

# Dificultades en la comprensión de las fases de la Luna y los eclipses: revisión sistemática de la literatura

Elvira Gutiérrez-Jiménez 

*Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). España. [elvira.gutierrez@ehu.eus](mailto:elvira.gutierrez@ehu.eus)*

Ane Portillo-Blanco 

*Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). España. [ane.portillo@ehu.eus](mailto:ane.portillo@ehu.eus)*

Paulo Sarriugarte 

*Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). España. [paulo.sarriugarte@ehu.eus](mailto:paulo.sarriugarte@ehu.eus)*

Kristina Zuza 

*Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). España. [kristina.zuza@ehu.eus](mailto:kristina.zuza@ehu.eus)*

[Recibido: 6 junio 2025; Revisado: 7 octubre 2025; Aceptado: 12 noviembre 2025]

**Resumen:** En este estudio se identifican las dificultades de aprendizaje relacionadas con las fases de la Luna y los eclipses reportadas en la literatura. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión sistemática en las bases de datos ERIC, Scopus y Web of Science, siguiendo la declaración PRISMA 2020. Se analizan 38 publicaciones que cumplen los criterios de inclusión establecidos. Los resultados obtenidos se agrupan en cuatro categorías principales basadas en la jerarquización de conceptos y en la progresión e interrelación de los conceptos astronómicos: (C1) aspectos básicos del sistema Sol-Tierra-Luna (escala y tamaño relativo, órbitas, movimientos celestes, reflexión de la luz solar), (C2) fases de la Luna, (C3) relación entre fases de la Luna y eclipses (posición de los astros y fase lunar correspondiente en cada tipo de eclipse, razón por la que no hay eclipses en cada fase nueva o llena y el concepto de línea de nodos) y (C4) eclipses lunares y solares. Las dificultades identificadas se presentan en distintos agentes que participan en el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel internacional incluyendo alumnado de primaria, secundaria y universidad, profesorado en formación (procedente de grados de educación y graduados en ciencias) y profesorado en activo. Se concluye que las dificultades descritas son similares en los niveles educativos que se tratan en las publicaciones, y algunas de ellas resultan generalizables.

**Palabras clave:** Dificultades, Eclipses, Fases de la Luna, Revisión sistemática.

## Difficulties in understanding the moon phases and eclipses: a systematic review of the literature

**Abstract:** In this study we identify the learning difficulties of the Moon phases and eclipses in the literature. For this purpose, we carried out a systematic review following the PRISMA 2020 statement and it was conducted in ERIC, Scopus and Web of Science databases. Thirty-eight publications that meet the established inclusion criteria were analysed. We group the results obtained into four main categories based on the hierarchy of concepts and the progression and interrelation of astronomical concepts: (C1) basic aspects of the Sun-Earth-Moon system (scale and relative size, orbits, celestial motions and light reflection), (C2) phases of the Moon, (C3) relationship between phases of the Moon and eclipses (corresponding lunar phase in each type of eclipse, reason why there are no eclipses in each new or full phase, and the concept of line of nodes) and (C4) lunar and solar eclipses. The difficulties cover those involved in the teaching-learning process, including primary, secondary and university students, trainee teachers (from education degrees and science graduates) and active teachers. We conclude that the identified difficulties are similar in both the student body and faculty, and some of them can be generalised.

**Keywords:** Difficulties, Eclipses, Moon phases, Systematic review.

---

**Para citar este artículo:** Gutiérrez-Jiménez, E., Portillo-Blanco, A., Sarriugarte, P. y Zuza, K. (2026). Dificultades en la comprensión de las fases de la Luna y los eclipses: revisión sistemática de la literatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 23(1), 1104.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2026.v23.i1.1104](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1104)

---

## Introducción

Las investigaciones en didáctica de las ciencias han evolucionado en las últimas décadas. En la década de los 70 las investigaciones se centraron en las concepciones alternativas, en los 80 se puso la atención en las formas de razonamiento y en los 90 se inició la línea de investigación sobre modelos mentales (Pintó et al., 1996).

Tener toda esta información en relación a las dificultades que tiene el alumnado, así como las líneas de razonamiento que siguen, nos ayudan a conocer cómo han construido su modelo mental (Pintó et al., 1996). Algunas de estas dificultades pueden surgir con el desarrollo del modelo mental del fenómeno que se aprende (Callison y Wright, 1993) al intentar conectar información científica incompatible con sus conocimientos previos (Vosniadou, 2019).

Además, las concepciones son persistentes, en ocasiones universales y pueden no corresponderse con las del modelo científico (Pintó et al., 1996). Siendo así, se considera importante identificar las concepciones alternativas antes de la enseñanza (Taber, 2015) porque dificultan el aprendizaje (Solbes, 2009).

Sin embargo, la identificación de las concepciones alternativas en el aula se ve dificultada por diversos factores, como no preguntar al alumnado sobre las concepciones que tiene en cuanto a conceptos científicos (Cox et al., 2016; Türkmen, 2015), que el profesorado no reconozca dichas concepciones del alumnado o que sea el propio profesorado quien presente esas dificultades (Chen et al., 2020; Sadler et al., 2010; Schoon, 1995). El profesorado reconoce tener dificultades para utilizar estas concepciones en su práctica docente (Cox et al., 2016) y seguir el libro de texto como guía principal (Türkmen, 2015).

No resulta extraño que el profesorado tenga concepciones alternativas, ya que muchas concepciones en astronomía prevalecen después de la enseñanza obligatoria (Sadler et al., 2010), y pueden persistir incluso en la adultez. De hecho, teorías acientíficas pueden coexistir con teorías científicas en personas con formación académica en ciencias (Shtulman y Lombrozo, 2016). Por lo tanto, si el profesorado tiene dichas concepciones, implica que el profesorado enseñe esas concepciones alternativas al alumnado (Chen et al., 2020; Sadler, 1996; Sadler et al., 2010; Sule y Jawkar, 2019), especialmente en secundaria (Sule y Jawkar, 2019); las concepciones alternativas pueden ser derivadas de una instrucción inadecuada (Ritchie et al., 1997; Schoon, 1995).

Cabe destacar que es amplia la terminología que se emplea para conocer las ideas previas (Solbes, 2009; Taber, 2015). Solbes (2009) recalca que las dificultades no pueden reducirse a concepciones alternativas, pudiendo deberse a múltiples causas, entre otras, a dificultades metodológicas, a formas de razonamiento o actitudes negativas. Es por ello que en este trabajo se utilizará el término “dificultad” para referirse a las ideas del alumnado que difieren del modelo científico, ya sean derivadas tanto de ideas previas al aprendizaje, de concepciones alternativas formadas al desarrollar un modelo mental o por estar relacionadas con otros factores del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el caso concreto del sistema Sol-Tierra-Luna, desarrollar un modelo mental resulta fundamental para interpretar fenómenos que no pueden experimentarse de forma directa como un sistema completo (Callison y Wright, 1993; Taylor et al., 2003). Existen conceptos interrelacionados que conducen a una comprensión profunda de las relaciones entre la Tierra, el Sol y la Luna (Ahlgren,

1996; Barnett y Morran, 2002; Callison y Wright, 1993; Plummer, 2014; Slater, 2008), relación que resulta indispensable para comprender las fases de la Luna y los eclipses (Taylor et al., 2003). Estas interrelaciones requieren que la enseñanza de conceptos fundamentales se aborde primero, para continuar con conceptos que se construyen sobre ellos (Ahlgren, 1996; Sadler, 1996). Es por ello que Slater (2008) sugiere que solamente cuando se comprendan de forma adecuada las causas de las fases lunares se entenderá la naturaleza de los eclipses.

