En este trabajo se sintetizan, precisamente, algunos de los modelos alternativos que la literatura existente muestra a este respecto al objeto de aportar información valiosa para el profesor o divulgador a la hora de abordar estos temas en las experiencias de enseñanza en ambientes formales o no formales.

## FINALIDAD DE ESTE TRABAJO

Este trabajo forma parte de un estudio más general que intenta profundizar sobre los obstáculos y dificultades que encuentran los alumnos en el aprendizaje de estos temas (Navarrete, 2004) cuyos resultados iremos exponiendo a lo largo de futuras publicaciones. Como preámbulo del trabajo iniciado, en este artículo ofrecemos una revisión de la literatura existente sobre los modelos explicativos de los alumnos en este ámbito, delimitando a la vez las características metodológicas de los trabajos revisados. Un precedente en este sentido lo constituye la revisión llevada a cabo por Vega en su tesis doctoral (Vega, 2001a). Dicha revisión abarcaba una recopilación bastante exhaustiva, de trabajos sobre los modelos de los alumnos en distintos ámbitos del sistema S-T-L, incluido el fenómeno de las estaciones. Dicha revisión resultó para nosotros un referente importante a la hora de orientar este trabajo. Nuestro propósito aquí será el de actualizar dicha revisión y profundizar en determinados aspectos que

---

<sup>1</sup> V (Verano), I (Invierno), O (Otoño) y P (Primavera).

sirvan para situar mejor nuestras futuras aportaciones en este campo dentro del amplio caudal de estudios que se vienen desarrollando actualmente en este terreno.

En esta ocasión, la revisión ha abarcado trabajos publicados tanto en España como en otros países. En el primer caso, contemplamos todos los estudios encontrados que aportasen información que no fuese redundante entre artículos de revista, tesis doctorales o comunicaciones a congresos. En el segundo, nos ceñimos únicamente a los trabajos publicados como artículos en revistas, para cuya localización recurrimos a la ya citada revisión anterior de Vega (2001a) y a nuevas búsquedas realizadas a través de la base de datos ERIC, actualizadas a diciembre de 2003. Al final, la revisión efectuada abarcó un total de 20 trabajos empíricos, cinco de ellos en castellano y los restantes en inglés.

Nuestro análisis se centrará, primero, en los rasgos metodológicos que caracterizan el perfil de esos trabajos, luego en las conclusiones e ideas de mayor interés que se desprenden de los mismos y, finalmente, en una crítica sobre los estudios revisados lo que nos llevará a justificar la oportunidad e interés de nuevas investigaciones tendentes a superar las limitaciones encontradas en los ya existentes.

## **CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS**

Con objeto de caracterizar el perfil metodológico de los trabajos revisados distinguimos en este apartado tres dimensiones diferentes:

- El nivel de estudios cursado por los sujetos de la muestra.
- El tipo de diseño de investigación empleado.
- Las técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de datos.

La tabla del [anexo 1](#) recoge información sobre el perfil de los estudios revisados en cada una de esas dimensiones.

En relación con el nivel de estudios cursado, la amplia mayoría de investigaciones se refieren a alumnos de educación Primaria o Elemental, educación Secundaria y formación inicial de profesores de Primaria. En unos casos, los trabajos se centran en edades muy específicas y determinadas, como es el caso del trabajo de Sharp (1996), en el que intervienen estudiantes de Primaria de 10 y 11 años. En otros, sin embargo, se barajan muestras con amplios intervalos de edades, como es el caso del trabajo de De Manuel con alumnos entre 12 y 18 años, o el de Roald y Mikelsen (2001), con edades que oscilaban intermitentemente entre 7 y 17. Mientras tanto, entre los artículos revisados no aparecía ninguno con profesores de Secundaria, sólo dos consideraban a alumnos de niveles universitarios, en general (Rastovac y Slavsky, 1986; Barab et al., 2000), cuatro se referían a profesores en activo (Baxter, 1989; Camino, 1995; Parker y Heywood, 1998; Vega, 2001b), y en dos participaban adultos (Schoon, 1992; Vega, 2001a).

Desde el punto de vista del tipo de diseño de investigación empleado, hemos de distinguir, a su vez, cuatro grandes grupos. El primero se refiere a estudios de corte descriptivo en los que se analiza cualitativamente qué modelos explicativos tienen los

alumnos acerca del fenómeno y cuál suele ser el nivel de aceptación de cada uno de ellos. Entre este tipo de trabajos mencionaremos el trabajo de Sharp (1996) con alumnos de 10 y 11 años o uno nuestro anterior con profesores de Primaria en formación inicial (Navarrete, 1998a).

El segundo grupo abarca aquellos estudios en los que se analiza el grado de evolución de estos modelos a través de la edad y de la enseñanza. Como puede verse en la tabla del [anexo 1](#), casi todos ellos se encuadran dentro de los diseños de tipo transversal, esto es, toman como referente distintas submuestras que se diferencian en la edad. Tal es el caso del trabajo de De Manuel con alumnos de 12 a 18 años y profesores de Primaria en formación inicial, o el de Trumper (2001) con alumnos de 13 a 15 años de edad. La excepción la tenemos en la tesis de Vega (2001a) en la que, entre los varios estudios que se incluyen, aparece uno de corte longitudinal comparando los modelos que presenta un mismo grupo de alumnos de Educación Infantil hasta llegar a tercero de educación primaria.

El tercer grupo se refiere a aquellos estudios orientados a evaluar, mediante diseños de tipo cuasiexperimental, el efecto de determinados diseños metodológicos o de recursos sobre los modelos explicativos de los alumnos. Entre ellos, destaca el trabajo de Rastovac y Slavsky (1989), en el que se evaluó el efecto positivo de las paradojas sobre las concepciones de los alumnos acerca de las estaciones, empleando para ello un grupo de control. También el de Camino (1995), dirigido a evaluar el cambio conceptual originado en profesores de Primaria en ejercicio sobre temas relativos al dominio S-T-L, a través de una unidad didáctica de corte "constructivista".

Finalmente, en el cuarto grupo encontramos dos estudios dirigidos a evaluar procesos de aprendizaje desde un diseño ecológico global. Además de un trabajo nuestro anterior, realizado a modo de estudio piloto (Navarrete, 1998b), encontramos otro dirigido a evaluar el desarrollo de un curso sobre astronomía basado en la modelización en tres dimensiones mediante el uso de nuevas tecnologías (Barab et al., 2000). Se tratan, ambos, de trabajos que intentan describir procesos de intervención educativa, utilizando un diseño cualitativo con triangulación metodológica mediante varios instrumentos. Más que centrarse en los resultados finales obtenidos por los alumnos, el interés se sitúa en los procesos intermedios que tienen lugar.

