

ESTUDIO SOBRE LA DOCENCIA Y DIFICULTADES EN CONCEPTOS DE ASTRONOMÍA



Universidad de Valladolid

Máster en Profesor de Educación Secundaria
Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y
Enseñanza de Idiomas

Ismael Ayuso Marazuela

Trabajo Fin de Máster dirigido por:

Dr. Manuel Ángel González Delgado

Dr. Miguel Ángel González Rebollo

Junio de 2023

ESTUDIO SOBRE LA DOCENCIA Y DIFICULTADES EN CONCEPTOS DE ASTRONOMÍA

Ismael Ayuso Marazuela

Junio 2023

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción	3
2.1. Justificación	6
2.2. Introducción bibliográfica	8
3. Objetivos	12
4. Plan de trabajo	12
5. Metodología	13
5.1. Metodología seguida para el análisis de los cuestionarios	15
5.2. Descripción del cuestionario	16
6. Resultados	22
6.1. Cuestión 1	23
6.1.1. Análisis de los resultados de la pregunta 1.	25
6.2. Cuestión 2	28

6.2.1. Análisis de los resultados de la pregunta 2	30
6.3. Cuestión 3	32
6.3.1. Análisis de los resultados de la pregunta 3	34
6.4. Cuestión 4	38
6.4.1. Análisis de los resultados de la pregunta 4	40
6.5. Cuestión 5A	43
6.5.1. Análisis de los resultados de la pregunta 5A	45
6.6. Cuestión 5B	47
6.6.1. Análisis de los resultados de la pregunta 5B	49
6.7. Otros resultados detectados	50
7. Propuesta de acción	51
8. Conclusiones	55
Referencias	57
Índice de Figuras	57
Índice de Tablas	59
A. Apéndice	59

1. Resumen

El 12 de agosto de 2026 se producirá sobre la Península Ibérica un eclipse solar total. Este fenómeno pone sobre la mesa la problemática de explicar algunos de los conceptos astronómicos fundamentales de los eclipses a alumnos de educación secundaria y bachillerato, paralelamente a la oportunidad única para que los alumnos experimente personalmente con dicho fenómeno y la dinámica del Sistema Solar.

El primer contacto que los alumnos tienen con movimientos planetarios se produce en 4^º de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.), cuando se introduce el Movimiento Circular Uniforme (MCU) y la ley de la Gravitación Universal de Newton, pero no es hasta 1^º de Bachillerato cuando se dan unas pinceladas más profundas al estudiar las leyes de Kepler.

En este trabajo, se pretende indagar sobre los conceptos previos que tiene el alumnado, y si éste viene condicionado por años de experiencia personal, creencias e ideas previas, que puedan estar equivocadas; o si por el contrario, la enseñanza de la astronomía a estas edades es un terreno totalmente virgen sobre el que construir.

Para ello, se ha desarrollado un cuestionario el cual ha sido probado con alumnos de 4^º de ESO y 1^º de Bachillerato del IES Andrés Laguna en la población de Segovia. Mediante los resultados obtenidos se analizará el imaginario sobre eclipses que tiene el alumnado y se estudiará si hay diferencias significativas entre ambos cursos.

Estos resultados nos permitirán elaborar una propuesta educativa enfocada al ya mencionado eclipse de 2026, al mismo tiempo, que se profundizará en el origen de los errores conceptuales y cómo resolverlos en años posteriores.

2. Introducción

El objetivo principal de cualquier disciplina científica es el análisis y comprensión de los fenómenos que observamos en la naturaleza. Este carácter de observación y búsqueda de respuestas adquiere su máximo potencial en ramas del conocimiento como la Física y la Química. Consecuentemente, hacer especial hincapié en esta visión de la ciencia, cuando es presentada a jóvenes alumnos, es de vital importancia para su real entendimiento.

Sin embargo, la experiencia educativa nos demuestra que, en la mayoría de los casos, las

ciencias son presentadas como un conjunto de problemas matemáticos con fórmulas “mágicas”, descontextualizados, y carentes de una verdadera motivación para el alumnado. El punto de partida es el de transmisión de conocimientos, en lugar del de aprendizaje y análisis de la realidad.

