

Máster en Profesor de Secundaria
Especialidad de Física y Química

Universitat de València

**¿Qué saben nuestros adolescentes de
astronomía?**

Un análisis de los conocimientos básicos relacionados
con los modelos mentales del sistema Tierra-Sol-Luna
en las etapas de ESO y Bachillerato.

Trabajo Final de Máster
Jorge García Meseguer



Tutor: Rafael Palomar Fons
Curso 2019-2020

Resumen

El objetivo de este estudio es comprobar cuánto sabe de astronomía el alumnado de un instituto y las concepciones alternativas que posee, y explorar si de alguna forma el desarrollo personal y académico a lo largo de los distintos cursos mejora este conocimiento. Para ello se ha elaborado y realizado un cuestionario de preguntas abiertas a 194 estudiantes en el que se estudian los conocimientos relacionados con el sistema Tierra-Sol-Luna. Los resultados confirman que las concepciones alternativas erróneas más comunes están presentes en la muestra y muestran su persistencia en el alumnado a lo largo de los cursos, por lo que una mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la astronomía en el currículum sería necesaria para afrontar las dificultades de comprensión que se les presentan.

Palabras clave: enseñanza de la astronomía, Tierra/Sol/Luna, concepciones alternativas

Abstract

The objective of this study is to verify how much high school students know about astronomy and the alternative conceptions that they hold, and to explore if in some way the personal and academic development throughout the different school years improves this knowledge. For that reason, an open-answer questionnaire has been prepared and carried out to 194 students, in which the knowledge related to the Earth-Sun-Moon system is studied. The results confirm that the most common erroneous alternative conceptions are present in the sample and show their persistence in the students throughout the courses, so an improvement in the teaching and learning process of astronomy in the curriculum would be necessary to face the understanding difficulties that they are presented with.

Keywords: astronomy teaching, Earth/Sun/Moon, alternative conceptions

Índice

1. Introducción.....	4
2. Marco teórico.....	5
2.1. ¿Cuándo se enseña la astronomía?.....	8
2.2. Hipótesis y objetivos	9
3. Diseño experimental.....	11
3.1. Muestra.....	11
3.2. Cuestionario	11
4. Resultados.....	14
4.1. Categorización de las respuestas y presentación de los resultados	14
5. Discusión y análisis de resultados.....	27
5.1. Comparativa por cursos	27
5.2. Discusión de cada ítem.....	28
6. Conclusiones.....	33
7. Bibliografía	35

1. Introducción

El estudio de la astronomía está estrechamente ligado al día a día, nos ha resuelto a la humanidad muchas de las dudas que se nos han presentado sobre el mundo, y sigue haciéndolo, además de tener importantes implicaciones prácticas. Se ha comprobado en diversos estudios (Schoon, 1992; de Manuel, 1995; Bach y Franch, 2004) que hechos y fenómenos tan cotidianos como las estaciones, los cambios en las duraciones de los días, los movimientos del Sol y de la Luna con sus diferentes fases, etc. son explicados mediante distintas representaciones y concepciones alternativas, llamadas "teorías personales" (Claxton, 1984) que conforman una "ciencia intuitiva" (Osborne y Freyberg, 1985).

Estas representaciones, limitadamente útiles en su capacidad de comprensión y predicción del mundo, pueden dar algunas respuestas al porqué de estos fenómenos, pero suelen ser bastante lejanas a las teorías científicas vigentes, y pueden tener diversos orígenes (Pozo et al., 1991). Sobre el efecto de estas concepciones alternativas sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, Schoon (1992) sostiene que:

“Children who hold alternative conceptions have a great deal of difficulty learning new materials because their variant conceptions provide a faulty foundation for the formation of new insights. Teachers who want to teach effectively should know which alternative conceptions their students are likely to have and then develop teaching strategies that will overcome suspected alternative conceptions ” (p.209)

Debido a esto, es primordial para la enseñanza de la astronomía conocer y tener en cuenta los conocimientos previos del alumnado, y de esta manera las concepciones alternativas que presenten, con el fin de adaptar el proceso de enseñanza para contrarrestar éstos y alcanzar de forma eficaz un aprendizaje significativo.

Por todo ello, en este trabajo se plantea como problema averiguar si en los cursos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato se comprenden los conceptos básicos de astronomía, en este caso el modelo Tierra-Sol-Luna, en el contexto de un instituto de barrio de clase social baja, y ver si la comprensión cambia a medida que se avanza en la enseñanza secundaria.

2. Marco teórico

El marco actual de la enseñanza de las ciencias se basa en una visión socioconstructivista, la cual plantea que la creación de conocimiento es una acción propia de cada persona y que el contexto sociocultural de la misma afecta a este proceso (Vygotsky, 1978). Es por esto, por lo que la labor de la docencia es la de guiar este proceso de desarrollo de conocimiento teniendo en cuenta el medio que lo envuelve, y de esta forma, trabajar siempre desde un punto de vista contextualizado.

Es también de gran importancia por parte del profesorado tener en cuenta los conocimientos previos del alumnado (Shtulman y Valcarcel, 2012), de manera que sus actividades didácticas partan desde ese conocimiento, ayuden de forma eficiente a la eliminación de los fundamentos erróneos y finalmente asienten unos correctos cimientos donde los conceptos más complejos puedan erigirse. Respecto a esta cuestión, Vosniadou y Brewer (1994) introducen el término *modelo mental*, el cual sería, como explica Vega Navarro (2001):

"[...]una estructura condicionada por creencias, inferencias, presuposiciones y otras estructuras mentales, formada 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. Se trata, por tanto, de estructuras mentales dinámicas que evolucionan a medida que nuevas informaciones se confrontan con las creencias y presuposiciones que conforman los modelos mentales previos y menos desarrollados." (p.35).

Los problemas y dificultades a los que se enfrenta el alumnado a la hora de comprender conceptos básicos de la astronomía llevan décadas siendo observados (Schoon, 1992; Camino, 1995), y la fuerte prevalencia de las distintas concepciones que poseen puede verse claramente al encontrarse éstos hoy en día (Solbes y Palomar, 2013; Vílchez-González, 2015) con la misma intensidad que en el pasado (Schoon, 1992; Vosniadou y Brewer, 1994). Además, se ha comprobado que no sólo son los alumnos los que tienen concepciones alternativas erróneas, también las presenta el profesorado y es una fuente de transmisión de éstas (Berg y Brouwer, 1991; Schoon, 1995; Vega Navarro, 2001). Al respecto de estas

representaciones mentales del profesorado, Vega Navarro (2001) las diferencia de los *modelos mentales* ya que, al partir éstas de bloqueos conceptuales acarreados desde la infancia, no son construcciones dinámicas ni evolutivas, sino que son “*representaciones incoherentes que bloquean el ámbito de conocimiento del que forman parte, porque el profesorado sí es consciente de esa incoherencia*” (p. 35).

En el entorno escolar los *modelos mentales* que nos encontramos son los denominados *sintéticos*, estadios intermedios entre los modelos iniciales y el científico (Vosniadou y Brewer, 1994). Los modelos alternativos más frecuentemente encontrados son los que asocian el Sol con el día y la Luna con la noche, los que definen la distancia de la Tierra al Sol como causa de las estaciones y que la sombra de la Tierra es la causante de las fases de la Luna (Camino, 1995; de Manuel, 1995; Bach y Franch, 2004; Solbes y Palomar, 2013; Vílchez-González, 2015).

Estas concepciones erróneas tan persistentes son debidas en parte a la dificultad de desarrollar modelos explicativos que describan las enormes escalas y tiempos de los fenómenos astronómicos de manera más sencilla y alcanzable por el alumnado, y a las propias concepciones alternativas que posee el mismo profesorado y/o los libros de texto de ciencias (Carmona, 1994; Domínguez y Varela, 2008; Navarro, 2011; Solbes y Palomar, 2011; Varela et al., 2012). Debido a la visión Sistema-Solar-Céntrica que se suele trabajar en la escuela y en los libros de texto (García Herrero, 2014), los alumnos en general conocen poco o nada sobre la estructura de nuestra vía Láctea y sobre el universo en general, más allá de su origen en el *Big Bang* (Afonso et al., 1995; Palomar, 2014), lo que les deja con una visión sesgada y limitada del universo en el que vivimos.

También ha sido objeto de discusión el momento de enseñanza de conceptos astronómicos como el modelo Tierra-Sol-Luna (Vílchez-González, 2015; Kriner, 2004), ya que el nivel de desarrollo cognitivo y conceptual del alumnado de primaria y primeros ciclos de la ESO es a veces insuficiente para poder comprender correctamente la dimensión espacial del sistema Tierra-Sol-Luna. Es también importante, como expone Nussbaum (1992), el concepto de Tierra como cuerpo cósmico, clave para entender este modelo y porqué se confunden fenómenos como los ciclos lunares y los eclipses.