Con el objetivo de conocer las dificultades de aprendizaje sobre las fases de la Luna y los eclipses, se realiza una revisión sistemática de la literatura sobre dificultades en la comprensión de estos fenómenos. Para abordar este objetivo se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué dificultades de aprendizaje se encuentran en la literatura relacionadas con las fases de la Luna y los eclipses?

## **Método**

Para la realización de la revisión se recurre al procedimiento descrito en la declaración PRISMA2020 para este tipo de estudios sistemáticos (Page et al., 2021). A continuación, se describen los ítems incluidos en la lista de verificación de la metodología PRISMA2020.

### **Criterios de elegibilidad**

El objetivo de esta revisión es identificar publicaciones que aborden dificultades de aprendizaje relacionadas con las fases de la Luna y los eclipses. El análisis consiste en recopilar un listado de dificultades, organizada por temas, independientemente de la metodología que se emplea para identificarlas o del nivel de profundidad con que se describan.

Para establecer la distribución de las dificultades por temas se tiene en cuenta la jerarquización de conceptos astronómicos propuesta por Sadler (1996) y los mapas de comprensión progresiva que propone Ahlgren (1996), quienes resaltan la importancia de enseñar primero los conceptos fundamentales necesarios para comprender otros más complejos. En consonancia con ello, Callison y Wright (1993) consideran que hay conceptos interrelacionados que conducen a una comprensión profunda de las relaciones entre el Sol, la Tierra y la Luna; relación que resulta imprescindible para comprender las fases de la Luna y los eclipses (Taylor et al., 2003).

Basándose en esta idea de aprendizaje progresivo debido a la interrelación de conceptos, diversos autores proponen un orden específico de contenidos para abordar el estudio de las fases de la Luna y los eclipses. Para entender las fases de la Luna, Callison y Wright (1993) describen la importancia de comprender los tamaños relativos, el movimiento y la distancia del Sol, la Tierra y la Luna y, después, la reflexión de la luz solar en la superficie lunar. Para entender los eclipses, Barnett y Morran (2002) proponen un aprendizaje andamiado que comience por contenidos relacionados a la gravedad y la escala, continúe con la reflexión de la luz solar en la superficie lunar, el movimiento celeste y la posición relativa de la Luna y finalice con la relación de las fases lunares y los eclipses lunares y solares. De manera similar, Plummer (2014) diseña una secuencia de conceptos para el aprendizaje de astronomía que sigue un orden comparable: escala y movimiento celestial, reflexión de la luz solar en la superficie lunar, fases de la Luna y eclipses. Igualmente, Slater (2008) asegura que las dificultades en cuanto a la escala y dimensiones del sistema Sol-Tierra-Luna y las fases de la Luna son un obstáculo para la comprensión del fenómeno de los eclipses, sugiriendo el aprendizaje en el mencionado orden. El autor sostiene que únicamente mediante una comprensión adecuada de las causas que originan las fases lunares es posible entender la naturaleza de los eclipses.

Considerando este aprendizaje progresivo se definen cuatro categorías temáticas que incluyen los conceptos definidos por los autores y que constituyen los criterios de inclusión:

1. Aspectos básicos del sistema Sol-Tierra-Luna (escala y tamaño relativo, órbitas y movimientos de rotación y traslación y reflexión de la luz solar en la superficie lunar)
2. Fases de la Luna (causa, identificación de las fases y posición relativa de la Luna)
3. Relación entre fases de la Luna y eclipses
4. Eclipses lunares y solares

Por otro lado, los criterios de exclusión son los siguientes:

1. Publicaciones no vinculadas a las dificultades del sistema Sol-Tierra-Luna.
2. Publicaciones que presentan únicamente técnicas para la identificación y superación de dificultades sin incluir resultados de investigación de dichas dificultades.
3. Publicaciones centradas en grupos específicos o en actitudes de grupos hacia la astronomía (familia, formación no reglada...)

Cabe destacar que si un artículo incluye dificultades de aprendizaje vinculados a uno o más criterios de inclusión, aunque incluya también otros temas no vinculados al sistema Sol-Tierra-Luna, será igualmente incluido en la revisión, aunque posteriormente solo se tengan en cuenta los resultados sobre el tema de estudio.

### Fuentes de información

La búsqueda se realizó en septiembre de 2025 en las bases de datos ERIC, *Scopus* y *Web of Science*.

### Estrategia de búsqueda

La búsqueda se dirige para encontrar artículos que contengan los términos *conception*, *misconception*, *difficulty*, *difficulties* o *misunderstanding* en el título. Además, se han añadido los siguientes términos en el título o en el *abstract*: *astronomy*, *lunar phases*, *moon phases* y/o *eclipse*. Para enfocar la búsqueda a la pregunta de investigación se añaden los términos *student* y *teacher* en el título o en el *abstract*. Las cadenas de búsqueda completas para cada base de datos están disponibles en el anexo 1 del material suplementario <sup>1</sup>. Se ha aplicado filtro para únicamente buscar en inglés y castellano y en las áreas *Social Science* y *Physics and Astronomy* en el caso de *Scopus* y en el área *Education Educational Research* en el caso de *Web of Science*. En ERIC no se aplica ningún filtro. No se establecen límites en el tipo de documento ni en la fecha de publicación.

### Proceso de selección de los estudios

El proceso de selección de los estudios se lleva a cabo de forma independiente por dos miembros del grupo de investigación. La primera selección se realiza según título y *abstract* y el porcentaje de conformidad es de 87 %. Posteriormente, los artículos seleccionados para su lectura completa vuelven a compararse con un porcentaje de conformidad de 89 %. En los casos de desacuerdo, se discute sobre los criterios de elegibilidad y el contenido del artículo hasta lograr consenso.

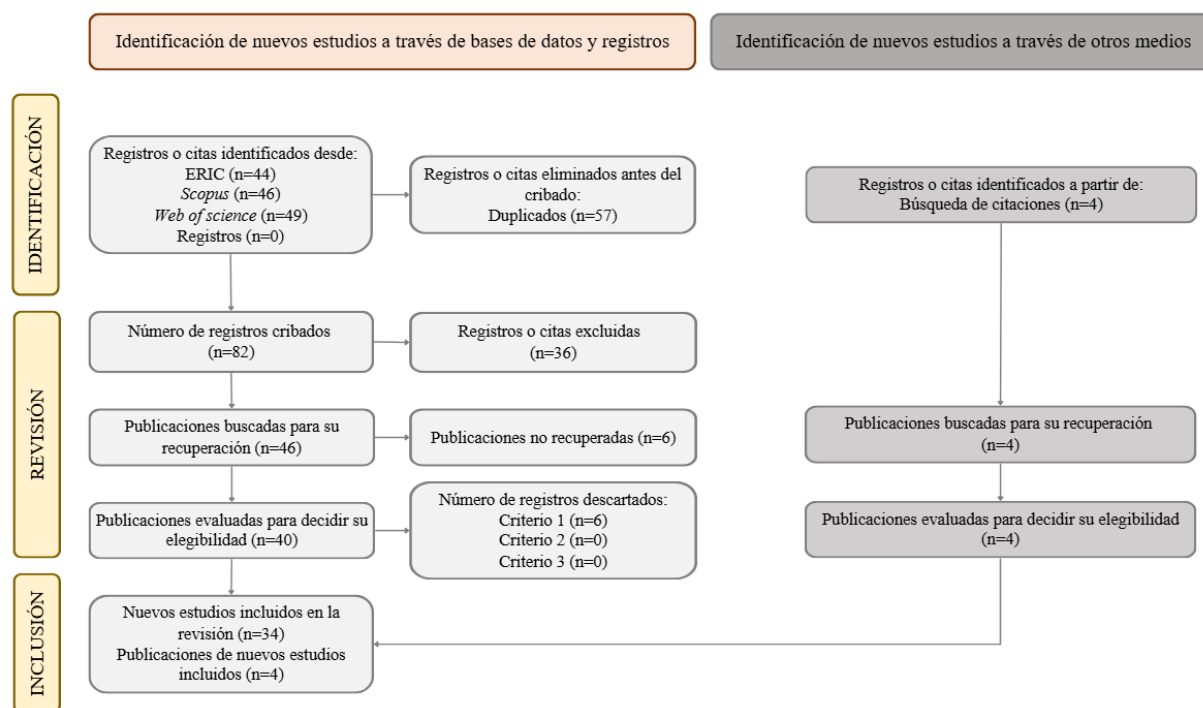
### Proceso de extracción de los datos

Las publicaciones seleccionadas para el estudio son analizadas de forma independiente por dos miembros del grupo de investigación para recopilar las dificultades sobre los conceptos descritos en los criterios de inclusión. Al igual que para el proceso de selección, en situaciones de desacuerdo se discute hasta consenso.