Por otra parte, en cuanto al tipo de instrumento empleado en la fase de detección de datos, encontramos normalmente los cuestionarios escritos, con respuesta verbal y/o mediante dibujos, y las entrevistas individuales. Entre los primeros podemos destacar el estudio de Schoon (1992) o el de Lightman y Sadler (1993). Entre los segundos cabe citar de nuevo el trabajo de Sharp (1996). En algunos casos, se emplean ambos instrumentos de manera complementaria, como sucede en el caso del estudio llevado a cabo por Baxter (1989) o también por Ojala (1992).

Mucho más escasos, sin embargo, son los estudios que recurren a otras técnicas o instrumentos alternativos, como la observación (Barab et al.; 2000), el portafolio del alumno (Barab et al., 2000; Navarrete, 1998b), el diario del profesor (Vega, 2001a), o las notas de campo (Barab et al., 2000).

Una vez delimitadas las características metodológicas de los trabajos revisados parece lógico que dediquemos espacio a discutir las conclusiones obtenidas a partir de ellos, dado que dicha información va a resultar básica a la hora de encuadrar y fundamentar nuestra aportación en futuros trabajos.

## MODELOS EXPLICATIVOS DE LOS ALUMNOS SOBRE EL FENÓMENO DE LAS ESTACIONES

Antes de entrar en detalles intentaremos aportar una visión general de los principales modelos explicativos delimitados en la literatura a través de la tabla del [anexo 2](#).

Los modelos A y B atribuyen los cambios estacionales a variaciones de distancia al Sol, de ahí su nombre de modelos de distancia, el segundo de ellos bajo una versión muy peculiar que contempla una relación de tipo inversa. Por su parte, el modelo C, o de "encaramiento solar", atribuye al fenómeno una explicación semejante a la explicación del ciclo día/noche, esto es por rotación de la Tierra o por traslación del Sol alrededor de ella. Finalmente, dedicamos un último grupo "D" en el que se incluyen "otros modelos" que, aun siendo minoritarios, aparecen en distintos trabajos, razón que avala su interés. Veamos cada uno de estas grandes categorías en mayor detalle.

### Modelos de distancia

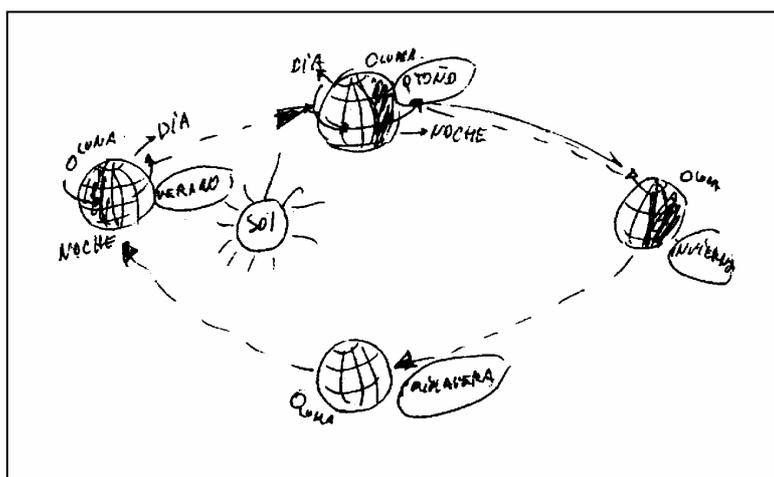
Sin duda alguna, la categoría de modelos de distancia es la más abundante en niños y adultos, como lo demuestra el hecho de que sea ésta la más extendida y habitual en la literatura sobre el tema. Todos los modelos incluidos aquí descansan sobre lo que, en trabajos anteriores, hemos denominado la *metáfora de la estufa*. Éste es un mecanismo explicativo de origen analógico que, de forma implícita, reconoce una semejanza entre las variaciones térmicas estacionales y la variación de temperatura que se aprecia cuando nos acercamos y alejamos de un foco calorífico, por ejemplo una estufa (Navarrete, 1998a; Navarrete, 2003). Se considera que el verano coincide con situaciones en las que la Tierra se encuentra en una posición más cercana al Sol, mientras que el invierno coincidiría con las ocasiones en las que nos encontramos más alejados.

El origen de la *metáfora de la estufa* se asienta en las interacciones de los sujetos con la experiencia cotidiana, soportada por razonamientos intuitivos de sentido común que suelen usar en sus explicaciones personales. Concretamente, surgiría de la combinación de dos principios causales como son los de "contigüidad espacial" y de "covariación cuantitativa" postulados por Pozo y Gómez-Crespo (Pozo, 1987; Pozo y Gómez-Crespo, 1989). Según el primero ellos, la probabilidad de responsabilizar a un fenómeno como causa de otro dependería de la proximidad de ambos en el espacio. Según el otro, la magnitud del efecto se consideraría una función lineal y simple de la magnitud de la causa. Resultado conjunto de ambos sería una relación directa entre proximidad al Sol y temperatura, asociando así el verano con los momentos de mayor cercanía, el invierno con los de mayor alejamiento y la primavera y el otoño como situaciones intermedias. Veamos los distintos modelos que suelen generarse a partir de

este esquema, en combinación con otros, para dar un sentido causal global a las explicaciones que manejan.

#### *Modelo de distancia absoluta debida a la excentricidad de la órbita*

Aunque encontramos referencias tempranas a este modelo intuitivo en estudios como el de Baxter (1989) o el de Rastovac y Slavsky (1986), empezaremos analizando la aportación de Philips de principios de la década de los 90 (Philips, 1991) por cuanto proporciona directamente una revisión sobre un período de más de diez años de investigación sobre concepciones de los alumnos en torno al sistema S-T-L. Entre las concepciones alternativas de los alumnos que dicho autor recopila aparecen dos referidas al fenómeno de las estaciones. Según una de ellas, la órbita terrestre alrededor del Sol se concibe exageradamente excéntrica, de manera que cuando la Tierra está más cerca de aquél es verano mientras que cuando está más lejos es invierno. Se trata éste de un modelo explicativo que concibe una estación para todo el globo, ignorando el hecho, por ejemplo, de que los ciclos estacionales operan de forma opuesta en el hemisferio norte y en el hemisferio sur (Figura 1).