Desde una visión contextualizada en el momento actual, teniendo en cuenta la creciente crisis climática y la necesidad de evolucionar y educar de manera transversal hacia un desarrollo sostenible, al hablar de la enseñanza de la astronomía no podemos dejar pasar la oportunidad de hacer mención al problema *capital* con el que convivimos en nuestra sociedad urbanizada, y este es efectivamente, la contaminación lumínica. A parte de ser un gasto energético desmesurado e innecesario, esta clase de contaminación nos vela por completo gran parte de nuestro cielo estrellado, dejando sin posibilidad de ver más allá de la Luna y las estrellas y planetas más brillantes, lo que deja sin sentido enseñar a usar un planisferio o aprender a identificar constelaciones (Zuza y Alduncin, 2009).

En esta línea, actualmente también se contempla la enseñanza de la Historia de la Ciencia y de la astronomía para humanizar y acercar las ciencias al alumnado y con ello conseguir una mayor contextualización histórico-social y mejor comprensión de los conceptos (Matthews, 1994; Solbes y Palomar, 2011). Reflexionar sobre los diferentes problemas científico-sociales que tuvieron que superar las distintas figuras científicas a lo largo de muchos años para elaborar y alcanzar el nivel de conocimiento del que disponemos hoy en día, es un ejercicio que enriquece de una manera mucho más profunda que si simplemente se exponen los conocimientos actuales sin ningún tipo de contexto (Solbes y Palomar, 2011). Esto comporta también una oportunidad para visibilizar las figuras femeninas que tanto aportaron en la ciencia, ya que se trata de un colectivo que durante muchos siglos ha sido infravalorado, ignorado, en muchos casos perseguido, y hoy en día sigue sufriendo este tipo de discriminaciones (Rossiter, 1993; Díaz Martínez, 2013; López-Navajas, 2014).

2.1. ¿Cuándo se enseña la astronomía?

En el currículum de enseñanza actual (LOMCE) en España la astronomía en la Educación Primaria está presente en la asignatura de Ciencias Sociales, en el 1er y 3er ciclo principalmente, y en menor medida en el 2º ciclo. En primer ciclo, en el primer curso (6 años), se tratan: los diferentes elementos del sistema Solar; los movimientos de rotación y traslación, su relación con la sucesión del día y la noche y del cambio estacional; y las fases de la Luna. En segundo ciclo, en 3º (8 años), se tratan brevemente las nociones de mapa, plano y globo terrestre, así como los puntos cardinales y las líneas imaginarias de los paralelos y meridianos. En tercer ciclo, en 5º curso (10 años), se vuelven a los elementos del sistema solar, incluyendo su origen y el del Universo y sus componentes.

Por otro lado, en la enseñanza secundaria la astronomía se puede encontrar principalmente en la asignatura de Biología y Geología en el primer y 4º Curso de la ESO. En el primer curso se puede encontrar, en el bloque 2: “La Tierra en el universo”, los conceptos de origen del universo, la evolución histórica de la concepción de la posición de la Tierra en el universo, las características del sistema solar, los movimientos de la Tierra y sus consecuencias, la escala del universo, los métodos de observación, técnicas de orientación, e interpretación de fenómenos relacionados con los movimientos de la Tierra y la Luna. Tras una ausencia de 2 años en el currículum de esta asignatura se puede volver a encontrar, en el 4º y último curso de la ESO, en el bloque 3: “La dinámica de la Tierra” una breve mención al sistema Tierra como sistema cambiante: el origen del sistema solar y de la Tierra, su historia y la evolución de sus diferentes subsistemas: geosfera, hidrosfera y atmósfera.

Finalmente, en los ciclos del bachillerato podemos encontrar, en las asignaturas optativas de Física y Química de 1º y Física de 2º, breves menciones sobre conceptos relacionados con la astronomía, tales como las leyes de gravitación de Kepler en el Bloque 7: Dinámica de 1ºBach.; y aplicaciones prácticas del concepto de gravitación a movimientos de cuerpos astronómicos y satélites artificiales en el Bloque 2: Interacción gravitatoria de 2ºBach.

Como podemos comprobar, la enseñanza de conceptos de astronomía en el currículum actual de enseñanza es muy temprana en primaria, y en general, muy breve, espaciada e insuficiente para que el alumnado pueda construir correctamente un conocimiento sobre la misma y

desarrollar un modelo mental Tierra-Sol-Luna que le permita entender los fenómenos y periodicidades astronómicas que le rodean.

2.2. Hipótesis y objetivos

La hipótesis de partida de nuestro estudio es la siguiente: los alumnos no tienen una perspectiva correcta para apropiarse del modelo Tierra-Sol-Luna y alcanzar una comprensión significativa del mismo.

Esto es debido a las concepciones previas que han desarrollado por sí mismos, por influencia de su experiencia y de la sociedad, mezclados con la breve enseñanza teórica de los conceptos básicos de astronomía del currículum de primaria y de la enseñanza secundaria obligatoria.

Por otro lado, planteamos como segunda hipótesis de nuestro trabajo la siguiente: las concepciones alternativas que presenta el alumnado disminuyen a medida que se avanza hacia cursos superiores, atendiendo al propio desarrollo cognitivo del alumnado y su mayor experiencia del mundo y del pensamiento científico.

Exponemos en la Tabla 1 los objetivos que consideramos que el alumnado debería poder alcanzar una vez hubieran asimilado los conceptos básicos de astronomía que estudiamos en este trabajo, junto con las dificultades que se les presentan, que les obstaculizan el aprendizaje de estos conocimientos y perpetúan las concepciones alternativas que podemos observar.

Tabla 1: Objetivos y dificultades de nuestro estudio.

Objetivos	Dificultades
Comprender la rotación terrestre y cómo el ciclo día-noche y su evolución a lo largo del año configura nuestra forma de medir el tiempo.	No se tiene curiosidad por el funcionamiento del mundo natural o directamente se acepta de forma automática mediante ideas preconcebidas y modelos erróneos (geocentrismo)
Comprender el movimiento de traslación terrestre, el eje de rotación de la Tierra y asociar las estaciones del año a su efecto combinado.	Persistencia de ideas y modelos basados en errores de observación y en analogías extrapoladas de la experiencia o de situaciones regionales, todas ellas basadas en la lógica, pero erróneas.
Comprender la traslación de la Luna, sus ciclos y cómo su visión en el cielo otorga una perspectiva espacial de ella y la Tierra como cuerpos cósmicos.	La explicación excesivamente teórica del movimiento lunar en etapas tempranas de desarrollo cognitivo, junto con el alto grado de abstracción de los conceptos y el conocimiento espacial que requiere comprenderlos.
Comprender aplicaciones básicas de la astronomía y su importancia para la supervivencia de la especie	Las nuevas tecnologías han desconectado a la población del mundo natural y el cosmos, olvidándose así los importantes papeles que tenían en la sociedad

3. Diseño experimental

El objetivo de este estudio es comprobar la presencia o no de estas dificultades en nuestra muestra de alumnado. Por ello, consultamos las investigaciones destacadas sobre esta premisa y adaptamos las preguntas que compartían los objetivos que tenemos para construir un instrumento de medición de estos conocimientos.

Queremos mencionar que el propósito del estudio no era evaluar el alumnado, sin embargo, por la propia naturaleza del contenido y las distintas categorías de respuesta encontradas, por simplicidad se han agrupado en “respuestas correctas” e “incorrectas”

3.1. Muestra

Dadas las circunstancias de disponibilidad de alumnado y tiempo, la investigación se basó en un muestreo por conveniencia. Este cuestionario se pasó a todos los grupos disponibles de ESO y Bachillerato del Instituto de Enseñanza Secundaria Orriols de Valencia, España, durante el transcurso de las prácticas curriculares correspondientes al Máster de Formación del Profesorado. Se recogieron 194 cuestionarios divididos entre los cursos como puede verse en la Tabla 2.

Tabla 2: Distribución por cursos de la muestra recogida.

1º ESO	2º ESO	3º ESO	4º ESO	1º Bach.	2º Bach.	Total
N= 45	N= 48	N= 25	N= 25	N= 29	N= 22	N= 194

El rango de edades del alumnado oscilaba entre los 12 y los 19 años, sin ningún tipo de neurodivergencias reconocidas.

3.2. Cuestionario

El cuestionario utilizado es una adaptación de preguntas de otros estudios realizados, con algunas modificaciones: los ítems 1, 2, 5, y 6, de Vílchez-González (2015); ítems 8, 9 y 10 de de Manuel (1995); ítem 3 de Palomar (2014), e ítem 11 de Solbes y Palomar (2013). Por último, los ítems 4 y 7 fueron creación propia. El resultado final puede verse en la Figura 1.

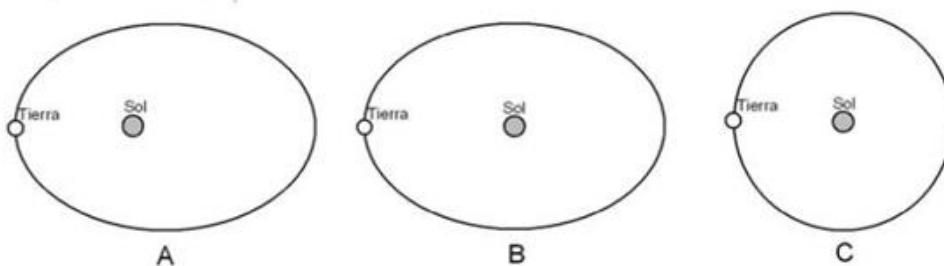
Figura 1: Cuestionario utilizado en nuestro estudio.