## Resultados

### Selección de estudios

El proceso de selección de los estudios se recoge en la Figura 1 siguiendo la estructura de Page et al. (2021).



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de búsqueda y selección

En la fase de identificación se obtuvieron 44 resultados en ERIC, 46 en *Scopus* y 49 en *Web of Science*, de los cuales 57 eran repetidos, por lo que 82 resultados pasaron a la fase de revisión según título y *abstract*. A continuación, 46 se seleccionaron para su lectura completa de acuerdo con los criterios de elegibilidad. Como 6 publicaciones no estaban disponibles para la lectura, la revisión se llevó a cabo con las 40 publicaciones restantes. Finalmente, algunas se descartaron por tratar dificultades de otros ámbitos de astronomía ( $n = 6$ ). Además de los registros por búsqueda se añaden artículos por citas bibliográficas ( $n = 4$ ). De esta forma, la muestra final incluida en el análisis consta de 38 publicaciones.

### Características de los estudios

En este estudio se analizan 38 publicaciones, entre las que se incluyen artículos, publicaciones de congresos, publicaciones de conferencias y tesis doctorales. La información detallada de cada publicación sobre la muestra y su procedencia, la metodología utilizada para identificar las dificultades, así como los datos de las publicaciones, incluyendo el año y la revista, está disponible en el anexo 2 del material suplementario <sup>i</sup>.

Las publicaciones analizadas abarcan desde 1991 hasta 2024, pero no se observa ninguna tendencia en los años de publicación, hay aproximadamente una publicación por año. Estas publicaciones se recogen en 23 revistas diferentes.

En cuanto a los agentes implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, hay 3 publicaciones sobre alumnado de primaria; 10 sobre secundaria y bachillerato; 6 sobre alumnado universitario;

9 sobre profesorado de educación infantil y/o primaria en formación; 6 sobre profesorado en formación graduado en ciencias; 5 sobre profesorado en activo, sin importar el curso al que dedican su enseñanza; 2 no concretan la edad del alumnado y 1 no especifica la muestra. Cuatro de estas publicaciones tratan varias muestras. Es importante mencionar que la muestra de alumnado de primaria comprende alumnado entre 9 y 11 años y la muestra de secundaria y bachillerato entre 12 y 18 años. Asimismo, alumnado universitario engloba alumnado de cualquier grado; a menudo la misma muestra trata conjuntamente alumnado de diferentes grados. Esto incluye alumnado de grados de educación, pero al analizar sus dificultades de forma conjunta con el resto de universitarios no se ha podido clasificar como profesorado en formación. También hay que aclarar que la muestra de profesorado en formación se refiere, por un lado, a alumnado universitario de grados de educación infantil y primaria y, por otro lado, a graduados en ciencias, donde predominan los graduados en física.

Las publicaciones corresponden a 15 países: Australia, Chile, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Francia, India, Indonesia, Israel, Italia, Japón, México, Sudáfrica, Tailandia y Turquía. Cinco de los estudios publicados en revistas de habla inglesa no especifican el lugar donde se llevó a cabo la investigación.

Para identificar las dificultades, la mayoría de los casos emplean cuestionarios abiertos o de selección múltiple y entrevistas estructuradas, tanto individuales como grupales. En ocasiones, se solicita explícitamente que se responda con dibujos.

### **Pregunta de investigación: ¿Qué dificultades de aprendizaje se encuentran en la literatura relacionadas con las fases de la Luna y los eclipses?**

Para responder la pregunta de investigación, las dificultades del modelo Sol-Tierra-Luna identificadas en la revisión sistemática se agrupan en cuatro categorías temáticas principales teniendo en cuenta la progresión conceptual (Ahlgren, 1996; Barnett y Morran, 2002; Callison y Wright, 1993; Plummer, 2014; Sadler, 1996; Slater, 2008).

- C1. Aspectos básicos del modelo del sistema Sol-Tierra-Luna: relación de tamaño y distancia entre el Sol, la Tierra, la Luna y otros astros, la relación orbital entre el Sol, la Tierra y la Luna, así como la forma y duración de las órbitas y la reflexión de la luz solar en la superficie lunar.
- C2. Modelo de las fases de la Luna: causa, identificación de las fases y posición relativa de la Luna respecto a la Tierra y al Sol.
- C3. Modelo de la relación entre las fases de la Luna y los eclipses: orden de los astros y fase lunar correspondiente en cada eclipse, razón por la que no hay eclipses en cada fase nueva o llena, línea de nodos.
- C4. Modelo de eclipses lunares y solares: frecuencia con la que ocurren, zonas de observación del fenómeno, duración y mitos.

En la Tabla 1 se recoge un resumen de las categorías que se incluyen en cada publicación de la revisión sistemática y cuál es la muestra que se analiza en cada estudio, referida por siglas: alumnado educación primaria (AEP), alumnado educación secundaria obligatoria y bachillerato (AES), alumnado universidad (AUNI), profesorado en formación proveniente de grados de educación (PFE), profesorado en formación graduado en ciencias (PFC) y profesorado en activo (PA). Se indica mediante una A cuando no se especifica la edad del alumnado y se mantiene en blanco en el caso de que no se describa la muestra en el artículo de origen. Es importante señalar que, si alguna categoría no aparece en alguna muestra, es porque no ha sido investigada en los artículos de origen, lo que no implica necesariamente la ausencia de dificultad en esa muestra.

**Tabla 1.** Dificultades identificadas en las publicaciones según categorías

Publicaciones	Muestra	Aspectos básicos	Fases de la Luna	Relación fases-eclipses	Eclipses
Ananda y Syuhendri, 2023	PFC	X		X	
Azizah et al., 2022	AUNI			X	
Bektaşlı, 2013	PFC	X			
Bell y Trundle, 2008	PFE	X	X		
Callison y Wright, 1993	PFE	X	X		
Dahsah et al., 2012	AES	X			
Davis et al., 2024					X
Favia, 2014	AUNI	X	X	X	X
Frede, 2006	PFE		X		
Govender, 2011	PA		X		
Hermann y Lewis, 2003	A		X		
Hicks, 2009	AES / AUNI	X	X	X	
Huerta-Cancino, 2017	PFC	X	X	X	
Kanlı, 2014	PFC / PA	X	X	X	
Küçüközer, 2007	PFC		X	X	X
Ogan-Bekiroglu, 2007	PFC	X	X	X	X
Park, 2013	AES	X	X		
Rabanales y Vanegas-Ortega, 2021	AES	X	X	X	
Rutherford, 2004	PA	X	X	X	
Shore, 1991	PA	X	X		
Slater y Gelderman, 2017	A		X		X
Slater et al., 2018	AEP / AES	X	X	X	
Solbes y Palomar, 2013	AES	X	X		
Sule y Jawkar, 2019	PA	X		X	X
Testa et al., 2015	AES		X	X	
Tetsuhide, 2023	AES / AUNI	X			
Thomas, 2021	PFE	X	X	X	
Trumper, 2000	AUNI	X	X	X	
Trumper, 2001a	AES	X	X	X	
Trumper, 2001b	AES	X	X	X	
Trumper, 2001c	PFE	X	X	X	
Trumper, 2003	PFE	X	X	X	
Trundle et al., 2002	PFE	X	X		
Trundle et al., 2007a	PFE		X		
Trundle et al., 2007b	AEP	X	X		
Türkmen, 2015	AEP	X	X	X	
Varela-Losada et al., 2015	PFE	X	X	X	
Zeilik et al., 1998	AUNI	X	X	X	
Total (38)		29	31	22	6