Esto provoca una gran brecha entre el conocimiento que el profesor cree estar inculcando a sus alumnos y el que realmente adquieren. Además, se corre el riesgo de no suministrar un aprendizaje significativo que permita al alumno tener una visión realmente profunda, la cual les permitiría conectar las ideas y conocimientos entre sí para resolver y entender problemas de una mayor complejidad y abstracción.

Recordemos, que el objetivo de la enseñanza de las ciencias debiese ser la adquisición de la habilidad para observar y entender la Naturaleza, no la mera resolución de problemas guiados y enfocados en un único aspecto, o concepto aislado de todos los demás. Es por ello que el aprendizaje significativo adquiere especial importancia y relevancia.

Además, la enseñanza de las ciencias cuenta con una dificultad añadida que no se suele presentar en otras áreas del conocimiento, y esta viene de la experiencia personal e interacción con el mundo en el que vivimos, que puede llevar a que alumnos (y, en ocasiones, adultos) tengan unas explicaciones preconcebidas y erróneas sobre los fenómenos observados. Por supuesto, esto mismo puede suceder en otras áreas del conocimiento, pero nuestro contacto con la naturaleza es continuo e involuntario. El contraejemplo en áreas como los estudios literarios, históricos, o artísticos, se manifiesta en que, en estos últimos, no se da una interacción continua y sólo se accede a ellos de forma voluntaria y consciente generalmente, lo que hace tener un espíritu mucho más crítico y motivado.

Esta dificultad añadida ha sido recogida y expuesta en diversas investigaciones como la realizada por (Hestenes, Wells, y Swackhamer, 1992; Jones, Carter, y Rua, 1999; Mora y Diana, 2009), donde se puede apreciar que las ideas previas y preconcepciones que tienen los alumnos, influyen enormemente en la nueva adquisición de conocimientos. Esto hace que aquellas propuestas educativas que no tienen en cuenta estas ideas previas, para reforzarlas en el caso de ser acertadas, o desterrarlas razonadamente en el caso de ser erradas, fracasen estrepitosamente, a la vez que producen frustración y desorientación en los alumnos, los cuales tienen ideas que chocan y se oponen en sus mentes.

Abordar toda esta problemática en el área científico y físico sería una labor de años, y de no fácil resolución, por lo que en este Trabajo Fin de Máster, tendremos objetivos más modestos, tomando como marco de trabajo la enseñanza de los conceptos relacionados con los eclipses.

Para ello, el punto de partida de este estudio será la utilización de un cuestionario diseñado expresamente para esta labor. De esta forma buscamos conocer y entender el imaginario global que los alumnos tienen sobre la dinámica celeste y más específicamente sobre los eclipses. El cuestionario consta de 5 preguntas de respuesta abierta diseñadas en colaboración con el departamento de física de la Universidad del País Vasco. Dicho cuestionario sólo indaga sobre los eclipses, sino también sobre otros conceptos que, aún estando relacionados, son más genéricos y propios de la dinámica planetaria como son las fases lunares.

Además, este estudio vendrá motivado por la oportunidad única que se nos presentará el 12 de agosto de 2026, cuando podremos trabajar los eclipses solares directamente con los alumnos, y no apenas de forma teórica, ya que será en esa fecha cuando se producirá sobre la Península Ibérica un eclipse solar total. En la Fig. 1 puede verse la zona de la Península Ibérica desde la que se verá el eclipse total de Sol, siendo de Oeste a Este el sentido de barrido del mismo.

Es natural suponer que a los estudiantes no les resulta difícil comprender la naturaleza de los eclipses. Después de todo, la noción de que los eclipses se producen cuando la Luna nueva impide que la luz del Sol llegue a la Tierra o, alternativamente, cuando la Tierra impide que la luz del Sol llegue a la Luna llena parece bastante simple. Sin embargo, las investigaciones sobre la enseñanza de la astronomía en las distintas disciplinas muestran que los estudiantes tienen grandes dificultades para desarrollar una comprensión conceptualmente coherente de los eclipses (Kavanagh *et al.*, 2005). Así, conceptos como el de fases lunares, ocultaciones astronómicas, tamaños relativos de los cuerpos celestes o incluso el modelo Sol-Tierra-Luna, parecen no estar del todo claro en una parte importante del alumnado, lo que conlleva una clara pérdida de conocimiento y consciencia de cómo funciona el mundo que habitamos y la posición que ocupamos en el Universo. Entender la dinámica celeste no es un mero conocimiento espúreo que conlleve un saber más, sino que nos hace integrarnos como parte de un algo mucho mayor y comprender la fragilidad de dónde vivimos. Entender esto