Cuestionario de análisis: Conceptos de cosmología y astronomía

Curso:.....

Este es un cuestionario **anónimo** cuyos resultados son confidenciales y serán únicamente utilizados para su análisis en el marco de una investigación en enseñanza de las ciencias, concretamente de la astronomía. Por favor, justifica las respuestas: un Sí/No a solas no sirve. Si es necesario, puedes ayudarte de dibujos o esquemas para apoyar las explicaciones que hagas.

- 1.- ¿Dónde se encuentra el Sol cuando es de noche?
- 2.- ¿Y la Luna cuando es de día?
- 3.- Explica en qué periodicidades está basado nuestro calendario (día, mes, año)
- 4.- Comenta la frase: al mediodía (hora solar) el Sol se encuentra siempre sobre nuestra cabeza, en el cénit.
- 5.- ¿Sale y se pone el Sol siempre por el mismo punto del horizonte? Justifica la respuesta.
- 6.- Si nos fijamos varias noches seguidas en la Luna, podemos ver cómo va cambiando su forma, lo que llamamos las fases de la Luna: Luna llena, creciente, menguante y nueva. Explica el porqué de este fenómeno.
- 7.- ¿Siempre vemos la misma cara de la Luna? Justifica tu respuesta.
- 8.- ¿Cuál de estos tres dibujos se aproxima más a la trayectoria que sigue la Tierra alrededor del Sol? (pon un círculo en la letra)



- 9.- Da una explicación de por qué en verano hace calor y en invierno hace frío.
- 10.- 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.
- 11.- Explica qué aplicaciones prácticas tiene la astronomía y las observaciones que deberían llevarse a cabo en cada una de ellas.

Con el fin de detectar las dificultades presentadas, elegimos los ítems utilizados en nuestro cuestionario atendiendo a la relación que tienen con nuestros objetivos y dificultades, y los presentamos de esta forma relacionados en la Tabla 3.

Tabla 3: Objetivos y dificultades de nuestro estudio relacionados con los ítems del cuestionario.

Objetivos	Dificultades	Preguntas del cuestionario
Comprender la rotación terrestre y cómo el ciclo día-noche y su evolución a lo largo del año configura nuestra forma de medir el tiempo.	No se tiene curiosidad por el funcionamiento del mundo natural o directamente se acepta de forma automática mediante ideas preconcebidas y modelos erróneos (geocentrismo)	1, 2, 3, 4, 5
Comprender el movimiento de traslación terrestre, el eje de rotación de la Tierra y asociar las estaciones del año a su efecto combinado.	Persistencia de ideas y modelos basados en errores de observación y en analogías extrapoladas de la experiencia o de situaciones regionales, todas ellas basadas en la lógica, pero erróneas.	8, 9, 10
Comprender la traslación de la Luna, sus ciclos y cómo su visión en el cielo otorga una perspectiva espacial de ella y la Tierra como cuerpos cósmicos.	La explicación excesivamente teórica del movimiento lunar en etapas tempranas de desarrollo cognitivo, junto con el alto grado de abstracción de los conceptos y el conocimiento espacial que requiere comprenderlos.	6, 7
Comprender aplicaciones básicas de la astronomía y su importancia para la supervivencia de la especie	Las nuevas tecnologías han desconectado a la población del mundo natural y el cosmos, olvidándose así los importantes papeles que tenían en la sociedad	11

Tras esto, se pasaron los cuestionarios en los diferentes cursos del instituto, en las horas de tutoría concedidas por el profesorado, permitiendo realizarlo durante un máximo de 30 minutos. Se obtuvieron 194 cuestionarios totales, distribuidos, como hemos visto en la Tabla 2, en los 4 cursos de la ESO y 1º y 2º de Bachillerato.

La corrección fue realizada mediante el establecimiento de categorías de respuestas, agrupando en primera instancia las respuestas asociadas a correctas por un lado y las erróneas divididas en las categorías más destacables.

4. Resultados

Los resultados obtenidos fueron bastante representativos de las dificultades señaladas y similares a los de otros estudios. El alumnado presenta muchas concepciones alternativas y a vistas sobre los fenómenos astronómicos en cuestión.

4.1. Categorización de las respuestas y presentación de los resultados

El análisis de las respuestas del cuestionario se realizó mediante una categorización de las respuestas más frecuentes, atendiendo a las teorías personales más extendidas. A continuación, se detallan los ítems y las correspondientes categorías de respuestas encontradas, junto con algunos tipos de respuestas dentro de esas categorías, sus frecuencias y un breve análisis de lo obtenido en cada ítem del cuestionario.

Ítem 1:

¿Dónde se encuentra el Sol cuando es de noche?

- Respuestas correctas:
 - Respuesta de tipo “Punto de vista - *Sistema solar*”.
 - Respuesta de tipo “Punto de vista - *Tierra*”.
- Respuestas incorrectas:
 - En algún lugar indeterminado más lejano (en el espacio, en el cielo, etc.).
 - Escondido en algún lugar del entorno (montañas, Luna, nubes).
 - Incoherente.

Tabla 4: Resultados del ítem 1.

Categorías Item 1	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	27 (60%)	28 (58%)	16 (64%)	13 (52%)	19 (66%)	18 (82%)	121 (62%)
P. Vista Sistema Solar	6 (13%)	15 (31%)	9 (36%)	10 (40%)	9 (31%)	7 (32%)	56 (29%)
P. Vista Tierra	21(47%)	13 (27%)	7 (16%)	3 (12%)	10 (34%)	11 (50%)	65 (34%)
Incorrectas	18 (40%)	20 (42%)	9 (36%)	12 (48%)	10 (34%)	4 (18%)	73 (38%)
Lugar indeterminado	7 (16%)	4 (8%)	4 (16%)	2 (8%)	3 (10%)	2 (9%)	22 (11%)
Escondido	6 (13%)	7 (15%)	2 (8%)	8 (32%)	5 (17%)	0 (0%)	28 (14%)
Incoherente	4 (9%)	6 (13%)	3 (12%)	1 (4%)	2 (7%)	1 (5%)	17 (9%)
NS/NC	1(2%)	3 (6%)	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (5%)	6 (3%)

En esta primera pregunta encontramos en la Tabla 4 que la participación es la más alta de todos los ítems (97%), siendo razonable al ser la primera y por su sencillez de estructura. La proporción de respuestas correctas es relativamente alta en comparación con el resto (62%) lo que nos indica que en general el resultado es aceptable en términos globales del estudio, pero, como podemos ver en la Tabla 4, aunque todos los cursos superan el 50%, es una cuestión muy sencilla que no debería presentar tan alto número de respuestas incorrectas.

La idea más extendida es la de que la Tierra gira alrededor del Sol: *“El Sol cuando ilumina la superficie de la Tierra produce los días, la parte no iluminada es la noche”*, *“Está en el mismo sitio porque es la Tierra la que gira”* lo que nos indica que el heliocentrismo está bastante extendido, pero con algunos problemas de comprensión. Encontramos también muy frecuentemente una respuesta que consideramos correcta, ya que entiende y parte de un punto de vista de la Tierra como cuerpo en el espacio: *“Al otro lado de la Tierra”*, *“Al otro lado del globo terrestre”*. El resto de las respuestas erróneas se dividen entre frases del tipo lugar indeterminado: *“En el universo”* *“Se encuentra en [otro país/el norte/sur/este/oeste]”*; escondido: *“Detrás de la Luna”*, *“Las nubes lo tapan”*; o incoherentes: *“No está en ningún sitio”*, *“No está porque si no será de día”*, *“En otra dimensión”*.

Ítem 2:

¿Y [dónde está] la Luna cuando es de día?

- Respuestas correctas:
 - En el cielo, a veces visible.
- Respuestas incorrectas
 - En el cielo, o en algún lugar más lejano, no visible.
 - En la otra parte de la Tierra, acorde con idea de Noche=Luna y Día=Sol.
 - Escondida en algún lugar del entorno (montañas, nubes).
 - Incoherente.

Tabla 5: Resultados del ítem 2.

Categorías Item 2	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	3 (7%)	5 (10%)	2 (8%)	0 (0%)	4 (14%)	5 (23%)	19 (10%)
Incorrectas	39 (87%)	36 (75%)	22 (88%)	25 (100%)	25 (86%)	15 (68%)	162 (84%)
Cielo, no visible	10 (22%)	4 (8%)	7 (28%)	5 (20%)	6 (21%)	3 (13%)	35 (18%)
Otra parte	18 (40%)	18 (38%)	12 (48%)	8 (32%)	11 (38%)	11 (50%)	78 (40%)
Escondido	4 (9%)	8 (17%)	1 (4%)	9 (36%)	4 (14%)	1 (5%)	27 (14%)
Incoherente	7 (16%)	6 (13%)	2 (8%)	3 (12%)	4 (14%)	0 (0%)	22 (11%)
NS/NC	3 (7%)	7 (15%)	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (9%)	13 (7%)

En este ítem la participación es muy alta también (93%), probablemente por los mismos motivos que la anterior. La proporción de respuestas correctas es muy baja (10%) con ejemplos como “*Gira alrededor de la tierra y depende de cómo le dé la luz del sol puede verse*” o “*A veces de día se puede ver*”. Como vemos en la Tabla 5, la idea más extendida es la que relaciona la noche con la Luna y el día con el Sol: “*En la otra parte de la Tierra donde es de noche*”, “*Iluminando las partes de la Tierra que son de noche*” y, en segundo lugar, que se encuentra en algún lugar y no es visible de día: “*Sigue estando en el cielo pero no se ve porque no brilla*”. El resto de las respuestas incorrectas son similares a las encontradas en el ítem anterior, indicando que está escondida, o no está.