La versión completa de la tabla 1 puede consultarse en el anexo 3 del material suplementario <sup>i</sup>. A continuación, se desarrollan en detalle las dificultades principales de los modelos de cada categoría. Aunque en la tabla se presentan de forma específica las dificultades asociadas a cada tipo de muestra, el análisis se realizará de forma generalizada. Los vacíos que aparecen en la tabla no corresponden a la ausencia de dificultades, sino a que los artículos originales no las abordaron. Esta falta de uniformidad dificulta la relación entre las dificultades y cada muestra.

### ***C1. Aspectos básicos del modelo del sistema Sol-Tierra-Luna***

En este apartado se analizan las dificultades que abarcan la relación de tamaño y distancia entre el Sol, la Tierra, la Luna y otros astros, la relación orbital entre el Sol, la Tierra y la Luna, así como la forma y duración de las órbitas y la reflexión de la luz solar en la superficie lunar.

#### *Relación de tamaño y distancia entre el Sol, la Tierra, la Luna y otros astros*

Estimar el tamaño del Sol, de la Tierra y de la Luna y la distancia entre ellos es una dificultad relacionada con la escala astronómica. Por lo general, se sobreestima el tamaño de la Tierra (Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Türkmen, 2015) y se considera erróneamente que el diámetro de la Luna es la mitad que el de la Tierra (Rabanales y Vanegas-Ortega, 2021). En cuanto a la afirmación de que el tamaño angular aparente del disco lunar y el del disco solar son aproximadamente iguales desde la Tierra, la muestra investigada no sabe o cree que la afirmación es falsa (Sule y Jawkar, 2019).

Para identificar dificultades de la percepción de las distancias, varias investigaciones emplean una pregunta que consiste en ordenar las nubes, la Luna, Plutón y las estrellas tomando la Tierra como punto de referencia (Slater et al., 2018; Thomas, 2021; Trumper, 2000; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Türkmen, 2015). Para responder, es común guiarse por lo que vemos a simple vista, características como el tamaño y el brillo, lo que lleva a respuestas incorrectas (Slater et al., 2018; Türkmen, 2015); asociando la distancia al Sol con el tamaño de los planetas, asumiendo que los planetas más alejados son necesariamente más grandes y los más cercanos, más pequeños (Solbes y Palomar, 2013). De hecho, son comunes las dificultades para estimar la distancia Tierra-Luna (Rabanales y Vanegas-Ortega, 2021; Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Zeilik et al., 1998). Estas respuestas llevaron a Trumper a concluir que se subestiman las distancias en el universo e indicar un sesgo geocéntrico de las dimensiones de la Tierra respecto a las del universo (Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003).

Dahsah et al. (2012) realizaron una investigación sobre tamaños y distancias del universo empleando modelos en 2D y 3D. Acorde con las publicaciones de Trumper y Rabanales y Vanegas-Ortega (2021), en el modelo en 2D los y las participantes del estudio sobreestiman el tamaño de la Luna (respecto a la Tierra) y el de la Tierra (respecto al Sol). Incluso indican que el diámetro terrestre es mayor al del Sol. La distancia Tierra-Luna es sobreestimada por la mayoría de las personas investigadas, una parte menor la subestima y solo unos pocos logran dar una estimación cercana a la real. En cuanto al modelo en 3D, tienen dificultades para estimar el tamaño de la Tierra respecto a la Luna y la distancia entre los astros, con una proporción similar de sobreestimaciones y subestimaciones. Sin embargo, prácticamente toda la muestra participante subestima el tamaño del Sol.

En ocasiones las dificultades relacionadas con la escala no se abordan directamente mediante preguntas específicas, sino que se deducen a partir de los dibujos o explicaciones dadas a otras preguntas. Por ejemplo, Park (2013) identificó representaciones en las que los rayos del Sol son dibujados llegando a la Tierra con múltiples ángulos, sin considerar que la distancia es tan grande

que los rayos inciden prácticamente en paralelo. Otros autores mencionan de forma general la dificultad en este ámbito para mantener las proporciones (Huerta-Cancino, 2017; Solbes y Palomar, 2013).

#### *Relación orbital entre el Sol, la Tierra y la Luna: forma y duración de sus órbitas*

Esta subcategoría se refiere a la forma de las órbitas del Sol, la Tierra y la Luna, así como a las dificultades sobre qué astro gira en torno a cuál, la dirección de su movimiento y la duración de sus órbitas. Cabe destacar que se confunden términos como rotación y revolución (Bektaşlı, 2013), lo que influye en la comprensión de los fenómenos.

La muestra presenta dificultades en cuanto al tiempo que la Luna tarda en orbitar la Tierra. De hecho, confunden los términos de mes lunar con el periodo de traslación de la Luna (Trundle et al., 2002), teniendo dificultades para comprender la periodicidad en la que cambian las fases lunares (Ananda y Syuhendri, 2023; Trundle et al., 2007b) y la hora de salida de la Luna cada día (Tetsuhide, 2023).

Predomina la idea errónea de que la Luna completa su órbita terrestre en un solo día (Kanli, 2014; Shore, 1991; Türkmen, 2015; Varela-Losada et al., 2015), por lo que justifican que las fases lunares cambian cada 6 horas (Hicks, 2009). También se cree que completa su órbita en 28 días exactos (Favia, 2014), en un mes aproximadamente (Thomas, 2021) o que ocurre en menos de un mes sin poder dar un número de días más preciso (Ananda y Syuhendri, 2023). Esta última dificultad refleja una idea general correcta, pero falta precisión científica. Por lo contrario, un grupo más reducido considera que tarda un año (Varela-Losada et al., 2015). Algo similar ocurre con los resultados de Trumper (2000; 2001a; 2001b; 2001c; 2003) que aunque no se indica la respuesta elegida, una parte significativa de los encuestados elige una alternativa errónea como una hora, un día, una semana o un año. Además, existen dificultades para comprender el tiempo que la Luna tarda en completar su órbita alrededor del Sol, estimando de forma errónea su duración en un día o un mes (Kanli, 2014). En cuanto a la dirección de movimiento, la mayoría de la muestra investigada asume que la Luna orbita de Este a Oeste porque la ven salir y ponerse en esas direcciones (Ogan-Bekiroglu, 2007).

Asimismo, en las publicaciones se describen modelos alternativos en los que la Luna es estacionaria (Bell y Trundle, 2008); la Luna no solo orbita la Tierra sino que orbita el sistema Sol-Tierra (Callison y Wright, 1993); la Luna orbita la Tierra pero no el Sol, debido a la falta de comprensión del movimiento relativo (Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Türkmen, 2015); la Luna no orbita la Tierra (Ogan-Bekiroglu, 2007); la Luna y la Tierra orbitan el Sol de manera independiente (Bell y Trundle, 2008); la Tierra orbita la Luna (Slater et al., 2018); la Luna no rota (Shore, 1991) o la percepción de que, al no observarse el movimiento, este no ocurre y es el Sol el que se mueve (Slater et al., 2018). Varias de estas dificultades están relacionadas con modelos geocéntricos (Bell y Trundle, 2008; Favia, 2014; Slater et al., 2018). Por último, se identifica la existencia de dificultades sin definir un modelo concreto (Trundle et al., 2002).