Figura 1: Imagen de la zona desde la que se verá el eclipse del 12 de agosto de 2026. El sentido de barrido es de Oeste a Este. Fuente: <https://eclipse-spain.es>

es imprescindible para generar futuras generaciones responsables y ubicadas en su realidad y el entorno en el que viven.

2.1. Justificación

Como ya se ha comentado brevemente en la introducción, la principal justificación para este estudio es la oportunidad única que se nos ofrece en 2026 debido al eclipse total de Sol que podremos ver desde la Península Ibérica. Esto nos lleva a desarrollar uno de los pilares fundamentales de las ciencias experimentales: entender los fenómenos naturales que suceden a nuestro alrededor. No obstante, para abordar este tema en clase desde una correcta propuesta educativa, se deberá conocer previamente los conceptos y conocimientos que los alumnos tienen para que se pueda desarrollar un aprendizaje realmente significativo.

Desde un punto de vista puramente legislativo, en el currículo específico de Física y Química de Castilla y León (Comunidad Autónoma donde se ha realizado el estudio), que se presenta recogido en el decreto 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Casti-

lla y León, apenas aparecen unas pinceladas sobre la dinámica celeste. De forma general se menciona la comprensión de las leyes que gobiernan el Universo, descripción de los fenómenos naturales. Este proceso viene detallado en las competencias específicas: *El alumnado debe comprender los porqués de los fenómenos que ocurren en el medio natural y tratar de explicarlos a través de las leyes físico químicas adecuadas y aplicar metodologías propias de la ciencia: observar, formular hipótesis y aplicar la experimentación, la indagación y la búsqueda de evidencias..* De forma específica, los contenidos en gravitación, astronomía y dinámica celeste que aparecen en los contenidos son:

- Tercer curso ESO: Guion D de los contenidos (La interacción), punto 4º: Fenómenos gravitatorios.
- Cuarto curso ESO: Guion D de los contenidos (La interacción), punto 5º: Ley de gravitación universal: atracción entre los cuerpos que componen el universo.

Es en Bachiller, donde podemos encontrar algunos rastros mayores de esta dinámica celeste en el decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León:

- Asignatura Física y Química de 1º de Bachillerato: bloque C (cinemática): movimiento relativo de los cuerpos en la situaciones de la vida cotidiana, sistemas de referencia.
- Asignatura Física de 2º de Bachillerato: campo gravitatorio es uno de los cuatro bloques en torno a los que se estructura la materia en el que aparecen las leyes de Kepler como leyes que se verifican en el movimiento planetario, extrapolación de estas leyes al movimiento de satélites y cuerpos celestes. Velocidad orbital y velocidad de escape. Introducción a la cosmología y astrofísica.

En ambos currículos encontramos la competencia clave designada como: Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM):

De sus siglas en inglés “Science, Technology, Engineering & Mathematics”, la competencia STEM integra la comprensión del mundo, junto a los cambios causados por la actividad humana, utilizando el pensamiento y la representación matemática, los métodos científicos,

la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno a partir de la responsabilidad de cada individuo como ciudadano.

Así, la competencia matemática es la habilidad de desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos, junto a sus herramientas de pensamiento y representación, al objeto de describir, interpretar y predecir distintos fenómenos que permitan resolver problemas en situaciones cotidianas.

Es por todo ello que pensamos y defendemos que la enseñanza de los eclipses es un ejemplo perfecto y práctico para adquirir estas competencias, brindándonos la oportunidad única del eclipse de Sol de 2026.