Ítem 3:

Explica en qué periodicidades está basado nuestro calendario (día, mes, año).

- Respuestas correctas:
 - Menciona las 3 periodicidades:
 - El día: en la rotación de la Tierra sobre sí misma.
 - El mes: en las fases de la Luna originariamente, pero más tarde adaptado a las estaciones y la duración del año.
 - Año: en el tiempo que tarda la Tierra en dar la vuelta al Sol
- Respuestas parcialmente correctas:
 - Menciona 2 de las 3 periodicidades correctamente.
 - Menciona 1 de las 3.
- Respuestas incorrectas:
 - Incoherente/otras.

Tabla 6: Resultados del ítem 3.

Categorías Item 3	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas (3/3)	1 (2%)	2 (4%)	1 (4%)	3 (12%)	2 (7%)	2 (9%)	11 (6%)
P. Correctas (1-2/3)	10 (22%)	8 (17%)	6 (24%)	5 (20%)	5 (17%)	3 (14%)	37 (19%)
Incorrectas	19 (42%)	27(56%)	13 (52%)	15 (60%)	17 (59%)	16 (73%)	107 (55%)
NS/NC	15 (33%)	11 (23%)	5 (20%)	2 (8%)	5 (17%)	1 (5%)	39 (20%)

Tabla 7: frecuencia de cada tipo de periodicidad acertada.
Nota: % sobre el total de las respuestas con periodicidades acertadas.

Respuestas con period. acertadas	1º ESO N= 11	2º ESO N= 10	3º ESO N= 7	4º ESO N= 8	1º Bach. N= 7	2º Bach. N= 5	Total N= 48
Día	8 (73%)	8 (80%)	4 (57%)	7 (88%)	6 (86%)	4 (80%)	37 (77%)
Mes	1 (9%)	3 (30%)	3 (43%)	3 (38%)	2 (29%)	2 (40%)	14 (29%)
Año	10 (91%)	9 (90%)	5 (71%)	6 (75%)	5 (71%)	5 (100%)	40 (83%)

En esta pregunta, podemos ver en la Tabla 6 que la participación fue alta (80%) y el porcentaje de respuestas correctas bajo (25%). Cabe destacar la gran cantidad de respuestas con fallos de comprensión de la pregunta, el 51% de las incorrectas, que mencionan las duraciones, y no el porqué.

En este caso, la naturaleza del ítem nos da un rango de análisis mayor, pudiendo comprobar la frecuencia, dentro de las respuestas correctas y parcialmente correctas, con la que se conocen las periodicidades causantes del día, mes y año por separado. Como puede verse en la Tabla 7, en este caso las periodicidades más conocidas fueron la del año y la del día, con gran diferencia con respecto a la del mes.

Ítem 4:

Comenta la frase: al mediodía (hora solar) el Sol se encuentra siempre sobre nuestra cabeza, en el cénit.

- Respuestas correctas:
 - Dice que es incorrecta: el Sol nunca alcanza el cénit en nuestra latitud.
- Respuestas parcialmente correctas:
 - Dice que es incorrecta: da razones, pero no afirma nada del cénit
 - Dice que es incorrecta: no da la razón

- Respuestas incorrectas:
 - Dice que la frase es correcta
 - Incoherente, redundante, no entiende o repite la frase y otras.

Tabla 8: Resultados del ítem 4.

Categorías Item 4	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	0 (0%)	2 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	4 (14%)	0 (0%)	8 (4%)
P. Correctas	3 (6%)	4 (8%)	2 (8%)	4 (16%)	0 (0%)	0 (0%)	13 (7%)
Incorrecta, razones erróneas	1 (2%)	0 (0%)	1 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	0 (%)	4 (2%)
Incorrecta, no da razones	2 (4%)	4 (8%)	1 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	0 (%)	9 (5%)
Incorrectas	24 (53%)	29 (60%)	14 (56%)	16 (64%)	24 (83%)	22 (100%)	129 (66%)
NS/NC	18 (40%)	13 (27%)	7 (28%)	5 (20%)	1 (3%)	0 (0%)	44 (23%)

En esta pregunta, la participación fue ligeramente inferior a la anterior (77%), por lo que se aprecia una tendencia a la baja conforme avanzamos en el cuestionario y en la dificultad de las preguntas. Solo un 11% del alumnado respondió correctamente. En general, se percibe una frecuente mala comprensión de la pregunta y del acto de *comentar*, ya que a menudo se responde repitiendo la frase o explicándola: “*Al mediodía, ya que es la mitad de las horas donde hay luz Solar*” (2ºBach.), “*Se refiere que al mediodía los rayos de Sol son directos*” (2ºESO), “*Significa que el sol está en el medio*” (1ºESO).

Ítem 5:

¿Sale y se pone el Sol siempre por el mismo sitio? Justifica la respuesta.

- Respuestas correctas:
 - No lo hace, varía el punto por donde sale y se pone a lo largo del año.
- Respuestas incorrectas:
 - Sí lo hace, (razones varias). Este y oeste, todos los días del año.
 - No lo hace, con otras justificaciones incorrectas que no mencionan ninguna variabilidad.
 - (No entiende la pregunta).
 - Incoherente.

Tabla 9: Resultados del ítem 5.

Categorías Ítem 5	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	9 (20%)	7 (15%)	5 (20%)	4 (16%)	3 (10%)	0 (0%)	28 (14%)
Incorrectas	33 (73%)	33 (69%)	19 (76%)	20 (80%)	25 (86%)	22 (100%)	152 (78%)
Sí lo hace	8 (18%)	13 (27%)	4 (16%)	5 (20%)	5 (17%)	3 (14%)	38 (20%)
No lo hace (justif. Incorrectas)	5 (11%)	6 (13%)	3 (12%)	2 (8%)	4 (14%)	0 (0%)	20 (10%)
No entiende la pregunta	18 (40%)	13 (27%)	10 (40%)	11 (44%)	13 (45%)	17 (77%)	82 (42%)
Incoherente	2 (4%)	1 (2%)	2 (8%)	2 (8%)	3 (10%)	2 (9%)	12 (6%)
NS/NC	3 (7%)	8 (17%)	1 (4%)	1 (4%)	1 (3%)	0 (0%)	14 (7%)

En la Tabla 9 podemos ver un aumento de la participación (93%) en este ítem debido a la aparente sencillez de la pregunta, sin embargo, la proporción de respuestas correctas es similar a la anterior (14%).

La idea más extendida es la que afirma que el Sol no varía su punto de salida. La popular frase de que “el Sol sale por el este y se pone por el oeste” condiciona mucho las respuestas a este ítem. De hecho, el 54% de las respuestas incorrectas corresponden a respuestas en las que se da a entender que no se ha comprendido bien el enunciado, ya que responde negativamente a la pregunta, pero afirma la misma idea que comentamos antes: “*No, sale por el este y se pone por el oeste*”.

Ítem 6:

Si nos fijamos varias noches seguidas en la Luna, podemos ver cómo va cambiando su forma, lo que llamamos las fases de la Luna: Luna llena, creciente, menguante y nueva. Explica el porqué de este fenómeno.

- Respuestas correctas:
 - Explica las fases de la Luna correctamente.
- Respuestas incorrectas:
 - La Luna al rotar cambia cómo la vemos ya que tiene siempre una misma mitad iluminada y otra en oscuridad.
 - El Sol ilumina más o menos la Luna a lo largo de las fases.
 - La Tierra (u otro objeto) tapa a la Luna
 - Por la luz del Sol (sin más explicaciones o incompleta)

- La Luna cambia de forma
- Incoherente/Redundante/No entiende la pregunta/Otras

Tabla 10: Resultados del ítem 6.