#### *Reflexión de la luz solar en la superficie lunar*

El desconocimiento del origen de la iluminación de la Luna conlleva dificultades como que la Luna tiene luz propia (Bektaşlı, 2013; Ogan-Bekiroglu, 2007; Slater et al., 2018) o que la luz que llega a la Luna proviene de la luz reflejada de la Tierra (Favia, 2014). Asimismo, está relacionado con la dificultad de que la Luna siempre tiene iluminada la cara orientada hacia el Sol y que esa mitad va cambiando a lo largo del periodo (Trundle et al., 2002) sin haber una mitad que se mantiene a la sombra, definido por los autores como la parte que está *forever dark* (Favia, 2014).

También es común pensar que el Sol ilumina únicamente los fragmentos de la Luna que se observan desde la Tierra (Callison y Wright, 1993; Favia, 2014; Park, 2013; Slater et al., 2018).

Estas dificultades sobre la iluminación de la superficie lunar se combinan con dificultades sobre la rotación y la órbita de la Luna. Por lo general, hay conciencia de que la Luna tiene una cara oculta, pero no de la causa de este fenómeno. Entre las dificultades identificadas, muchas están relacionadas con la órbita de los astros. Por ejemplo, la idea de que la Luna rota de norte a sur (Ogan-Bekiroglu, 2007), que la Luna rota diariamente (Rutherford, 2004; Türkmen, 2015; Varela-Losada et al., 2015; Zeilik et al., 1998) o que el periodo de rotación de la Luna coincide con el de la Tierra (Ogan-Bekiroglu, 2007). Asimismo, es predominante la dificultad relacionada con la ausencia de rotación de la Luna, utilizada tanto para justificar que no se ven todos los lados (Favia, 2014; Kanli, 2014; Ogan-Bekiroglu, 2007; Rutherford, 2004; Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Türkmen, 2015; Varela-Losada et al., 2015; Zeilik et al., 1998) como, en algunos casos menos habituales, para argumentar que sí se puede observar la totalidad de la Luna (Favia, 2014). Son varios los entrevistados por Türkmen (2015) que relacionan la cara de la Luna que vemos con la posición del observador, creyendo que si la Luna no rota y tuvieran oportunidad de viajar, entonces podrían ver otra cara.

## ***C2. Modelo de las fases de la Luna***

La dificultad más común en relación a las fases de la Luna se refiere a la formación. Una dificultad extendida consiste en confundir las fases con eclipses, creyendo que las fases se forman porque la Luna se mete en la sombra la Tierra (Bell y Trundle, 2008; Callison y Wright, 1993; Favia, 2014; Frede, 2006; Govender, 2011; Hicks, 2009; Kanli, 2014; Ogan-Bekiroglu, 2007; Park, 2013; Rabanales y Vanegas-Ortega, 2021; Rutherford, 2004; Shore, 1991; Slater y Gelderman, 2017; Slater et al., 2018; Solbes y Palomar, 2013; Testa et al., 2015; Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Trundle et al., 2002; Trundle et al., 2007a; Trundle et al., 2007b; Türkmen, 2015; Varela-Losada et al., 2015; Zeilik et al., 1998;), que la Luna se mete en la sombra del Sol (Callison y Wright, 1993; Kanli, 2014; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Türkmen, 2015; Zeilik et al., 1998), en la sombra de cualquier planeta (Hermann y Lewis, 2003; Testa et al., 2015) o incluso que las nubes tapan la Luna (Callison y Wright, 1993; Slater y Gelderman, 2017; Slater et al., 2018; Trundle et al., 2002; Türkmen, 2015). Otros ejemplos de confusión sobre la formación son atribuir el cambio de fases a la rotación (Park, 2013; Trundle et al., 2002; Trundle et al., 2007a) o a la inclinación (Callison y Wright, 1993; Trundle et al., 2007a) de la Tierra o a la inclinación o rotación de la Luna (Callison y Wright, 1993). Por otro lado, los y las participantes de la investigación de Favia (2014) dicen que las fases cambian por sí solas.

De hecho, la muestra cree que las fases de la Luna se ven de forma diferente dependiendo de la posición del observador (Callison y Wright, 1993; Ogan-Bekiroglu, 2007; Trundle et al., 2002; Trundle et al., 2007a) con dificultad de identificar las fases en función de la posición relativa del Sol, la Tierra y la Luna (Callison y Wright, 1993; Huerta-Cancino, 2017; Park, 2013; Testa et al., 2015; Thomas, 2021). Además, confunden el orden de las fases (Ogan-Bekiroglu, 2007) o creen que ocurren en orden aleatorio (Trundle et al., 2007b) y confunden la fase nueva con llena y la creciente con menguante (Solbes y Palomar, 2013). En la mayoría de las ocasiones los dibujos no representan correctamente las fases de la Luna tal como se observan en el cielo (Bell y Trundle, 2008; Trundle et al., 2002; Trundle et al., 2007b) y en ocasiones las representan como si fueran eclipses (Bell y Trundle, 2008; Trundle et al., 2007b), lo cual refleja la dificultad de comprender la formación de fases previamente mencionada. Además, en casos concretos como la investigación

de Sudáfrica, las fases lunares suelen vincularse con tradiciones o creencias populares en relación con prácticas agrícolas (Govender, 2011).

### ***C3. Modelo de la relación entre las fases de la Luna y los eclipses***

En el caso del orden de los astros en eclipses lunares, se da por correcta la falsa afirmación de que la sombra de la Tierra cae sobre la Luna el día de luna nueva (Sule y Jawkar, 2019). Esto implica la confusión del orden de los astros, ya que en la fase nueva no hay forma de que la Luna pase por la sombra que forma la Tierra. De hecho, «pese a tener claro las fases de la Luna en las que ocurren los eclipses lunares y solares, demuestran no estar seguros de la posición que ocupan la Tierra, el Sol y la Luna en cada caso» (Rabanales y Vanegas-Ortega, 2021, p. 256). Son varias las ideas alternativas de las posiciones que se describen en el caso de los eclipses lunares: que el Sol está entre la Tierra y la Luna y tapa la Luna (Küçüközer, 2007; Ogan-Bekiroglu, 2007; Thomas, 2021) o que es la Luna la que ocupa la posición central. Para esta última dificultad se encuentran dos explicaciones, por un lado, que la Luna, al no reflejar la luz solar no puede verse (Ogan-Bekiroglu, 2007) y, por otro lado, está quién lo confunde con un eclipse solar (Küçüközer, 2007).

La dificultad predominante es que los eclipses solares ocurren en luna llena (Azizah et al., 2022; Hicks, 2009; Huerta-Cancino, 2017; Kanli, 2014; Rabanales y Vanegas-Ortega, 2021; Rutherford, 2004; Slater et al., 2018; Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003; Türkmen, 2015; Varela-Losada et al., 2015; Zeilik et al., 1998), bien porque asocian esta fase con un tamaño mayor de la Luna para poder tapar el Sol en su totalidad (Huerta-Cancino, 2017; Slater et al., 2018; Türkmen, 2015) o bien porque la luna nueva no es visible desde la Tierra (Trumper, 2000; Trumper, 2001a; Trumper, 2001b; Trumper, 2001c; Trumper, 2003) y se vuelve negra (Davis et al., 2024). En la investigación de Türkmen (2015) los entrevistados expresaron que, como la luna llena ilumina el cielo es un momento adecuado para que ocurra un eclipse solar total, concepción equivocada precisamente porque la característica principal de estos eclipses es la oscuridad que generan. Incluso creen que cualquier fase (Hicks, 2009) o cualquier cuerpo celeste entre el Sol, la Tierra y la Luna (Testa et al., 2015) es suficiente para formar un eclipse. Por lo contrario, aun cuando se reconoce la fase de luna nueva, se considera que esta fase únicamente ocurre de forma anual, al vincularla con eclipses solares (Ananda y Syuhendri, 2023).