**Figura 1.-** Modelo de distancia absoluta por excentricidad de la elipse encontrado por Camino (1995).

Entre los estudios más relevantes realizados posteriormente, a lo largo de la pasada década, encontramos el trabajo de Schoon (1992) on alumnos de Primaria, de Secundaria y adultos, el de Lightman y Sadler (1993) con alumnos de 13 a 18 años, el de Dove (1998) con alumnos de 11 años, o más recientemente el de Trumper (2001) con alumnos de 13 a 15 años. Por poner un ejemplo que ilustre el alto índice de incidencia de este modelo diremos que, en el trabajo de Schoon (1992), cerca del 80% de los participantes sostenían que en verano la Tierra está más cerca del Sol que en invierno, siendo muy escasos el número de sujetos que daban una interpretación acorde con el punto de vista científico.

Este último autor, en un trabajo posterior (Schoon, 1995), sugirió que este tipo de interpretación intuitiva puede tener en parte su origen en el propio aula, dado que muchos profesores suelen mantener la misma creencia. Prueba de ello lo constituyen los estudios realizados por Ojala (1992), primero, por Camino (1995), De Manuel

(1995) y Atwood y Atwood (1996), más tarde, y por Parker y Heywood (1998) y Navarrete (1998a), de forma más reciente, con profesores de Primaria en formación inicial y/o en ejercicio. Todos estos autores detectaron mayoritariamente esa misma relación entre distancia al Sol y sucesión de las estaciones, con una escasísima proporción de individuos que fueran capaces de aportar una explicación al fenómeno aceptable desde el punto de vista de la ciencia escolar.

Concretamente, en el estudio de Camino, sólo algo más del 5% aportaron una explicación coherente dentro de esos términos, mientras que en el de Parker y Hewood, lo hicieron el 10% en el caso de los profesores en formación y sólo la cuarta parte en el caso de los profesores en activo. Mientras tanto, en el estudio de De Manuel (1995), el 60% de sujetos de una muestra de alumnos de magisterio utilizaban el factor distancia como medio para explicar las diferencias estacionales.

Al lado de todo esto hay que decir que, en la mayoría de ocasiones, las ilustraciones y diagramas que se utilizan para explicar el fenómeno en las clases y en los textos no son los más adecuados, como lo demuestran Lucas y Cohen (1999). Estos autores revisaron los enfoques usados en la enseñanza de las estaciones a nivel de la enseñanza Primaria y Secundaria desde hace doscientos años, encontrando muy pocas variaciones y novedades en los esquemas usados a pesar del gran cambio que se ha producido durante todo ese tiempo en el acervo de conocimiento de alumnos y profesores, y de los cambios que asimismo se han verificado en las teorías sobre la enseñanza y el aprendizaje.

Por su parte Vega (2001a) abunda más en esta misma línea, mostrando el papel negativo que juegan los libros de textos en este sentido, al ofrecer ilustraciones con órbitas elípticas demasiado excéntricas, cuando la órbita terrestre se aproxima realmente más a una circunferencia que a una elipse de esas características. Es fácil entender que, en tales condiciones, los niños encuentren en esos diagramas un escenario idóneo que propicia la activación de razonamientos analógicos del tipo de "a más cerca más calor", esquema al que, como hemos dicho, nosotros denominamos "metáfora de la estufa".

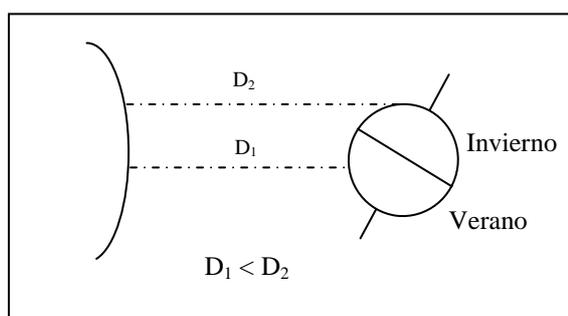
#### *Modelo de distancia relativa debido a la inclinación del eje*

Otra variante del modelo de distancia, en el que ya se concibe la existencia de dos estaciones simultáneas, una en cada hemisferio, es el que denominamos de "distancia relativa por inclinación del eje". Este modelo, aunque ignora la distancia absoluta entre los dos cuerpos implicados (Tierra y Sol), considera como causa de las estaciones la menor o mayor distancia a la que queda el Sol de un hemisferio u otro por efecto de la inclinación del eje terrestre (Figura 2).

Este modelo fue descrito inicialmente por Ojala (1992) en un estudio con profesores de Primaria en formación inicial. Más tarde, fue también descrito por Parker y Heywood (1995) con profesores de Primaria en formación inicial y en ejercicio, aunque dotándole de nuevas señas de identidad a través de un modelo que denominaron "de tambaleo". En él se contempla un efecto de cabeceo o tambaleo del eje de la Tierra, de ahí su nombre, a la vez que ésta se traslada alrededor del Sol, acercando levemente su eje o alejándolo de la dirección del Sol. Este movimiento de vaivén del eje es aprovechado

para explicar la sucesión de las estaciones a través del factor distancia. Según este modelo, el movimiento de cabeceo del eje provoca que uno de los hemisferios quede periódicamente más cerca del Sol que el otro, siendo verano en el primero e invierno en el segundo. El mecanismo de este modelo es muy similar al modelo de inclinación del eje de Ojala (1992). No obstante, en este caso el modelo se presenta en una forma más elaborada al adquirir un matiz dinámico: no sólo trata de explicar la diferencia de estaciones en los hemisferio Norte y Sur, sino que además intenta analizar el porqué de los cambios estacionales en un mismo hemisferio.

Por su parte, también De Manuel (1995) encontró este modelo en estudiantes de 12 a 18 años y futuros maestros gracias a la peculiar forma que utilizaron de secuenciar las preguntas del cuestionario. En efecto, dicho estudio nos permite aproximarnos a los efectos que originan las situaciones de conflicto conceptual en los alumnos. En este sentido, tras preguntar acerca de la causa de las estaciones, el cuestionario formula una segunda pregunta consistente en resolver la paradoja de la existencia de estaciones distintas en hemisferios opuestos.



**Figura 2.-** Esquema gráfico típico para el modelo de distancia relativa por inclinación del eje.

Como consecuencia de esta pregunta, se producen cambios importantes en los modelos de los sujetos, apareciendo ahora una tipología de respuestas más amplia, con más categorías, y una mayor dispersión de frecuencias entre ellas. Aparecen de esta forma, por ejemplo, argumentaciones resultantes de acomodar la paradoja a su modelo anterior viendo en la inclinación del eje terrestre una buena forma de resolver la situación, en virtud del mismo mecanismo encontrado por Ojala.