Categorías Ítem 6	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	2 (4%)	3 (6%)	5 (20%)	3 (12%)	5 (17%)	1 (5%)	19 (10%)
Incorrectas	23 (51%)	32 (67%)	14 (56%)	15 (60%)	17 (59%)	17 (77%)	118 (61%)
Misma cara iluminada que rota	1 (2%)	4 (8%)	2 (8%)	0 (0%)	1 (3%)	0 (0%)	8 (4%)
El Sol ilumina más o menos	0 (0%)	3 (6%)	2 (8%)	3 (12%)	6 (21%)	1 (5%)	15 (8%)
Algo tapa a la Luna	1 (2%)	5 (10%)	4 (16%)	1 (4%)	3 (10%)	6 (27%)	20 (10%)
“Luz del Sol”	8 (18%)	5 (10%)	2 (8%)	3 (12%)	2 (7%)	6 (27%)	26 (13%)
La Luna cambia de forma	5 (11%)	1 (2%)	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (4%)
Incoherente	8 (18%)	14 (29%)	4 (16%)	7 (28%)	5 (17%)	4 (18%)	42 (22%)
NS/NC	20 (44%)	13 (27%)	6 (24%)	7 (28%)	7 (24%)	4 (18%)	57 (29%)

En esta pregunta, la participación (71%) fue menor que en las anteriores, en línea con lo esperado al aumentar la dificultad. La proporción de correctas fue similar (10%).

Como muestra la Tabla 10, la clase de respuesta incorrecta más frecuente fue la respuesta incompleta “*Por la luz del Sol*”, la que sólo afirma la parte más básica del fenómeno. Le siguen respuestas que afirman que *algo* tapa la luna, principalmente la Tierra: “*Por la posición que toma con respecto a la Tierra, que la Tierra hace sombra a la luna y queda iluminada la parte a la que le llega la luz solar*”, o las que afirman que el Sol la ilumina más o menos: “*porque depende de cómo le de los rayos del Sol a la Luna. A veces la luna es media porque el Sol no le da del todo*”. Sin embargo, las respuestas incoherentes o redundantes fueron las más numerosas, con ejemplos como “*Por las fases de la Luna*”, “*Porque va creciendo*”, “*Depende de las fechas*” o “*Porque es el cambio*”.

Cabe mencionar una peculiar concepción alternativa encontrada que parece afirmar que las fases se deben a la rotación de una Luna con una mitad fija siempre iluminada: “*El sol le da por un lado y cuando la luna gira hace que se vea de varias formas*”, “*Porque le da el Sol y gira*”, “*Porque hay unas partes que no tienen luz*”. Esta idea es confirmada con las correspondientes respuestas del siguiente ítem.

Ítem 7:

¿Siempre vemos la misma cara de la Luna? Justifica tu respuesta.

- Respuestas correctas:
 - Sí, porque los períodos de rotación y traslación son iguales.
- Respuestas incorrectas:
 - Sí, “No rota” o “No se mueve”
 - Sí, (otras razones)
 - No, porque se mueve.
 - No, (Confunde con fases de la Luna)
 - No, (otras razones)
 - Incoherente/otros

Tabla 11: Resultados del ítem 7.

Categorías Ítem 7	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	6 (13%)	2 (4%)	1 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	3 (14%)	14 (7%)
Incorrectas	31 (69%)	38 (79%)	17 (68%)	23 (92%)	27 (93%)	18 (82%)	154 (80%)
Sí, no rota o no se mueve	2 (4%)	3 (6%)	2 (8%)	6 (24%)	4 (14%)	4 (18%)	21 (11%)
Sí (otras razones)	7 (16%)	6 (13%)	1 (4%)	2 (8%)	5 (17%)	1 (5%)	22 (11%)
No, porque se mueve	8 (18%)	15 (31%)	5 (20%)	7 (28%)	9 (31%)	6 (27%)	50 (26%)
No, (confunde con fases)	6 (13%)	8 (17%)	4 (16%)	5 (20%)	6 (21%)	3 (14%)	32 (16%)
No, (otras razones)	5 (11%)	4 (8%)	2 (8%)	1 (4%)	2 (7%)	3 (14%)	17 (9%)
Incoherente	3 (7%)	2 (4%)	3 (12%)	2 (8%)	1 (3%)	1 (5%)	12 (6%)
NS/NC	8 (18%)	8 (17%)	7 (28%)	0 (0%)	2 (7%)	1 (5%)	26 (13%)

En este caso, la aparente sencillez de la pregunta va acompañada, como hemos ido viendo con el resto de los resultados, de una mayor participación (87%). Sin embargo, también tenemos una proporción de respuestas correctas muy baja (7%).

La Tabla 11 muestra que la idea más frecuente es la que afirma que no vemos siempre la misma cara ya que la Luna rota sobre sí misma: “*También gira como la Tierra, por tanto, no vemos siempre la misma*”, “*No, porque gira*”. También encontramos frecuente la peculiar concepción, vista en el ítem anterior, que asocia las fases de la Luna a la rotación sobre sí misma: “*La Luna va cambiando de forma cada día, un día podemos ver luna llena, otro día luna menguante... etc.*” o “*No, porque va cambiando de figuras*”. El resto de las respuestas

incorrectas, o bien confunden alguna parte del movimiento del satélite asumiendo que no rota o no se mueve: “*Si. La Luna no tiene movimiento de rotación y siempre muestra una misma cara*”; o bien simplemente niegan o afirman la pregunta, justificando o no con otras razones, a veces incoherentes: “*No, porque cuando es de día sale por un lado y cuando es de noche sale por otro*”.

Ítem 8:

¿Cuál de estos tres dibujos se aproxima más a la trayectoria que sigue la Tierra alrededor del Sol?

- Respuestas correctas:
 - C (Sol en centro de órbita circular)
- Respuestas incorrectas:
 - A (Sol en foco de órbita elíptica)
 - B (Sol en centro de órbita elíptica)

Tabla 12: Resultados del ítem 8

Categorías Item 8	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas (C)	15 (33%)	13 (27%)	5 (20%)	4 (16%)	6 (21%)	2 (9%)	45 (23%)
Incorrectas	27 (60%)	32 (67%)	20 (80%)	19 (76%)	23 (79%)	20 (91%)	141 (73%)
A	11 (24%)	14 (29%)	8 (32%)	10 (40%)	8 (28%)	8 (36%)	59 (30%)
B	16 (36%)	18 (38%)	12 (48%)	9 (36%)	15 (52%)	12 (55%)	82 (42%)
NS/NC	3 (7%)	3 (6%)	0 (0%)	2 (8%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (4%)

En esta pregunta, al caracterizarse por el tipo de respuesta tipo test, nos encontramos con una participación casi total (96%). La proporción de respuestas correctas es mayor que la anterior, aunque baja (23%). Sin embargo, debido al tipo de respuesta, hay que tener en cuenta el factor de aleatoriedad de esta clase de preguntas, que puede haber jugado un papel importante, por lo que el resultado real debe ser menor. De hecho, en muchos cuestionarios en los que el resto de las respuestas eran dejadas en blanco, esta pregunta sí era respondida, y por ese contexto, es esperable que esa respuesta fuese al azar.

Como muestra la Tabla 12, la idea más frecuente ha sido la que muestra una trayectoria elíptica con el Sol situado en el centro. La siguiente respuesta más frecuente es la que sitúa el Sol en uno de los focos de una órbita elíptica.

Ítem 9:

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

- Respuestas correctas:
 - Por la inclinación de la Tierra y el ángulo de incidencia de los rayos solares.
- Respuestas incorrectas:
 - Por la distancia al Sol.
 - Por el movimiento de rotación/traslación de la Tierra.
 - Otras respuestas.
 - Redundante/ Incoherente.

Tabla 13: Resultados del ítem 9

Categorías Item 9	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	8 (18%)	3 (6%)	1 (4%)	2 (8%)	2 (7%)	4 (18%)	20 (10%)
Incorrectas	28 (62%)	39 (81%)	23 (92%)	22 (88%)	27 (93%)	17 (77%)	156 (81%)
Distancia al Sol	12 (27%)	20 (42%)	16 (64%)	14 (56%)	17 (59%)	7 (32%)	86 (44%)
Movimiento Tierra	2 (4%)	2 (4%)	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	2 (9%)	7 (4%)
Otras	4 (9%)	9 (19%)	3 (12%)	5 (20%)	5 (17%)	1 (5%)	27 (14%)
Redundante/Inc.	10 (22%)	8 (17%)	4 (16%)	2 (8%)	5 (17%)	7 (32%)	36 (19%)
NS/NC	9 (20%)	6 (13%)	1 (4%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (5%)	18 (9%)

En este ítem encontramos una participación muy alta (91%) por la sencillez y cotidianeidad de la pregunta, junto a un porcentaje de respuestas correctas bajo (10%). La idea más extendida es que la distancia al Sol es la que produce las estaciones del año, como vemos en la Tabla 13. La siguiente clase de respuesta más frecuente es la que engloba respuestas redundantes o incoherentes, tales como: “*Por las estaciones del año*”, “*Porque suben y bajan las temperaturas*” o “*Porque es el cambio*”. Le siguen las respuestas que sí tratan de dar una explicación, aunque incorrecta: “*Por la distinta duración de los días*”, “*El sol en verano está más caliente que en invierno*”, “*Por la distinta fuerza del sol*”. Por último, encontramos unas pocas respuestas que asocian el cambio de temperaturas al movimiento de la Tierra: “*Porque la Tierra se mueve y el Sol da en distintas posiciones*” (2ºESO), “*Por la rotación de la Tierra que hace que cambie de estación dependiendo donde se encuentre*” (2ºBach.)

Ítem 10:

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.