### ***C4. Modelo de eclipses lunares y solares***

Respecto a la frecuencia en la que ocurren los eclipses, está la idea errónea de que los eclipses ocurren mensualmente, con cada fase nueva o llena (Ogan-Bekiroglu, 2007; Slater y Gelderman, 2017) aunque no los podamos ver (Küçüközer, 2007). En este sentido, Küçüközer (2007) pregunta en su investigación los motivos por los que no ocurren mensualmente, recibiendo respuestas que evidencian dificultades para comprender este fenómeno. Algunas contestaciones aportan argumentos recurrentes como que se debe a la inclinación de la Tierra. Otras emplean argumentos infundados como que el universo no está bien ordenado como para que algún planeta bloquee el Sol o la Luna o que la Tierra y la Luna rotan y se trasladan a velocidades diferentes. Finalmente, otras explicaciones son científicas incompletas relacionadas con la alineación del Sol la Tierra y la Luna.

En ocasiones, se tienen modelos parcialmente correctos, por ejemplo, es cierto que aproximadamente cada 6 meses se dan las condiciones para que puedan ocurrir los eclipses, aunque no por la rotación de la Tierra sobre su eje como sugiere la mayoría de los agentes (Ogan-Bekiroglu, 2007). Pocos de los entrevistados emplean un razonamiento científico relacionado con la inclinación de la órbita lunar respecto a la órbita de la Tierra alrededor del Sol, conocida como eclíptica (Küçüközer, 2007; Ogan-Bekiroglu, 2007). Por esta razón, si hay un eclipse en

septiembre, no puede haber otro en diciembre del mismo año como desmienten los encuestados al dar por falsa esta afirmación (Sule y Jawkar, 2019).

En cuanto a las áreas geográficas desde las que se observan los eclipses, se presentan diversas dificultades. Una de las dificultades es comprender que el eclipse lunar total puede observarse desde cualquier lugar de la superficie terrestre en la que sea o se haga de noche durante el eclipse y que puede durar horas, mientras que, en un eclipse solar total, la Luna oculta al Sol proyectando su sombra sobre una franja muy limitada de la superficie terrestre, lo que hace que el fenómeno solo pueda observarse desde esa área y durante unos pocos minutos (Slater y Gelderman, 2017).

Un error frecuente es que un eclipse solar puede observarse desde cualquier punto de la Tierra iluminado por el Sol, así como la idea de que estos eclipses ocurren aproximadamente una vez por siglo y son visibles en todo el planeta simultáneamente (Favia, 2014).

Estas ideas se suman a otras dificultades como considerar que los eclipses no pueden ocurrir en los polos, creyendo que, si no son visibles desde un lugar determinado, entonces no ocurren. También se piensa que los eclipses solares solo ocurren en la Tierra dentro de nuestro sistema solar y que es suficiente con estar cerca de la trayectoria de la sombra para poder observar un eclipse solar total (Davis et al., 2024).

Por último, existen mitos sobre los eclipses solares totales, como que producen peligrosos rayos X que pueden causar ceguera (Davis et al., 2024) o que mirar el Sol durante un eclipse es más peligroso porque su nivel de radiación es mayor que en otras ocasiones (Favia, 2014).

## Discusión

La revisión sistemática de la literatura indica que las dificultades en la comprensión de los aspectos básicos, y los fenómenos lunares y de eclipses no se investigan de manera uniforme a lo largo de todos los niveles educativos y formativos. Cabe señalar que las investigaciones que se incluyen en esta revisión engloban muestras a partir del tercer ciclo de la educación primaria, correspondiente a alumnado de 9 años, sin incluir alumnado de infantil o primeros ciclos de primaria.

Es de resaltar que las dificultades de los eclipses, a pesar de ser el fenómeno menos estudiado, no se analiza de forma aislada, todos los estudios que abordan dificultades sobre eclipses también lo hacen sobre las fases de la Luna o la relación entre fases y eclipses; lo que concuerda con la bibliografía debido a la estrecha interrelación entre ambos conceptos. Del mismo modo, apenas se consideran ciertos conceptos fundamentales: únicamente dos artículos mencionan la inclinación de la órbita lunar (Küçüközer, 2007; Ogan-Bekiroglu, 2007) y solamente uno el término “línea de nodos” (Ogan-Bekiroglu, 2007).

Las dificultades identificadas son similares entre los estudios, es decir, no hay ninguna dificultad característica de alguna muestra. Evidencia de ello son las investigaciones de Trumper, quién emplea la misma metodología para todas sus muestras para identificar las dificultades, independientemente del nivel que tienen los encuestados. De esta manera, encuentra las mismas dificultades en diferentes agentes (AES, AUNI, PFE). Esto recalca que las dificultades que no se mencionan no necesariamente son inexistentes, sino más bien no investigadas.

Además, en algunos casos, las dificultades se observan de manera generalizada en alumnado de primaria, secundaria y universitario, así como profesorado en formación (proveniente de grados de educación o graduados y graduadas en ciencias) y profesorado en activo. Entre ellas se encuentran, dificultades como comprender las fases de la Luna como eclipses lunares, donde se dice erróneamente que las fases se producen porque la Luna entra en la sombra de la Tierra o que

los eclipses solares ocurren en luna llena bajo la idea errónea de que esta fase permite a la Luna tapar el Sol de forma completa.

Estos resultados deberían ser utilizados para mejorar la enseñanza de los fenómenos. En este sentido, es pertinente evaluar el conocimiento inicial para utilizar esta información como punto de partida para diseñar material didáctico apropiado (Trumper, 2003; Zeilik et al., 1998) y poder determinar si tras la implementación de dichos materiales el modelo científico escolar se mantiene, si reaparecen concepciones alternativas o si se vuelve a la concepción inicial (Trundle et al., 2007a). A pesar de que habrá que contextualizar los objetivos de aprendizaje para cada nivel, se considera apropiado utilizar el orden progresivo propuesto por diversos autores y que se ha utilizado para estructurar el análisis.

Según se indica en estos trabajos, el aprendizaje podría comenzar con los conceptos base (C1) que permiten comprender la dinámica general del sistema Sol-Tierra-Luna, incluyendo conceptos relacionados con la escala, las órbitas y los movimientos de los mismos.

En relación con la reflexión de la luz solar sobre la superficie lunar y la rotación se abordan dificultades sobre la cara oculta de la Luna. No obstante, se considera un concepto complementario, ya que no resulta imprescindible para entender el fenómeno de las fases lunares ni los eclipses.

Partiendo de esos conceptos, se aborda la posición relativa de la Luna respecto a la Tierra, lo que permite entender el fenómeno de las fases de la Luna (C2). De hecho, identificar las fases de la Luna implica un orden en la alineación de los astros.

Sobre esta base, se puede trabajar la relación de las fases de la Luna con los eclipses (C3), introduciendo la idea de que los eclipses no ocurren cada mes pese a que ocurran fases llenas y nuevas mensualmente. Esto requiere la explicación de la inclinación orbital de la Luna y la línea de nodos.

Integrando los conceptos anteriores, tienen lugar características de los eclipses (C4), como la duración y la visibilidad desde distintos puntos de la Tierra. Estas características dependen de la relación de tamaño y distancia entre los astros, ya que dicha proporción condiciona las sombras proyectadas por la Luna y la Tierra.