Finalmente, comentar que este modelo, que reaparece también en otros estudios como el de Navarrete (1998a) o el de Roald y Mikalsen (2001), puede considerarse un modelo más evolucionado que el anterior por cuanto supone considerar la simultaneidad de dos estaciones, justificando el diferente estado estacional que se produce entre los dos hemisferios. Además, por su naturaleza, resulta particularmente interesante por cuanto demuestra que, aunque algunos sujetos podrían incorporar el eje de la Tierra a la interpretación que hacen del fenómeno de las estaciones, lo harían acomodándolo a su modelo anterior "de distancia". En palabras de Vosniadou (1994), el modelo de tambaleo sería un modelo sintético<sup>2</sup> entre el modelo científico y el de distancia, y encontraría su origen en la dificultad de asimilación del papel que juega el ángulo de incidencia de los

<sup>2</sup> Se trata de un modelo híbrido.

rayos solares con la Tierra, un problema complejo que exige un adecuada comprensión del concepto de flujo cuya dificultad ha sido ya ilustrada por Galili y Lavrik (1998).

#### *Otros modelos de distancia*

Aunque los dos modelos mayoritarios de distancia basados en la “metáfora de la estufa”, son los dos que acabamos de ver, la literatura muestra esporádicamente versiones diferentes de este esquema a partir de otros supuestos distintos que convendría citar.

En primer lugar, señalar que Sharp (1996) en su estudio con alumnos de 10 y 11 años, detectó un modelo explicativo de distancia basado en un supuesto movimiento de acercamiento y alejamiento alternante de la Tierra con respecto al Sol. Según este punto de vista, el movimiento terrestre se limitaría a un movimiento oscilatorio o de vaivén, esquema según el cual el verano coincidiría con el punto de máxima elongación en el extremo más próximo al Sol. Mientras tanto, el invierno correspondería con el extremo opuesto, también de máxima elongación, situándose la primavera y el otoño en la zona central de la trayectoria oscilante.

En segundo lugar, cabe destacar el modelo de distancia encontrado por Camino (1995) en profesores de primaria en ejercicio, esta vez considerando la Tierra y el Sol como objetos que giran en órbitas concéntricas alrededor de un punto fijo y con distinta velocidad angular. El desfase de velocidades, para los sujetos implicados, servía para posibilitar situaciones de máxima y mínima proximidad, dando entrada así a la metáfora de la estufa, y con ella a un mecanismo de distancia para explicar los ciclos estacionales.

En tercer lugar, Ojala (1992) encontró también entre los sujetos investigados, junto al modelo de distancia relativa por inclinación del eje, otro que atribuía las diferencias estacionales a la variación de la distancia por la curvatura terrestre sin contar con el eje. La curvatura, por sí sola, origina una variación de distancia Tierra-Sol en función de la latitud que es utilizada para interpretar las diferencias estacionales (Figura 3)

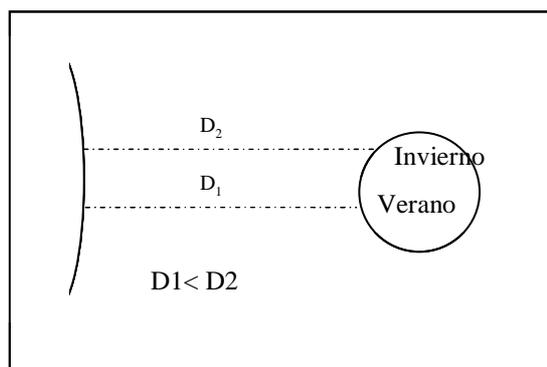


Figura 3.- Esquema gráfico del modelo de distancia por curvatura terrestre

#### **Modelos de distancia inversa**

En ocasiones, los alumnos que mantienen un modelo de distancia absoluta basado en la excentricidad de la elipse, invierten las posiciones invierno/verano de la Tierra en su

órbita. Tratan con ello de solucionar de forma momentánea el enorme conflicto que se produce entre su modelo y la nueva información que les aporta la escuela. La autoridad del maestro les destaca el hecho de que justo en el momento en que se produce el invierno en el hemisferio norte la Tierra se sitúa en la posición más próxima al Sol (perihelio), mientras que en el verano lo hace en la más alejada (afelio). Así las cosas, suele resultar un modelo en el que la distancia, al menos de forma aparente, pierde su papel causal, desplazándose la atención hacia otros mecanismos que se generan ad-hoc, como son los dos que, a modo de ejemplos, se aportan a continuación:

#### Modelo manguera

Una de las variantes consiste en lo que, en tono metafórico, nosotros denominamos "efecto manguera" y que aparece en trabajos nuestros anteriores con maestros en formación inicial (Navarrete, 1998a), como también en un estudio de De Manuel (1996), si bien este último el autor se limita a exponer un dibujo gráfico de la respuesta aportada por algunos de los sujetos participantes sin entrar en detalles ni en la interpretación del mismo.