- Respuestas correctas:
 - Por la inclinación de la Tierra y el diferente ángulo de incidencia de los rayos solares entre un hemisferio y otro.
- Respuestas incorrectas:
 - El Sol da más fuerte.
 - Por la mayor proximidad al Sol.
 - Explicaciones incompletas.
 - Otras explicaciones.
 - Redundantes/ Incoherentes.

Tabla 14: Resultados del ítem 10

Categorías Item 10	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correcta	3 (7%)	1 (2%)	0 (0%)	2 (8%)	0 (0%)	2 (9%)	8 (4%)
Incorrectas	25 (56%)	33 (69%)	23 (92%)	20 (80%)	24 (83%)	18 (82%)	143 (74%)
Mayor fuerza del Sol	3 (7%)	2 (4%)	1 (4%)	1 (4%)	1 (3%)	1 (5%)	9 (5%)
Proximidad al Sol	3 (7%)	4 (8%)	6 (24%)	5 (20%)	7 (24%)	2 (9%)	27 (14%)
Incompletas	1 (2%)	4 (8%)	5 (20%)	4 (16%)	4 (14%)	5 (23%)	23 (12%)
Otras	7 (16%)	13 (27%)	8 (32%)	3 (12%)	7 (24%)	3 (14%)	41 (21%)
Incoherentes	11 (24%)	10 (21%)	3 (12%)	7 (28%)	5 (17%)	7 (32%)	43 (22%)
NS/NC	17 (38%)	14 (29%)	2 (8%)	3 (12%)	5 (17%)	2 (9%)	43 (22%)

Similar al ítem 9, en esta pregunta encontramos una participación relativamente alta (78%), pero por otro lado la proporción de correctas más baja (4%). Como muestra la Tabla 14, las categorías de respuestas más frecuentes son la redundante e incoherente y las que dan razones erróneas o teleológicas, con ejemplos como: “*Por el equinoccio y solsticio*”, “*Porque la Tierra se mueve y el Sol depende de donde esté hará calor o frío*”, “*Porque las nubes se mueven y se llevan el aire caliente*” o “*Porque no podría ser en los cuatro verano por algo hay 4 estaciones*”.

Al igual que en el ejercicio anterior, se presenta de nuevo la idea de la distancia al Sol como causa de las estaciones. Podemos ver en algunos casos que esta idea se apoya en la inclinación del eje de la Tierra, pero no en el aspecto de la incidencia de los rayos, si no como justificación de la diferencia en la distancia: “*Porque el eje de la Tierra está inclinado, lo que hace que cuando el hemisferio sur está más cerca del Sol el norte está más alejado*”, “*Porque ese hemisferio está más cercano al Sol*”. También se han agrupado por separado otras respuestas poco frecuentes pero destacables, como la peculiar expresión “*Porque el Sol da más fuerte*” encontrada en un 5% de cuestionarios.

Ítem 11:

Explica qué aplicaciones prácticas tiene la astronomía y las observaciones que deberían llevarse a cabo en cada una de ellas.

- Respuestas correctas:
 - Citan aplicaciones indicando la observación en que se basan
- Respuestas parcialmente correctas:
 - Citan aplicaciones sin indicar observaciones
- Respuestas incorrectas:
 - Incorrectas/sin sentido

Tabla 15: Resultados del ítem 11

Categorías Item 11	1º ESO N= 45	2º ESO N= 48	3º ESO N= 25	4º ESO N= 25	1º Bach. N= 29	2º Bach. N= 22	Total N= 194
Correctas	0 (0%)	0 (0%)	3 (12%)	0 (0%)	2 (7%)	2 (9%)	7 (4%)
P. Correctas	0 (0%)	2 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	4 (14%)	1 (5%)	9 (5%)
Incorrectas	14 (31%)	19 (40%)	11 (44%)	7 (28%)	12 (41%)	15 (68%)	78 (40%)
NS/NC	31 (69%)	27 (56%)	9 (36%)	18 (72%)	11 (38%)	4 (18%)	100 (52%)

En este último ítem encontramos la participación más baja (48%), y una proporción de correctas del 8%. Sólo un 4% de los alumnos encuestados es capaz de nombrar aplicaciones de la astronomía y las observaciones en las que se basan, entre las que se encuentran sencillamente la orientación diurna y nocturna por la trayectoria del sol y las estrellas y el registro del tiempo por un reloj solar. Entre las respuestas que mencionan alguna aplicación,

pero no las observaciones involucradas, la gran mayoría se refieren a predicción de las estaciones, con menciones a la agricultura y la elaboración del calendario.

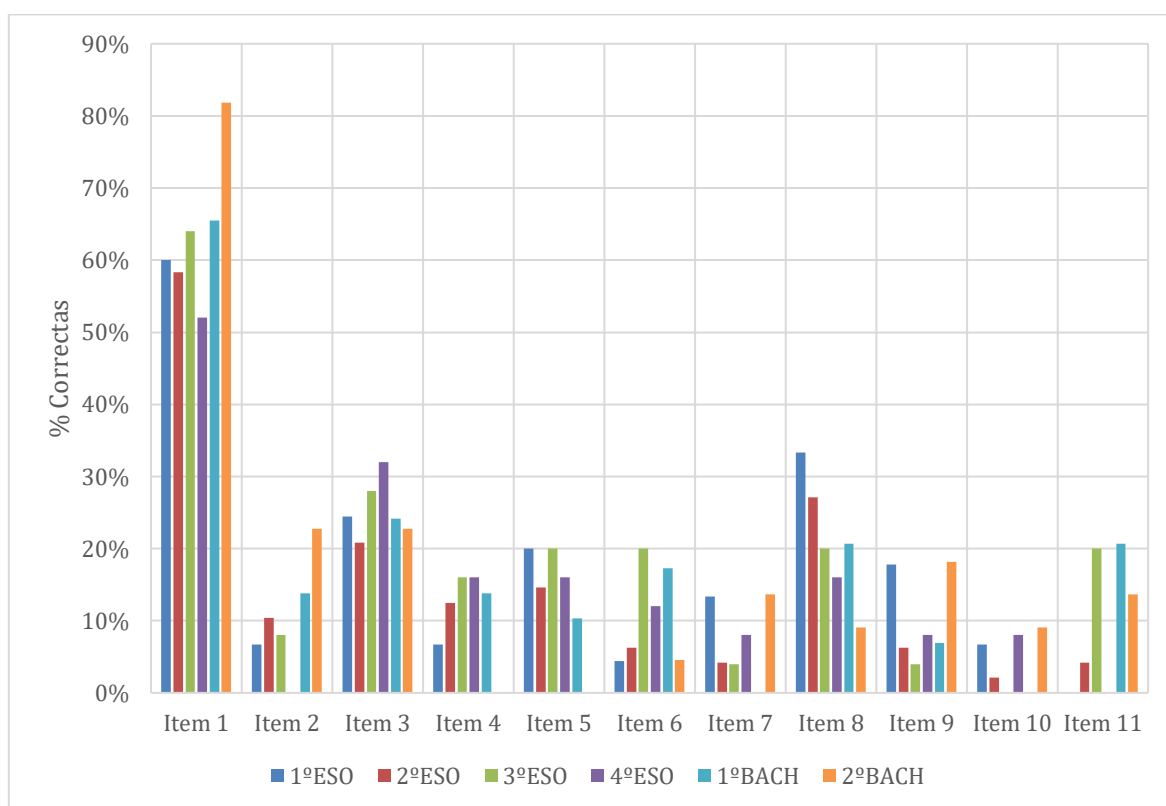
El 80% de las respuestas incorrectas confunde las aplicaciones prácticas de la astronomía con la búsqueda del conocimiento sobre el universo. Cabe destacar que en sólo 2 cuestionarios fueron encontradas menciones al horóscopo.

5. Discusión y análisis de resultados

5.1. Comparativa por cursos

Los resultados obtenidos nos muestran que, efectivamente, existe una gran prevalencia de concepciones alternativas en nuestra muestra de alumnado de secundaria y bachillerato. Para estudiar la evolución del conocimiento sobre astronomía conforme se avanza de curso, comparamos a continuación los resultados obtenidos en cada ítem, como se muestra en la figura 2:

Figura 2: Respuestas correctas de cada curso en cada ítem.



Como podemos ver, en algunos conceptos la progresión de un curso al siguiente es positiva, tales como la posición del Sol durante la noche y la de la luna durante el día (ítems 1 y 2) el ítem 4, referente a la posición del Sol en el cielo a mediodía, también presenta una leve mejoría, pero en 2º de Bachillerato desaparece, a pesar de que la participación es total.

Sin embargo, la tendencia general es neutra, siendo negativa en cuestiones puntuales como la posición de salida y puesta del sol (ítem 5) y la forma de la órbita de la Tierra (ítem 8).

5.2. Discusión de cada ítem

Basar nuestro cuestionario en otros trabajos nos permite comparar los resultados obtenidos con los de dichos estudios, de manera que podemos ver si las categorías de respuesta elaboradas concuerdan con las concepciones alternativas encontradas en la bibliografía. Igualmente, también se pueden comparar las variaciones entre resultados teniendo en cuenta las similitudes o diferencias entre las características de las personas participantes de los distintos estudios.