La enseñanza de las ciencias debe ayudar al alumnado a reconocer sus ideas previas que pueden obstaculizar su aprendizaje y permitir avanzar gradualmente y desarrollar su razonamiento científico (Vosniadou, 2019). En ese sentido, varias publicaciones recomiendan el uso de estrategias centradas en las necesidades del alumnado: metodologías activas en lugar de escucha pasiva (Slater et al., 2018) para tener oportunidades para pensar, escuchar y hablar (Ritchie et al., 1997), simulaciones basadas en la experiencia corporal (Slater y Gelderman, 2017) o la construcción de maquetas 2D y 3D (Dahsah et al., 2012). Además, se destaca que haya actividades en las que el alumnado ponga a prueba sus ideas y valide o refute sus hipótesis (Frede, 2006; Ritchie et al., 1997). Asimismo, un diseño de preguntas efectivo es clave para consolidar el aprendizaje (Tetsuhide, 2023).

Además, es fundamental proporcionar experiencias que ayuden a modificar las dificultades y favorecer la aceptación de la visión científica y la comprensión del modelo científico adecuado a cada nivel (Trumper, 2003). Por ejemplo, Ogan-Bekiroglu (2007) indica que mirar la Luna con frecuencia no implica necesariamente una observación consciente y significativa. Esto subraya la importancia de impulsar la capacidad de observar y reflexionar sobre lo que se ve en el cielo diurno y nocturno (Solbes y Palomar, 2013).

Por otro lado, en lo que respecta al profesorado, es necesario identificar y corregir las dificultades durante su formación con «el objetivo de formar profesores que no utilicen concepciones alternativas al momento de enseñar contenidos científicos» (Huerta-Cancino, 2017, p. 149).

## Conclusiones

La presente revisión permite conocer las dificultades de los agentes implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo establecer similitudes y, en ocasiones, generalizar, entre las dificultades del alumnado, profesorado en formación y profesorado en activo. Además, las dificultades identificadas son agrupadas y ordenadas jerárquicamente, de forma que se analizan todas las dificultades clave en la comprensión de los eclipses. Esto, a su vez, da pie a diseñar secuencias de enseñanza-aprendizaje adecuadas que contemplen modelos ajustados al nivel cognitivo del alumnado. Además, los hallazgos tienen implicaciones relevantes en la formación inicial y continua del profesorado. Comprender las ideas alternativas que persisten incluso en docentes permite replantear los enfoques de formación, de modo que no solo se refuercen los contenidos científicos, sino también las habilidades para identificar y abordar las dificultades en el aula.

De estos resultados parece emerger una futura línea de investigación: se propone profundizar en el estudio de las categorías C3 y C4, ya que son las menos estudiadas. Una línea de investigación relevante sería profundizar en el estudio de dificultades centradas en la comprensión del modelo científico de los eclipses y sus elementos clave, por ejemplo, la línea de nodos. Del mismo modo, otra línea de investigación sería ampliar la muestra sobre las dificultades que puedan tener estudiantes de primaria, ya que se han encontrado pocos trabajos que abarquen estas edades tempranas, únicamente haciendo referencia a los últimos años de esta etapa.

Sin embargo, esta revisión sistemática tiene algunas limitaciones. Por un lado, la escasa atención a las dificultades clasificadas en las categorías C3 y sobre todo C4 ha limitado la identificación de posibles dificultades. Es importante resaltar que las dificultades que no aparecen es porque no se preguntan, lo que no significa que no existan en ese nivel educativo. Asimismo, aunque las dificultades identificadas se repiten en la mayoría de publicaciones revisadas, disponer de un mayor número de estudios permitiría confirmar si estas dificultades son generalizables. Además, contar con más datos facilitaría el desarrollo de estrategias más efectivas para superarlas. Por otro lado, existen limitaciones en el proceso de revisión vinculadas a la definición de los criterios de búsqueda y selección. En este sentido, la inclusión exclusiva de publicaciones indexadas en ERIC, *Scopus* y *Web of Science*, y la exclusión de publicaciones no disponibles para su lectura, pueden introducir un sesgo en la selección.

## Agradecimientos

La investigación realizada para la publicación de este artículo ha sido financiada por el grupo IKASGARAIA (IT1637/22) de la UPV/EHU.

## Declaración de autoría

E.G.J.: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, administración de proyectos, validación, visualización, redacción – borrador original. A.P.B.: curación de datos, análisis formal, administración de proyectos, validación. P.S.: conceptualización, adquisición de financiación, supervisión, redacción – revisión y edición. K.Z.: conceptualización, adquisición de financiación, supervisión, redacción – revisión y edición.

---

<sup>i</sup> Material suplementario (anexos 1, 2 y 3) disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17551421>

## Referencias bibliográficas

- Ahlgren, A. (1996). Better Rather than More Astronomy Education. En J. Percy (Ed.), *Astronomy education: current developments, future coordination* (vol. 89 pp. 26-32). Astronomical Society of the Pacific.
- Ananda, L. y Syuhendri, S. (2023). Misconceptions of prospective physics teacher students on the period of lunar phases. *AIP Conference Proceedings*, 2619(1).  
<https://doi.org/10.1063/5.0122687>
- Azizah, S. N., Akhsan, H., Muslim, M. y Ariska, M. (2022). Analysis of college students misconceptions in astronomy using four-tier test. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012004>
- Barnett, M. y Morran, J. (2002). Addressing children's alternative frameworks of the Moon's phases and eclipses. *International Journal Of Science Education*, 24(8), 859-879.  
<https://doi.org/10.1080/09500690110095276>
- Bektaşlı, B. (2013). The development of astronomy concept test for determining preservice science teachers' misconceptions about astronomy. *Eğitim Ve Bilim*, 38(168), 362-372.
- Bell, R. L. y Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal Of Research In Science Teaching*, 45(3), 346-372.  
<https://doi.org/10.1002/tea.20227>
- Callison, P. L. y Wright, E. L. (1993). The Effect of Teaching Strategies Using Models on Preservice Elementary Teachers Conceptions about Earth-Sun-Moon Relationships. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*.
- Chen, C., Sonner, G., Sadler, P. M. y Sunbury, S. (2020). The Impact of High School Life Science Teachers' Subject Matter Knowledge and Knowledge of Student Misconceptions on Students' Learning. *CBE—Life Sciences Education*, 19(1), 1-16.  
<https://doi.org/10.1187/cbe.19-08-0164>
- Cox, M., Steegen, A. y De Cock, M. (2016). How Aware Are Teachers of Students' Misconceptions in Astronomy? A Qualitative Analysis in Belgium. *Science Education International*, 27(2), 277-300.
- Dahsah, C., Phonphok, N., Pruekpramool, C., Sangpradit, T. y Sukonthachai, J. (2012). Students' conception on sizes and distances of the earth-moon-sun models. *European Journal of Social Sciences*, 32(4), 583-597.
- Davis, H., Milotte, C. y Odenwald, S. (2024). Total Solar Eclipse Misconceptions: Evolving mental models. *Bulletin Of The AAS*, 56(3). <https://doi.org/10.3847/25c2cfed0296bb>
- Frede, V. (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy. *Advances In Space Research*, 38(10), 2237-2246. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2006.02.017>
- Favia, A. (2014). *An Inventory of Student Recollections of Their Past Misconceptions as a Tool for Improved Classroom Astronomy Instruction* [Tesis de Doctorado, The University of Maine].