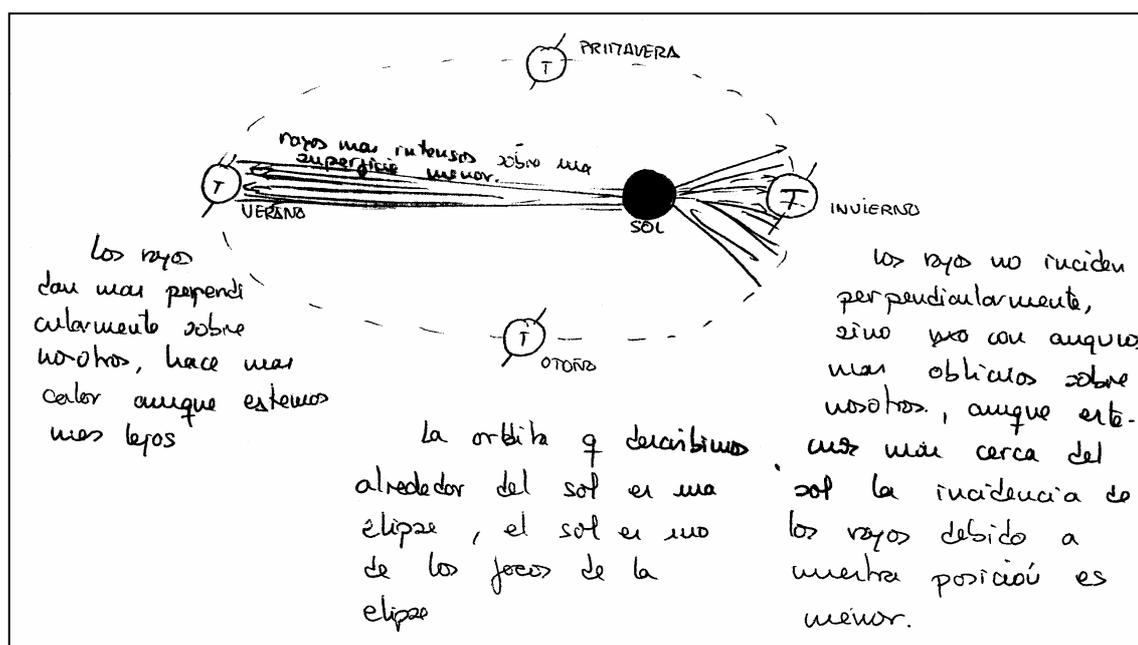


Figura 4.- Modelo de efecto manguera para explicar los ciclos estacionales (Navarrete, 1998a).

En este modelo (ver figura 4) el papel de la distancia, como agente causal de las estaciones, se desplaza hacia la mayor o menor concentración de rayos que inciden sobre la Tierra, factor que en realidad suele constituir una interpretación *sui generis* que hacen los alumnos de la información que proporciona la escuela en cuanto al papel de la inclinación de los rayos en los cambios estacionales. En este caso, los alumnos manejan "a la carta" la direccionalidad de los rayos, interpretando que cuando el Sol está lejos de la Tierra (verano) la mayoría de los rayos confluyen sobre la superficie de ésta última, mientras que cuando está más cerca (invierno) los rayos

divergen haciendo que sea menor el número de ellos que inciden sobre la Tierra en términos relativos.

De esta forma, en invierno, al estar más cerca, gran parte de los rayos se pierden, sólo unos pocos llegan a la Tierra y, por eso, calientan menos (sería el efecto que conseguiríamos cuando a una manguera de riego le ponemos el dedo en el centro de la salida, o una alcachofa difusora). En verano, por el contrario se concentran todos los rayos sobre la superficie terrestre (tal como lograríamos si apretásemos el extremo de la manguera o le pusiéramos una boquilla reductora consiguiendo que el caño se concentre y aleje más).

### *Modelo linterna*

El modelo de linterna es otro artefacto descrito por nosotros en un estudio anterior Navarrete (1998a), e intenta también, aunque por mecanismos distintos, dar cuenta de la inversión de las posiciones invierno/verano que cabría esperar con respecto a un modelo de distancia absoluta habitual. En este caso el argumento se centra en un supuesto efecto semejante al que se produce cuando acercamos o alejamos una linterna de un objeto, por ejemplo, una pared. Al acercarla disminuye la zona iluminada, al contrario de cuando la alejamos. De modo análogo, se considera que la fuente de luz solar, cuando se sitúa en invierno más cerca de la Tierra, calentaría menos la totalidad de la Tierra, mientras que cuando se coloca más lejos, esto es en verano, el efecto de calentamiento que produciría sería mayor.

Como vemos, se trata de un mecanismo que confunde intensidad con cantidad, sin percibir que la intensidad de iluminación es un factor que depende, no solo de la cantidad del flujo de radiación incidente, sino también, de forma inversamente proporcional, de la superficie a lo largo de la cual se distribuye. Formalmente, puede considerarse este esquema en la misma línea de lo que Pozo (Pozo et. al., 1991, Pozo y Gómez-Crespo, 1998) denomina pensamiento causal lineal, en el que una sola causa produce un solo efecto, sin contemplar la posibilidad que varias variables puedan actuar simultáneamente a la vez.

### **Modelo de encaramiento solar**

En el modelo de encaramiento solar, el fenómeno responsable de los ciclos estacionales y el del ciclo día/noche confluyen en un mismo sistema explicativo, aunque es muy probable que de manera inconsciente para el alumno, que no logra percibir el conflicto de razonamiento que tiene lugar. De esta forma, se supone que es la zona enfrentada o encarada al Sol la que recibiría más directamente los rayos solares y la que, por tanto, debe coincidir con el verano. El Invierno, por el contrario, se reserva para la zona opuesta a la anterior, la situada al otro lado de la Tierra, mientras las zonas a las que llegan los rayos de forma oblicua, correspondería con las estaciones intermedias de Primavera y Otoño (figura 5).

Este modelo explicativo, encontrado en la literatura por diversidad de autores (De Manuel, 1995; Sharp, 1996; Navarrete, 1998a,b) lo articulan sólo para justificar las estaciones, prescindiendo inconscientemente de otros procesos o sucesos involucrados

como sería la rotación terrestre y la sucesión día-noche. Es un modelo que se suele utilizar para interpretar la supuesta simultaneidad de las cuatro estaciones terrestres, aunque también, según sea la premisa de partida, con las adaptaciones oportunas, para explicar dos estaciones o una sola.

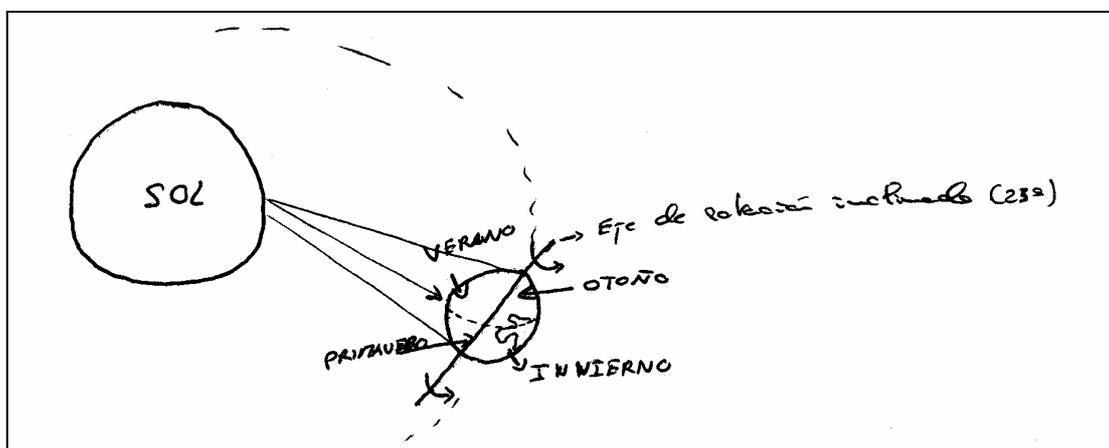


Figura 5.- Modelo de encaramiento solar para explicar los ciclos estacionales.