Con respecto al ítem 1, la aparición de dos tipos de respuestas correctas, la esperada, “punto de vista - *Tierra*” y la de “punto de vista - *Sistema Solar*” nos hace ver que la repetición en las aulas y en general en la sociedad de esa idea de que “es la Tierra la que gira alrededor del Sol” hace que los alumnos la repitan de modo automático, a veces presuponiendo erróneamente cuestiones que no tienen que ver con la pregunta, como con la afirmación “*el Sol no se mueve*” encontrada en varias de las respuestas. Se hace patente que no se cuestiona realmente si esa respuesta es o no es lo que se está preguntando, o si existe una respuesta más sencilla, pero igualmente correcta, ya que, como en el ejemplo anterior, técnicamente no se les pregunta acerca de si el Sol se mueve o no, sólo de su posición relativa con respecto al observador/a.

En Vílchez-González (2015), este ítem es utilizado en un contexto educativo más temprano, concretamente en segundo curso de primaria, por lo que las categorías encontradas son similares pero sus frecuencias muy distintas. En el estudio original, el porcentaje de respuestas correctas en el pretest es de 24,6%, a diferencia de nuestro 62%, lo que tiene sentido ya que, a mayor edad, existe una mayor exposición al heliocentrismo.

Las respuestas obtenidas en el ítem 2 se asemejan a las respuestas encontradas en otros estudios. En Vílchez-González (2015) las categorías encontradas son las mismas, sin embargo, nuestra investigación encuentra que un 40% del alumnado tiene la concepción errónea de que la Luna es el “astro de la noche”, a diferencia del 26,2% en el pretest del mencionado estudio. Esta concepción es frecuentemente vista también en el profesorado, como muestra el estudio Vega Navarro (2001).

En segundo lugar, el resultado global obtenido en este ítem nos muestra la poca experiencia observacional del alumnado, que abiertamente afirma que la Luna no se ve de día, cuando una breve observación del cielo en determinados días de la fase lunar puede mostrar lo erróneo de esta afirmación. Esto es algo también coincidente con las investigaciones antes mencionadas.

Con respecto al ítem 3 se manifestó durante la cumplimentación de los cuestionarios en las aulas un amplio desconocimiento del término “periodicidades” el cual probablemente produjo confusión en el alumnado a la hora de resolver este ítem, a pesar de ser explicado, previo al comienzo del ejercicio, en cada una de las aulas en las que se repartió el cuestionario. Este ítem fue adaptado de una propuesta didáctica (Palomar, 2014, p.158), y, atendiendo a lo observado antes, podría considerarse reformularlo si se le da uso en un futuro cuestionario de análisis, para evitar tanta confusión al respecto.

En el ítem 4 comenzamos a ver diferencias significativas entre cursos en la participación y cambios en la forma en la que se responde, ya que se pasa de respuestas muy breves y una participación baja a respuestas más desarrolladas y una participación casi completa en los cursos superiores. Es muy probable que esto se deba a la confusión en el acto de comentar, sobre todo en los cursos inferiores que no han tenido todavía experiencia con este tipo de ejercicios, como el clásico comentario de texto. Similar al estudio de Schoon (1992) que encontró muy extendida la concepción de que el Sol se encuentra en el cénit a mediodía (82,4%), nuestro estudio encuentra mayoritariamente esta afirmación en un 60% del alumnado.

De manera similar al ítem anterior, se observó un gran desconocimiento del término *cénit*, el cual debió ser explicado de la misma forma en cada una de las aulas visitadas.

En el ítem 5, sorprende que la respuesta errónea más frecuente fuese la que falla en la comprensión lectora de la pregunta, la que afirmaba: “No, *sale por el este y se pone por el oeste*”. Esto nos hace preguntarnos si la misma pregunta está redactada de la mejor forma posible. En cualquier caso, las frecuencias de esta categoría pueden juntarse con las de la segunda categoría más frecuente, ya que exponen, como hemos visto, la misma idea. En el estudio original (Vílchez-González, 2015), los resultados obtenidos son muy distintos, ya

que el porcentaje de correctas en el pretest (71,6%) es muy superior al obtenido en nuestra muestra (14%). Aquí se hace patente de nuevo la falta de experiencia observacional del alumnado, sin embargo, hay que mencionar que el entorno urbano contribuye a una menor frecuencia de observación casual, ya que, a nivel de calle, el horizonte y parte de la trayectoria solar quedan ocultos tras la barrera de edificios, y de esta forma, estas importantes diferencias estacionales pueden ser ignoradas más frecuentemente.

Acerca de las fases de la Luna existe una enorme confusión y desinformación al respecto. Los resultados obtenidos en el ítem 6 nos muestran que la parte más sencilla de lo enseñado es con lo que el alumnado se ha quedado (*“Por la luz del Sol”*). Sin embargo, falta la clave de la cuestión, la rotación, traslación y posiciones relativas de Tierra y Luna, lo que obviamente encuentra una mayor dificultad de comprensión. En otros estudios observamos resultados similares al obtenido, por un lado, encontramos las mismas categorías de respuestas mencionadas en Kriner (2004), y Vílchez-González, (2015), y por otro lado, encontramos resultados similares al de Vílchez-González, (2015), siendo un 80% su proporción de alumnado que no puede explicar este fenómeno, frente a nuestro 90%. En nuestros resultados también se aprecian gran cantidad de respuestas incompletas o incoherentes que mencionan otras interpretaciones o partes del modelo científico del fenómeno, visible también en el siguiente ítem.

Las respuestas al ítem 7 nos muestran que los alumnos correctamente piensan e intuyen que la Luna debería rotar, porque así lo hace también la Tierra y todos los cuerpos del espacio. Pero si han tenido un mínimo de experiencia observacional de la misma, se encontrarán con que aparentemente no rota ya que vemos siempre los mismos rasgos en su superficie. El resultado es el que vemos: un variado conjunto de respuestas que nos muestran los distintos estadios de entendimiento del fenómeno, siendo unos más observacionales (*“Si, la Luna no tiene movimiento de rotación y siempre muestra la misma cara”*) y otros más lógico-teóricos (*“No, porque rota alrededor de sí misma, es un satélite”*). También se muestran de nuevo las concepciones alternativas relacionadas con las fases de la Luna, las cuales no tienen que ver realmente con esta pregunta, pero ocupan el mismo espacio de confusión sobre las características del movimiento lunar.

Cabe destacar que en estos dos ítems los resultados son muy dispares, ya que se percibe en el primero una mejoría de cursos más tempranos a cursos superiores, como se esperaba según nuestra segunda hipótesis, mientras que en el segundo se obtienen mejores resultados en los cursos inferiores, probablemente porque se ha dado este tema más recientemente en el currículum.

El posterior ítem 8, a pesar de tratar un concepto distinto, también presenta esta menor proporción de correctas en cursos superiores. En el estudio original, de Manuel (1995) también manifiesta este fenómeno y encontró, de la misma forma, más frecuentes las trayectorias elípticas, con aproximadamente un 60% de A (Sol en foco) y 35% de B (Sol en centro). Utilizando este mismo ítem, Bach y Franch (2004) detectaron un 81% de A, frente a un 18% de B. Sin embargo, nuestro estudio contrasta con estos resultados con un 30% de A y 42% de B, con un sorprendentemente alto 23% de respuestas correctas que eligen la órbita circular C. Es posible que este resultado se deba a la aleatoriedad, como ya hemos comentado, por lo que sería necesario estudiar más profundamente estos resultados, incluyendo, por ejemplo, la realización de entrevistas posteriores a la recogida de los cuestionarios, como las realizadas en de Manuel (1995) y otros estudios.

Los resultados de los siguientes dos ítems (9 y 10), referentes a las causas de las estaciones, están muy relacionados entre sí. En de Manuel (1995) se observan aproximadamente un 10% de respuestas correctas para el primero de ellos y un 21% en el segundo, junto con una frecuencia del 64% en el primero referente a la distancia de la Tierra al Sol como causa de las estaciones y un 12% en el segundo que relacionan la inclinación del eje con la distancia al Sol. En ambos se aprecia una mejoría al avanzar de curso, a diferencia de lo encontrado en nuestros resultados. En nuestro estudio obtuvimos un 10% de correctas en el ítem 9 y un 4% en el ítem 10 y, similares al estudio anterior, un 44% y 14% de respuestas referentes a la distancia, respectivamente. Bach y Franch (2004) encontraron para esas mismas categorías un 12% de correctas en el primero y un 21% en el segundo, junto con un 76% y 23% de respuestas acerca de la distancia, respectivamente. Tanto en el nuestro como en los estudios comentados, podemos ver que existe formidable confusión acerca de la causa de las estaciones por la gran frecuencia de las categorías de respuestas incoherentes y teleológicas encontradas.

Cabe mencionar que la participación en nuestro ítem 10 se vio reducida con respecto al anterior, bien por el aumento de la dificultad en el razonamiento, o bien por la dificultad por parte del alumnado para adaptar su modelo alternativo anterior para que explicara también la situación problema descrita en el ejercicio.