- Govender, N. (2011). South African primary school teachers' scientific and indigenous conceptions of the Earth-Moon-Sun system. *African Journal Of Research In Mathematics Science And Technology Education*, 15(2), 154-167.  
<https://doi.org/10.1080/10288457.2011.10740709>
- Hermann, R. y Lewis, B. F. (2003). Moon misconceptions. *The Science Teacher*, 70(8), 51-55.
- Hicks, A. S. (2009). *A.C.C.E.S.S. Alternative Conceptions: A Comprehensive Examination of Space Science* [Tesis de Doctorado, Miami University].
- Huerta-Cancino, L. (2017). Concepciones alternativas mayoritarias sobre Universo en profesores de Física en formación. *Estudios Pedagógicos*, 43(2), 147-162.  
<https://doi.org/10.4067/s0718-07052017000200008>
- Kanli, U. (2014). A Study on Identifying the Misconceptions of Pre-service and In-service Teachers about Basic Astronomy Concepts. *Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology Education*, 10(5), 471-479. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1120a>
- Küçüközer, H. (2007). Prospective Science Teachers' Conceptions about Astronomical Subjects. *Science Education International*, 18(2), 113-130.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2007). Effects of Model-based Teaching on Pre-service Physics Teachers' Conceptions of the Moon, Moon Phases, and Other Lunar Phenomena. *International Journal Of Science Education*, 29(5), 555-593.  
<https://doi.org/10.1080/09500690600718104>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Park, S. (2013). The Relationship between Students' Perception of the Scientific Models and Their Alternative Conceptions of the Lunar Phases. *Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology Education*, 9(3), 285-299. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2013.936a>
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres Enfoques sobre la investigación en concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221-232.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies In Science Education*, 50(1), 1-45.  
<https://doi.org/10.1080/03057267.2013.869039>
- Rabanales, F. L. y Vanegas-Ortega, C. (2021). Concepciones alternativas sobre astronomía en estudiantes de educación básica y media de la Región Metropolitana de Chile. *Estudios Pedagógicos*, 47(2), 247-268. <https://doi.org/10.4067/s0718-07052021000200247>
- Ritchie, S. M., Tobin, K. y Hook, K. S. (1997). Teaching referents and the warrants used to test the viability of students' mental models: Is there a link? *Journal Of Research In Science Teaching*, 34(3), 223-238.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199703\)34:3<223::AID-TEA2>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199703)34:3<223::AID-TEA2>3.0.CO;2-U)
- Rutherford, L. B. (2004). *Exploring alternative conceptions of teachers and informal educators about selected astronomy concepts* [Tesis de Doctorado, University of Cincinnati].

- Sadler, P. M. (1996). Astronomy's Conceptual Hierarchy. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 89.
- Sadler, P. M., Coyle, H., Miller, J. L., Cook-Smith, N., Dussault, M. y Gould, R. R. (2010). The Astronomy and Space Science Concept Inventory: Development and Validation of Assessment Instruments Aligned with the K–12 National Science Standards. *Astronomy Education Review*, 8(1). <https://doi.org/10.3847/aer2009024>
- 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 Science Education*, 7(2), 27-46. <https://doi.org/10.1007/BF03173734>
- Shore, L. S. (1991). *The Effect of Astronomy Teaching Experience on the Astronomy Interest and Conceptions of Elementary School Teachers* [Tesis de Doctorado, Boston University].
- Shtulman, A. y Lombrozo, T. (2016). Bundles of Contradiction: A Coexistence View of Conceptual Change. En D. Barner y A. S. Baron (Eds.), *Core Knowledge and Conceptual Change* (pp. 53-72). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190467630.003.0004>
- Slater, T. F. (2008). A Contemporary Approach to Teaching Eclipses. En J. C. Holbrook, J. O. Urama y R. T. Medupe (Eds.), *African Cultural Astronomy* (pp. 95-107). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6639-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6639-9_8)
- Slater, T. F. y Gelderman, R. (2017). Addressing students' misconceptions about eclipses. *The Physics Teacher*, 55(5), 314-315. <https://doi.org/10.1119/1.4981046>
- Slater, E. V., Morris, J. E. y McKinnon, D. (2018). Astronomy alternative conceptions in pre-adolescent students in Western Australia. *International Journal Of Science Education*, 40(17), 2158-2180. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1522014>
- Solbes, J. (2009). Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): Resumen del camino avanzado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 2–20. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2009.v6.i1.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i1.01)
- Solbes, J. y Palomar, R. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 1401. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172013000100016>
- Sule, A. y Jawkar, S. (2019). Teacher's misconception in curricular astronomy. *EPJ Web Of Conferences*, 200, 01012. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201920001012>
- Taber, K. S. (2015). Alternative conceptions/frameworks/misconceptions. En R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 37-41). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6165-0\\_88-2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6165-0_88-2)
- Taylor, I., Barker, M. y Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal Of Science Education*, 25(10), 1205-1225. <https://doi.org/10.1080/0950069022000017270a>
- Testa, I., Galano, S., Leccia, S. y Puddu, E. (2015). Development and validation of a learning progression for change of seasons, solar and lunar eclipses, and moon phases. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1103/physrevstper.11.020102>

- Tetsuhide, S. (2023). Why Do Japanese Students Have Difficulties in Astronomical and Meteorological Fields?: Reform of Teaching Methods Based on Comprehension Surveys of University and High School Students. *12<sup>th</sup> International Conferences: New Perspectives in Science Education*.
- Thomas, N. J. (2021). *Understanding and Addressing Preservice Elementary Teachers' Misconceptions in Science Education* [Tesis de Doctorado, University of Nevada]. UNLV Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones.
- Trumper, R. (2000). University students' conceptions of basic astronomy concepts. *Physics Education*, 35(1), 9-15. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/1/301>
- Trumper, R. (2001a). 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>
- Trumper, R. (2001b). A Cross-age Study of Senior High School Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts. *Research In Science y Technological Education*, 19(1), 97-109. <https://doi.org/10.1080/02635140120046259>
- Trumper, R. (2001c). A cross-college age study of science and nonscience students' conceptions of basic astronomy concepts in preservice training for high-school teachers. *Journal Of Science Education And Technology*, 10(2), 189-195. <https://doi.org/10.1023/a:1009477316035>
- Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training—a cross-college age study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching And Teacher Education*, 19(3), 309-323. [https://doi.org/10.1016/s0742-051x\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/s0742-051x(03)00017-9)
- Trundle, K. C., Atwood, R. K. y Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal Of Research In Science Teaching*, 39(7), 633-658. <https://doi.org/10.1002/tea.10039>
- Trundle, K. C., Atwood, R. K. y Christopher, J. E. (2007a). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal Of Research In Science Teaching*, 44(2), 303-326. <https://doi.org/10.1002/tea.20121>
- Trundle, K. C., Atwood, R. K. y Christopher, J. E. (2007b). Fourth-grade Elementary Students' Conceptions of Standards-based Lunar Concepts. *International Journal Of Science Education*, 29(5), 595-616. <https://doi.org/10.1080/09500690600779932>
- Türkmen, H. (2015). After Almost Half-Century Landing on the Moon and Still Countering Basic Astronomy Conceptions. *European Journal of Physics Education*, 6(2), 1-17. <https://doi.org/10.20308/ejpe.70434>
- Varela-Losada, M., Pérez-Rodríguez, U., Álvarez-Lires, M. y Arias-Correa, A. (2015). Concepciones alternativas sobre Astronomía de profesorado español en formación. *Ciência y Educação (Bauru)*, 21(4), 799-816. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150040002>
- Vosniadou, S. (2019). The development of students' understanding of science. *Frontiers in Education*, 4(32). <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00032>
- Zeilik, M., Schau, C. y Mattern, N. (1998). Misconceptions and their change in university-level astronomy courses. *The Physics Teacher*, 36(2), 104-107. <https://doi.org/10.1119/1.880056>