Desde nuestro punto de vista, y aunque sería un tema para investigar más a fondo, este modelo parece concebir que la Tierra está siempre iluminada y por tanto recibe luz solar en cualquiera de los puntos de su superficie. Los sujetos que sostienen este modelo parecen concebir a la Tierra como inmersa en una atmósfera de luz creada por el Sol. No piensan, por tanto, en términos absolutos de luz o no luz, sino en zonas iluminadas más o menos directamente por el Sol y otras que la reciben de forma difusa. Tal como le llegaría a un objeto situado delante de un foco luminoso, un flexo por ejemplo, en la cara enfrentada al foco, en los laterales o en la cara opuesta al mismo, si los dispusiéramos dentro de cualquier habitación con paredes capaces de reflejar la luz.

Guesne (1989) describió en sus estudios sobre las concepciones de los alumnos en óptica un modelo que denominó "baño de luz", que consiste en pensar que las cosas se iluminan porque están en un lugar donde hay claridad. Creemos que las ideas que sustentan dicho modelo puede ser la base del que nosotros hemos denominado de "encaramiento solar".

### Otros modelos

Nos referiremos a continuación a tres modelos que aparecen con un menor nivel de aceptación en los alumnos, pero que se repiten a través de distintos estudios lo que los hace significativos para ser referidos en nuestra revisión.

#### *Modelo de inclinación de los rayos*

En este caso la estacionalidad se atribuye a la diferente inclinación con la que llegan los rayos solares a la Tierra: perpendiculares en verano con aumento progresivo de la oblicuidad para el resto de las estaciones, hasta llegar al invierno con el grado

máximo. Este modelo busca diferentes argumentos para conseguir que los rayos lleguen con la inclinación deseada y así producir el supuesto efecto buscado. En unas ocasiones, se coloca el Sol artificialmente en planos diferentes al de la Tierra. En otras, se reduce el tamaño del Sol casi a un foco puntual para lograr que los rayos emerjan de él como haces divergentes. Finalmente, en otras, o no se dibuja el origen de los rayos, o bien estos parten del Sol con diferente inclinación, a voluntad, según la estación que se desee justificar. En todos los casos, según se puede ver en la figura 7, se fuerza intencionadamente, según convenga, a que los rayos se dirijan a la tierra con una inclinación previa determinada.

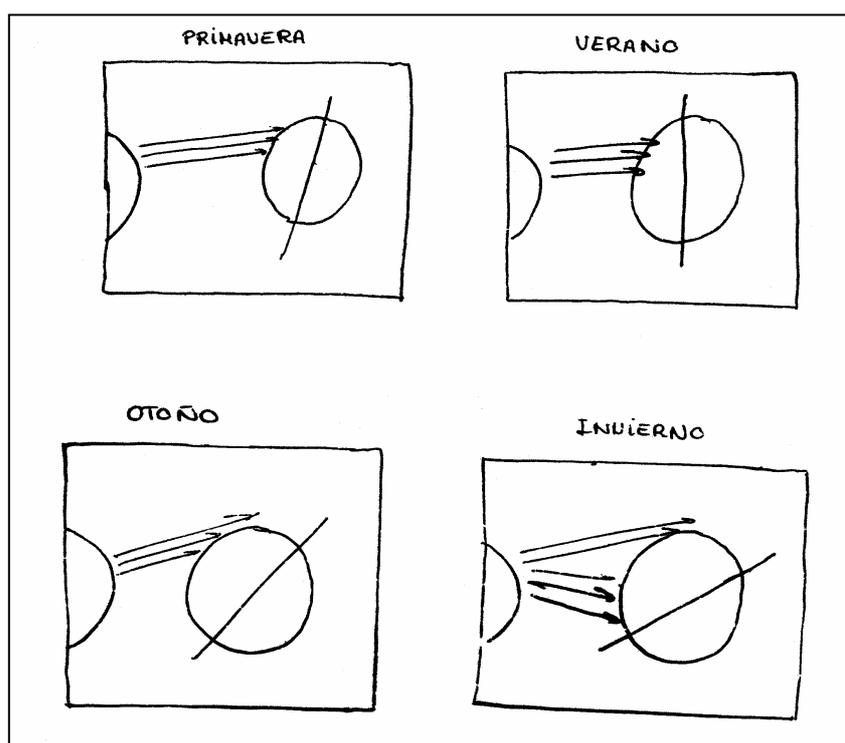


Figura 7- Modelo de inclinación de los rayos (Navarrete 1998a).

#### *Modelo de calentamiento y enfriamiento solar*

El modelo de calentamiento y enfriamiento sucesivo es un modelo que sitúa la causa de las estaciones en el propio Sol, el cual de forma periódica aumentaría y disminuiría su actividad irradiando más o menos cantidad de calor. De esta manera, las épocas de mayor irradiación corresponderían al verano y las de menor al invierno, considerándose de forma implícita la existencia de una sola estación para toda la Tierra. Este modelo ha sido encontrado por Sharp (1996), en una muestra de alumnos de 10 a 11 años (12%), y más tarde por Roald y Mikalsen (2001) en una muestra de alumnos de 7 a 17 años (10%).

#### *Modelos teleológicos y finalistas*

Más que de un modelo concreto, se trata de un estilo o una forma de argumentar a la hora de elaborar explicaciones a este fenómeno. Se considera, de forma normalmente implícita, que los efectos preceden a las causas o incluso que son consustanciales con la propia naturaleza y no necesitan explicación. Ejemplo de este tipo de razonamientos

lo encontramos cuando los sujetos señala que *"la Tierra gira alrededor del Sol a la distancia adecuada y la Tierra forma un ángulo recto con el Sol"* (Ojala, 1992) o cuando indican que *"en el Sur siempre hace más calor que en el Norte"* (De Manuel, 1996).