Finalmente, con respecto al Ítem 11, en general se percibe un mal entendimiento de lo que es la astronomía, un conocimiento sólo teórico de unas pocas aplicaciones y una frecuente confusión de aplicaciones prácticas y búsqueda de conocimiento en un 80% de las incorrectas, ya vista en el estudio original con un 58,6% de sus respuestas incorrectas (Solbes y Palomar, 2013).

6. Conclusiones

Según los resultados de nuestro estudio hemos comprobado que efectivamente nuestra hipótesis se confirma: los alumnos no poseen una perspectiva del modelo Tierra-Sol-Luna que les permita desarrollar correctamente sus conocimientos de astronomía, y existe una gran dificultad a la hora de entender los conceptos más básicos, por lo que es necesario renovar y actualizar la forma en la que se enseña la astronomía a los estándares actuales del marco del constructivismo.

Esta renovación bien podría incluir más tipos de actividades que son conocidos por ayudar a superar las dificultades que presenta la enseñanza de la astronomía, tales como actividades de corporeización (Solbes, Tuzón y Palomar, 2019), o de modelización a escala (Cardenete, 2009) o la inclusión de contenidos de historia de las ciencias (Solbes y Palomar, 2011). Por otro lado, las actividades de observación simulada con el uso de software como *Stellarium* (Pérez y Álvarez, 2007) pueden eliminar muchas barreras, entre las cuales se encuentran la ya comentada contaminación lumínica de los entornos urbanos y la también problemática diferencia temporal entre el horario lectivo y una posible observación nocturna.

En segundo lugar, no podemos confirmar que con nuestros resultados la segunda hipótesis quede ratificada ni desmentida: conforme se avanza en desarrollo cognitivo y cursos escolares, algunas de las concepciones alternativas disminuyen en frecuencia, otras se mantienen estables, y finalmente otras aumentan. Por todo ello, sería interesante estudiar en muestras más grandes y variadas cómo evolucionan las concepciones alternativas de ítems o cuestiones individuales del sistema Tierra-Sol-Luna de manera pormenorizada.

Se ha de profundizar también en el desarrollo e investigación en didáctica de las ciencias, ya que los resultados obtenidos en éste y otros estudios (Kriner, 2004) nos hacen percibir que el momento del desarrollo del alumnado puede no ser el apropiado para alcanzar un aprendizaje significativo de los conceptos más básicos, debido a las dificultades que presentan las escalas de los modelos astronómicos.

El diseño de este trabajo y la creación de un cuestionario con su posterior análisis nos ha aportado una visión más clara de lo que implica la investigación en Didáctica de las Ciencias. También se ha comprobado la profundidad a la que podría llegarse con un estudio de esta

índole, en este caso limitado, claro está, por cuestiones de espacio y tiempo debidas al contexto de la realización de un máster de preparación para la docencia.

Como propia autocrítica se podría decir que presentar al alumnado un cuestionario tan extenso es contraproducente, ya que produce un totalmente natural rechazo al esfuerzo, por lo que los resultados obtenidos son peores que si se hubiera presentado un cuestionario más escueto y sencillo. Por otro lado, diseñar cuestionarios tan densos tiene otra contrapartida, y es el análisis posterior que se hace de los resultados. La parte más complicada de este trabajo fue, sin duda, la categorización de las respuestas obtenidas.

En el proceso de realización de este proyecto no se ha pretendido juzgar al alumnado en base a sus conocimientos, sino evaluar el estado de la enseñanza de la astronomía en el currículum actual (LOMCE), cuyo efecto se ve reflejado efectivamente en los propios conocimientos del alumnado al respecto.

Por otro lado, con lo aportado en este estudio se recopilan datos estadísticos básicos sobre la situación de los conocimientos de astronomía en un centro de enseñanza secundaria de la Comunidad Valenciana, que pueden ser utilizados en un futuro como base para otros estudios locales en los que se requieran datos similares.

Un enfoque posible para estos futuros trabajos que hicieran uso de este conjunto de datos sería la comparación entre centros de distintos contextos socioeconómicos de la región, así como diferencias entre los modelos privado-concertado-público y otros caracteres demográficos como género, conjuntos generacionales, y contextos culturales.

Finalmente, este trabajo también tiene en cuenta el propio sesgo que produce el entorno sociocultural de recursos limitados en el que se ha realizado el estudio. Es cierto que la astronomía puede ser una disciplina que acerque el mundo de las ciencias al alumnado, provocando interés de diversas formas y alimentando esa importantísima curiosidad innata de los jóvenes. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el entorno en el que se encontraba el alumnado muestra se trataba de un entorno límite, en el cual el desarrollo de los conocimientos en astronomía (y demás ciencias en general) era de todo menos prioritario para la subsistencia de sus entornos familiares en general desfavorecidos.

7. Bibliografía

- Afonso López, R., Bazo González, C., López Hernández, M., Macau Fábrega, M. D., & Rodríguez Palmero, M. L. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el Universo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 13(3), 327-335-335.
- Bach i Plaza, J., & Franch, J. (2004). Enseñanza del sistema Sol-Tierra desde la perspectiva de las ideas previas, La. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12(3), 302-312-312.
- Berg, T., & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 3-18.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660280103>
- 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: revista de investigación y experiencias didácticas*, 13(1), 81-96-96.
- Cardenete García, S. (2011). Sol, Tierra y Luna. Movimientos relativos y sus consecuencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 512-518.
- Carmona, A. (1994). Reflexiones sobre la enseñanza de la Astronomía en la E.S.O. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(2-3), 404-409.
- Claxton, G. (1984). *Live and learn: An introduction to the psychology of growth and change in everyday life*. Harpercollins College Division.

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), 227-236.

de Manuel, J., & Montero, A. M. (1995). Dificultades en el aprendizaje del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3(2), 91-101.

Díaz Martínez, C. (2013). Las mujeres y la ciencia: La escasez de mujeres en la academia. un caso de histéresis social. *100cias@uned, Nueva época. Año 2013, n. 6*. <http://espacio.uned.es/fez/view/bibliuned:revista100cias-2013-6ne-2025>

Domínguez Herrera, M. del C., & Varela Calvo, C. (2008). Aplicación de una técnica de análisis textual a textos escolares sobre el Sistema Solar. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 7(1), 13.

García Herrero, J. L. (2014). Conocimientos astronómicos del profesorado de educación secundaria obligatoria y preferencias metodológicas para la enseñanza de astronomía. *Enseñanza & Teaching: Revista interuniversitaria de didáctica*, 32(1), 161-198. <https://gedos.usal.es/handle/10366/129545>

Gavidia Catalán, V. (2014). A vueltas con el gnomon. Buscando soluciones a problemas. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 631-647. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1327>

Kriner, A. (2004). Las fases de la Luna, ¿Cómo y cuándo enseñarlas? *Ciencia & Educação*, 10(1), 111-120.

- López-Navajas, A. (2014). Análisis de la ausencia de las mujeres en los manuales de la ESO: Una genealogía de conocimiento ocultada. *Revista de educación*, 363, 282-308.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- Navarro Pastor, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de astronomía diurna en primaria mediante «secuencias problematizadas» basadas en «mapas evolutivos». *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(2), 163-174.
<https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n2.508>
- Palomar Fons, R. (2014). Enseñanza y aprendizaje de la Astronomía en el bachillerato. Tesis doctoral. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287564>
- Pérez Rodríguez, U., & Álvarez Lires, M. M. (2007). Las nuevas tecnologías en la enseñanza de la astronomía: El programa Stellarium. *Boletín das ciencias*, 20(64), 73-74.
- Rossiter, M. W. (1993). The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies of Science*, 23(2), 325-341. JSTOR.
- Schoon, K. J. (1992). Students' Alternative Conceptions of Earth and Space. *Journal of Geological Education*, 40(3), 209-214. <https://doi.org/10.5408/0022-1368-40.3.209>
- Shtulman, A., y Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. *Cognition*, 124(2), 209-215.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.04.005>
- Solbes Matarredona, J., & Palomar Fons, R. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Solbes Matarredona, Jordi Palomar Fons, Rafael 2013*

Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria Revista Brasileira de Ensino de Física 35 1004-1 1004-12. <http://roderic.uv.es/handle/10550/35207>

Solbes, J., Tuzón, P. y Palomar, R. (2019). Modelos físicos y químicos usando corporeización en la enseñanza de las ciencias. En Solbes, J., Jiménez-Liso M.R., Pina, T. (Ed.), *Propuestas de educación basadas en la indagación y modelización en contexto*. (pp. 15-38). Valencia, España: Tirant Humanidades.

Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123. <https://doi.org/10.1080/09500690010025085>

Vega Navarro, A. (2001). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado de Primaria acerca del día y la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 031-044.

Vílchez-González, J. M., & Ramos-Tamajón, C. M. (2015). La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias - 2015*, 12(1), 2-21. <http://rodin.uca.es:80/xmlui/handle/10498/16921>

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123-183. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90022-1)

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

Zuza, K., & Alduncin, J. A. (2009). ¿Se puede conseguir que los estudiantes se aficionen a la astronomía si no pueden disfrutar del cielo nocturno? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 61, 65-72.