2.2. Introducción bibliográfica

El primer obstáculo conceptual con el que se encuentran los profesores que enseñan sobre eclipses es que muchos alumnos carecen de una comprensión científicamente exacta de por qué se producen las fases lunares. Podemos encontrar estudios que defienden que la creencia por defecto de los alumnos es que la Luna esférica en el cielo nocturno debe aparecer siempre llena y redonda. Si la Luna tiene un aspecto diferente, como una media luna, la explicación que se da por supuesta es que hay algo que nos impide ver la Luna, como las nubes o la sombra de la Tierra (Barnett y Morran, 2002). Este mecanismo erróneo es muy diferente de la explicación científica según la cual la mitad de la Luna siempre está iluminada por el Sol y las fases cambiantes son el resultado de que los observadores terrestres ven más o menos de este lado iluminado en función de la posición de la Luna en su órbita mensual alrededor de la Tierra.

Tras este primer paso de entender las fases lunares como la parte que vemos nosotros de la cara iluminada desde la Tierra, los alumnos se preguntan si entonces los eclipses debiesen ocurrir cada mes en Luna nueva y Luna llena (Slater, 1995). Este concepto erróneo tiene sentido si uno imagina que la Luna orbita la Tierra bastante cerca, de tal forma que las sombras de los objetos caen una sobre otra una vez al mes. Sin embargo, lo cierto es que la Luna está sorprendentemente alejada de la Tierra, orbitando a una gran distancia de casi 30 diámetros terrestres. Además, el plano de la órbita de la Luna está inclinado con respecto a la órbita de la Tierra, lo que significa que los eclipses sólo pueden producirse en las fases

nueva y llena cuando existe también una alineación precisa entre el Sol, la Luna y la Tierra. Estas condiciones especiales de alineaciones precisas que también se producen durante las fases nueva y llena son bastante raras, y sólo ocurren unas pocas veces al año.



Figura 2: Imagen de la sombra de la Luna sobre la Tierra en un eclipse solar. Fuente: <https://www.space.com>

Además, hay una diferencia entre que se produzca un eclipse y que éste sea observado. Los alumnos se enfrentan a un nuevo reto cognitivo: los eclipses solares, que duran minutos, sólo pueden verse desde una ubicación geográfica muy pequeña, pero los eclipses lunares, que duran horas, son visibles para todo el mundo en el lado nocturno de la Tierra. No obstante, parece que esta idea y pensamiento no es asumida de forma general por los alumnos. La explicación a esto es que los eclipses solares sólo pueden observarse desde la pequeñísima región geográfica donde la sombra de la Luna cae sobre la Tierra. Como se muestra en la fotografía espacial que mira hacia la Tierra durante un eclipse solar, la parte más oscura de la sombra de la Luna, la umbra, sólo cae sobre una región de unos 160 kilómetros de diámetro (Fig. 2). Además, el giro de la Tierra hace que la sombra se desplace rápidamente por la superficie, a unas 1.700 mph en las latitudes medias de la Tierra. El resultado final es que las totalidades de los eclipses solares duran sólo unos minutos como máximo. A los alumnos les cuesta entender que deben estar dentro de la sombra de la Luna para ver un eclipse solar. En

cambio, los eclipses lunares son mucho más fáciles de observar, siempre que uno se encuentre en el lado nocturno de la Tierra desde el que se puede ver la Luna. En las Lunas llenas en las que existe una alineación precisa entre el Sol, la Tierra y la Luna, la Luna llena, que orbita lentamente, entra y sale de la sombra de la Tierra en un periodo de unas horas y puede ser vista simultáneamente por aproximadamente la mitad de la población de la Tierra si decide mirar hacia arriba.

Tradicionalmente, los conceptos relacionados con la causa de las fases lunares y la naturaleza de los eclipses se han enseñado utilizando diagramas e ilustraciones cuidadosamente elaborados, pero en su gran mayoría con una simplificación en 2 dimensiones. Esto provoca que la mayoría de estudiantes, tras abandonar la escuela, siguen sin entender los eclipses, a menos que profundicen intelectualmente en las ilustraciones de las fases lunares mediante enfoques de enseñanza basados en el diálogo socrático altamente estructurado (Prather y cols., 2004). Esta situación obliga a los educadores a buscar enfoques diferentes para la enseñanza de estos conceptos.