## SÍNTESIS DE LO REVISADO Y ASPECTOS PENDIENTES POR INVESTIGAR

Según lo visto en la revisión, la comprensión científica de las nociones referentes al sistema S-T-L, en general, y de los ciclos estacionales en particular, presentan una serie de obstáculos y dificultades que se podrían resumir en torno a las siguientes causas:

- (1) Estas nociones presentan, en sí mismas, un cierto grado de dificultad intrínseca debido al nivel de abstracción que requiere el paso del fenómeno observado a su representación e interpretación en un marco heliocéntrico, a veces fácil de aceptar pero no tan fácil de asumir e imaginar.
- (2) Los modelos intuitivos que los alumnos suelen mantener en torno a esos temas, muestran cierta utilidad y poder adaptativo, de manera que, aun moviéndose en unos términos alejados de la explicación científica del fenómeno, mantienen un cierto grado de lógica interna y sirven para interpretar una cierta variedad de hechos. Esta utilidad y adaptabilidad para modificarse a sí mismos, es la causa de su persistencia y dificultad para evolucionar hacia los modelos escolares que serían deseables. En el caso especial de los ciclos estacionales, aparece una clara tendencia en los alumnos para aportar en sus modelos explicaciones basadas en el factor distancia, atribuyendo a los veranos posiciones más próximas al Sol y los inviernos las más lejanas.
- (3) Los entornos educativos con frecuencia no sólo no estimulan suficientemente la posibilidad de evolución de estos modelos, sino que a veces, incluso, contribuyen a crear obstáculos a través de visiones y explicaciones deformadas y erróneas de la realidad científica, presentes en los textos escolares y en las explicaciones de los profesores.

Con vistas a profundizar en todos estos problemas y de buscar estrategias que faciliten la progresión de los modelos explicativos de los alumnos hacia otros más avanzados y próximos a la ciencia formal, nos parece preciso en el futuro la realización de investigaciones que permitan acceder a los cambios que se van generando en el aula en esos modelos a medida que avanza el proceso de enseñanza.

En este sentido, hay que decir que la mayoría de trabajos consultados en la literatura ofrecen una visión estática del saber de los alumnos. Muestran, algo así, como una fotografía fija y, normalmente, única de las mismas, lo cual aporta una visión muy pobre y limitada. En el mejor de los casos, se recurre a estudios evolutivos transversales, es decir, en los que se comparan las concepciones de estudiantes de distintas edades procedentes de diferentes submuestras. A través de esos trabajos, tal vez, puedan extraerse algunos indicios sobre cómo evolucionan los modelos explicativos de los alumnos y cuáles son los obstáculos que encuentran en el camino,

pero tales conclusiones quedan puramente en el plano de las conjeturas. En este sentido, el estudio de Vega (2001a) constituye una de las pocas excepciones a esta regla, llegando a recurrir a un estudio longitudinal.

Por otra parte, se detecta también una escasez de estudios que profundicen en los procesos de aprendizaje que tienen lugar en situaciones de aula. Bien es verdad que algunos de ellos evalúan el cambio en las concepciones a través de la enseñanza. Pero el tipo de estudios realizados suele ser de tipo cuantitativo limitándose a comparar los resultados antes y después. No llegan a profundizar, por tanto, en los procesos intermedios que suceden, por lo que tampoco ofrecen una visión completa de los obstáculos que se suceden y de los mecanismos que ayudan a los alumnos a superar esos obstáculos.

En otras palabras, un problema fundamental que hemos detectado en lo realizado hasta ahora sobre el estudio de las interpretaciones de los alumnos acerca del fenómeno de las estaciones, es la escasez de estudios de procesos abordados desde un enfoque cualitativo y longitudinal.

Y ya para finalizar, hemos de hacer mención también a lo limitado que ha resultado hasta ahora el bagaje de instrumentos empleados en las investigaciones de este tipo, probablemente como consecuencia de las limitaciones metodológicas antes apuntadas. La mayoría de trabajos recurren a cuestionarios, entrevistas o a ambos a la vez. Sin embargo, el uso de otras herramientas de recogida de información, como la observación, el portafolios del alumno o el diario del profesor ha estado presente sólo de forma puntual y aislada. El trabajo de Barab et al. (2000) es uno de los pocos que realiza una adecuada triangulación metodológica, integrando diversas técnicas e instrumento, pero sus pretensiones quedan bastante lejos de lo que es realizar un estudio de seguimiento de las concepciones y obstáculos en el aprendizaje.

Consecuentemente con ello, la investigación que recientemente hemos realizado sobre estos temas, de la cual haremos aportaciones en futuras publicaciones, intenta contribuir a cubrir algunas de las lagunas e insuficiencias señaladas, abriendo así un espacio que ayude a comprender mejor la naturaleza y el origen de los obstáculos y dificultades que encuentran las personas al estudiar el fenómeno de las estaciones.

## REFERENCIAS

- AFONSO, R.; BAZO, C.; LÓPEZ, M.; MACAU, M.D. y RODRÍGUEZ, M.L. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el Universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 327-336.
- ATWOOD, R.K. y ATWOOD, V.A. (1996). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the causes of seasons. *Journal or Research in Science Teaching*, 33(5), pp. 553-563.
- ATWOOD, R.K. y ATWOOD, V.A. (1997). Effects on instruction on preservices elementary teachers conceptions of the causes of night and day and the seasons. *Journal of Science Teacher Education*, 8(1), pp. 1-13.

- BARAB, S.A.; HAY, K.E.; BARNETT, M., y KEATING, T. (2000). Virtual Solar System Project: building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), pp. 719-756.
- BARNETT, M., BARAB, S.A. y HAY, K.E. (2001). The Virtual Solar System Project: student modelling of the Solar System. *Journal of College Science Teaching*, 30(5), pp. 300-305.
- BAXTER, J.H. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 502-513.
- BAXTER, J.H. y PREECE, P.F.W. (1999). Interactive multimedia and concrete three-dimensional modelling. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15(4), pp. 323-331.
- CAMINO, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. Un estudio con maestros de Primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 81-96.
- DE MANUEL, J. (1995). ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 227-236.
- DOVE, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. *The School Science Review*, 79, pp. 65-69.
- DUNLOP, J. (2000). How children observe the Universe. *Electronic Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(2), pp. 194. En [http://WWW.atnf.csico.au/pasa/17\\_2/](http://WWW.atnf.csico.au/pasa/17_2/).
- EDELSON, D.; SALIERON, C.; MATESE, G.; PITTS, V. Y SERRÍN, B. (2002). Learning-for-use in Earth Science: kids as climate modelers. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans.
- JONES, B.I., LYNCH, P.P. y REESINK, C. (1987). Children's conceptions of the earth, sun and moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), pp. 43-53.
- KEATING, T., BARNETT, M., BARAB, S.A. y HAY, K.E. (2002). The Virtual Solar System Project: developing conceptual understanding of scientific concepts through building three-dimensional computational models. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), pp. 261-275.
- LIGHTMAN, A. y SADLER P. (1993). Teacher predictions versus actual student gains. *The Physics Teacher*, 31, pp. 162-167.
- LUCAS, K.B. y COHEN, M.R. (1999) The changing seasons: teaching for understanding. *Australian Science Teachers' Journal*, 45(4), pp. 9-17.
- NAVARRATE, A. (1998a). Algunas aportaciones sobre las concepciones de los futuros maestros en torno a los movimientos relativos del sistema Sol-Tierra. En E. Banet y A. de Pro (coords.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*. Vol. II. DM: La pobla de Segur.
- NAVARRATE, A. (1998b). Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos relativos del sistema "Sol/Tierra/Luna" en el contexto de la formación inicial de maestros. *Investigación en le Escuela*, nº 35, pp. 5-20.
- NAVARRATE, A. (2004). *Obstáculos y dificultades en la evolución de las estructuras conceptuales y epistemológicas de los futuros maestros: Un estudio de casos*

- sobre el fenómeno de las estaciones. Tesis doctoral, publicada por ProQuest ISBN: 84-7786—285-0, UMI, nº 3107335.
- OJALA, J. (1992). The third planet. *International Journal of Science Education*, 14(2), pp. 191-200.
- PARKER, J. y HEYWOOD, D. (1998). The earth and beyond: developing of primary teachers' understanding of basical astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), pp. 503-520.
- RASTOVAC, J.J. y SLAVSKY, D.B. (1986). The use of paradoxes as an instructional strategy. *Journal of College Science Teaching*, 16(2), pp. 113-118.
- ROALD, I. y MIKALSEN, O. (2000). What are the Earth and the heavenly bodies like? A study of abjectual conceptions among Norwegian deaf and hearing pupils. *International Journal of Science Education*, 22(4), pp. 337-355.
- ROALD, I. y MIKALSEN, O. (2001). Configuration and dynamics of the Earth-Sun-Moon: an investigation into conceptions of deaf and learning pupils. *International Journal of Science Education*, 23(4), pp. 423-440.
- SCHOON, K.J. (1992). Students' alternative conceptions of Earth and space. *Journal of Geological Education*, 40, pp. 209-214.
- SCHOON, K.J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the Earth and space sciences: a survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Sciences Education*, 7(2), pp. 27-46.
- SHARP, J.G. (1996). Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18(6), pp. 685-712.
- TRUMPER, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), pp. 1111-1123.
- VEGA, A.M. (2001a). *Sol y Luna, una pareja precopernicana. Estudio del día y la noche en Educación infantil*. Tesis Doctoral. Universidad de la Laguna.
- VEGA, A.M. (2001b). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna). Representación del profesorado de Primaria acerca del día y de la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 31-44.

**Anexo 1.- Perfil de trabajos empíricos sobre dificultades y obstáculos en el aprendizaje de nociones relativas al fenómeno de las estaciones.**

	Nivel escolar de los sujetos de la muestra						Tipo de estudio realizado					Técnicas e instrumento de recogida de datos				
	Infantil/ Primaria	Secundaria	Profesores de primaria en formación inicial	Profesores de Primaria en ejercicio	Alumnos universitarios en general	Adultos	Estudios descriptivos de ideas	Estudios evolutivos		Cuasiexperimentales. Efecto de la enseñanza	Estudios de proceso	Cuestionario escrito	Entrevista	Observación	Portafolios/informes del alumno	Diario/notas de campo del profesor
								Transversales	Longitudinales							
Atwood y Atwood (1996)			X				X					X	X			
Atwood y Atwood (1997)			X							X		X				
Baxter (1989)	X	X		X				X				X	X			
Barab et al. (2000)					X						X		X	X	X	X
Camino (1995)				X						X		X	X			
De Manuel (1995)		X	X					X		X		X	X			
Dove (1998)	X						X					X				
Dunlop (2000)	X	X								X		X				
Lightman y Sadler (1993)		X					X					X				
Navarrete (1998a)			X				X					X				
Navarrete (1998b)			X								X	X			X	
Ojala (1992)			X				X					X	X			
Parker y Heywood (1998)			X	X						X		X				
Rastovac y Slavsky (1986)					X		X			X		X				

	<i>Nivel escolar de los sujetos de la muestra</i>						<i>Tipo de estudio realizado</i>					<i>Técnicas e instrumento de recogida de datos</i>				
	Infantil/ Primaria	Secun- daria	Profesores de primaria en formación inicial	Profesores de Primaria en ejercicio	Alumnos universi- tarios en general	Adultos	Estudios descripti- vos de ideas	Estudios evolutivos		Cuasiex- perimen- tales. Efecto de la enseñanza	Estudios de proceso	Cues- tionario escrito	Entrevista	Obser- vación	Porta- folios/informes del alumno	Diario/ notas de campo del profesor
								Transver- sales	Longitudi- nales							
Roald y Mikalsen (2001)	X	X						X					X			
Schoon (1992)	X	X				X	X	X				X				
Schoon (1995)			X									X				
Sharp (1996)	X						X						X			
Trumper (2001)		X										X				
Vega (2001a)	X			X		X	X		X	X						X

**Anexo 2.- Categorización de modelos explicativos más frecuentes sobre el fenómeno de las estaciones.**

Denominación del modelo		Ejemplo de autores
A. Modelos de distancia	A.1 Modelo de distancia absoluta por excentricidad de la órbita	De Manuel (1995) Camino (1995) Parker y Heywood (1998)
	A.2 Modelo de distancia relativa por inclinación del eje terrestre	Ojala (1992) Parker y Heywood (1998)
	A.3 Otros	Sharp (1996)
	A.3.1 Modelo de distancia por vaivén terrestre	Camino (1995)
	A.3.2 Modelo de distancia entre órbitas concéntricas	Ojala (1992)
B. Modelos de distancia inversa	A.3.3 Modelo de distancia por curvatura terrestre	Ojala (1992)
	B.1 Modelo "manguera"	De Manuel (1996) Navarrete (1998a,b)
	B.2 Modelo "linterna"	Navarrete (1998a,b)
C. Modelo de encaramiento solar		Sharp (1996)
D. Otros modelos	D.1 Modelo de inclinación de los rayos	Ojala (1992) Navarrete (1998a)
	D.2 Modelo de calentamiento y enfriamiento solar	Sharp (1996) Roald y Mikalsen (2001)
	D.3 Modelos teleológicos o finalistas	Ojala (1992)