Los enfoques didácticos más exitosos parecen implicar la participación activa de los alumnos en lugar de escuchar pasivamente explicaciones claramente articuladas e ingeniosamente ilustradas. Dado que pocos alumnos han tenido la oportunidad de observar sistemáticamente el cielo, un primer paso para enseñar sobre la Luna es pedir a los alumnos que dibujen y anoten el aspecto y la ubicación de la Luna a la misma hora cada día durante un mes (Slater, 1995). Una de las ventajas de enseñar sobre la Luna de esta manera es que los alumnos a menudo descubren, para su gran sorpresa, que la Luna es realmente visible durante el día (Slater y Gelderman, 2017).

Un enfoque más práctico propuesto en (Slater y Gelderman, 2017) consiste en desafiar a los alumnos a que utilicen pequeñas esferas sostenidas a la distancia de un brazo y una fuente de luz brillante y distante como el Sol para recrear las fases de la Luna, utilizándose a sí mismos egocéntricamente como observadores terrestres. Esta estrategia tradicional ayuda a los alumnos a comprender que las fases aparentes de la Luna son el resultado de ver la Luna siempre medio iluminada desde diferentes posiciones. Además, este enfoque de modelización pone de relieve que podrían producirse eclipses cada mes si no fuera por la distancia y la órbita inclinada de la Luna.

Probablemente, el enfoque más exitoso sea el de ayudar a los alumnos a reproducir cinestésicamente la órbita de la Luna utilizando sus propios cuerpos, cuando sea posible. De esta forma se pide a los alumnos que señalen simultáneamente la posición de la Luna en el cielo con un brazo extendido y la posición del Sol en el cielo con el otro brazo extendido. Como paso siguiente, se puede retar a los alumnos a predecir las posiciones del Sol y la Luna en el cielo para varias fases de la Luna en determinados momentos del día. No obstante, esta propuesta geocéntrica peligra nuevamente en que los alumnos no sean capaces de abstraer los movimientos e imaginarlos desde un sistema de referencia externo. Por ello, también se puede acompañar este ejercicio de una perspectiva heliocéntrica, y pedir a los alumnos que trabajen en equipo para mover sus cuerpos como si fuesen los propios objetos celestes en órbita. Esto ayuda a los alumnos a desarrollar una comprensión conceptual flexible de las fases lunares y los eclipses. Se ha demostrado que estos enfoques cinestésicos, basados en las teorías de la ciencia cognitiva de la cognición incorporada, funcionan bien con una amplia variedad de poblaciones estudiantiles, aunque no se ha encontrado ningún estudio de esta aplicación en alumnado español para dinámica planetaria.

Gran parte de la comprensión de los fenómenos relacionados con el cielo que dependen del tiempo, como los eclipses, es todo un reto para muchos estudiantes. Especialmente cuando el desarrollo de concepciones científicas precisas implica la puesta en práctica de un razonamiento espacial complejo, los estudiantes se benefician enormemente de los compromisos intelectuales múltiples y prolongados con las ideas (Kattner, Burrows, y Slater, 2018). Vale la pena enseñar sobre los eclipses, especialmente cuando uno está a punto de producirse, pero la investigación muestra repetidamente que estas ideas requieren un enfoque de enseñanza más intencionado que una rápida explicación verbal.

Es por todo ello, que en este estudio vamos a utilizar el fenómeno de los eclipses como una primera aproximación a la introducción en el análisis de errores conceptuales de esta dinámica celeste. Como ya hemos dicho, esta elección se ve reforzada por el eclipse solar que se verá en España en 2026, por lo que lo fundamentaremos en dar una explicación a un fenómeno que ellos mismos experimentarán. De esta forma, se busca aproximar estos conceptos astronómicos, no como algo a estudiar por los científicos y alejado de perfiles no científicos, sino como búsqueda de respuestas y conocimiento sobre los fenómenos que nos

ocurren.

Bajo este propósito de analizar y entender los errores conceptuales en los conceptos astronómicos de alumnos en torno a 16 años, se propone una metodología de tipo investigación-acción que ayude en la indagación y profundización de los problemas y dificultades encontrados en el alumnado para terminar extrayendo conclusiones que ayuden en una intervención activa y mejora de la enseñanza en este marco. Hasta ahora no se han realizado estudios en una muestra poblacional de alumnos en torno a 16 años del sistema educativo español, por lo que consideramos esencial este estudio previo para la correcta adecuación en la enseñanza del eclipse previsto para 2026.

3. Objetivos

Los objetivos que se persiguen pueden englobarse en entender y analizar el imaginario que los alumnos de 15-16 años tienen sobre los eclipses. Desgranadamente, los objetivos que se persiguen en el actual Trabajo Fin de Máster son:

- Encontrar los errores conceptuales y las ideas previas del alumnado.
- Comprender de dónde pueden venir estos errores y si son debidos al intento de explicación (errónea) de fenómenos cotidianos.
- Analizar las posibles diferencias entre cursos de 4^o de ESO y 1^o de Bachiller, donde la principal diferencia debiese ser la madured y capacidad de abstracción.
- Proponer una posible propuesta educativa que permita solventar los errores y ofrecer un aprendizaje significativo y participativo a los alumnos.

4. Plan de trabajo

Con el fin de alcanzar los objetivos que han sido propuestos en la sección anterior, se planea seguir los siguientes pasos:

1. Revisión bibliográfica con el fin de ver otros estudios realizados con alumnado joven en el estudio de los eclipses.

2. Preparación de los cuestionarios en colaboración con la Universidad del País Vasco y con una comisión de expertos para asesorarnos sobre la adecuación de las mismas.
3. Recogida de datos mediante la entrega de los cuestionarios a alumnos de 4^o de ESO y 1^o de Bachillerato del IES Andrés Laguna, en Segovia. Esta actividad será llevada a cabo en una clase lectiva de 50 minutos al final del año lectivo.
4. Utilización de la fenomenografía para realizar la categorización de cada una de las respuestas obtenidas.
5. Corrección de las respuestas utilizando las categorías previamente mencionadas y realizando ligeras modificaciones en caso de ser necesarias.
6. Análisis estadístico de las respuestas obtenidas en grupos y subgrupos.
7. Análisis y discusión de los resultados y búsqueda en el origen de los problemas educativos observados.
8. Planteamiento de una propuesta educativa innovadora y con el foco en el eclipse de 2026.

5. Metodología

Como ya se ha mencionado en la introducción, diversas teorías sobre el aprendizaje indican que conocer las ideas previas de los alumnos es fundamental, pues con ello conseguimos un mayor aprendizaje significativo que permita a los alumnos adecuar los nuevos conocimientos a las estructuras conceptuales previas, o desterrar las erróneas y reconstruir sobre unos cimientos sólidos (Miguel, 1986). Este último aspecto es fundamental, ya que no ser conscientes, como docentes, de los conceptos erróneos e ideas preconcebidas que tiene el alumnado, llevará a una profunda sensación de rechazo y frustración por parte del alumnado; y a una enorme desorientación del profesor sobre cómo solventar los problemas.

Es por ello, que los cuestionarios pueden tener y tienen un doble carácter: tanto con fines investigativos, como educativos. De esta forma, estos pueden ser utilizados tanto para

aprender sobre la docencia general de la ciencia, como para analizar los problemas de una clase determinada y adecuarnos a esos alumnos concretos.

Desde el punto de vista de las aplicaciones, podemos identificar tres categorías principales (Hestenes y cols., 1992; Hestenes y Halloun, 1995):

- Herramienta de diagnóstico que sirva de orientación sobre los conocimientos erróneos y/o previos del alumnado. Para hacer este correcto análisis es importante ver el razonamiento que se encuentra detrás de cada respuesta y la construcción lógica (o no) de la misma.
- Evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje mediante la realización de cuestionarios antes y después de impartir la materia. Esto nos permite analizar la evolución y diferenciación tras la intervención del profesor, y comprender si esta ha sido provechosa. Este enfoque se centra más en el salto o diferencia entre ambos cuestionarios, que en los resultados particulares de cada uno de ellos. En el caso de alumnos que se están iniciando en el ámbito académico, este salto suele ser bastante grande por el bajo nivel que se suele presentar en el cuestionario previo.
- Prueba de ubicación que permita saber si el alumno tiene los conocimientos necesarios para continuar o pasar al siguiente curso. No obstante, por su carácter de cuestionario y no de examen, este tiene un valor limitado en los cursos de secundaria y están más enfocados a alumnos de primaria o en cursos introductorios de física universitaria.

En el presente trabajo, nos centraremos en los cuestionarios como herramienta de diagnóstico que nos permita comprender la visión que el alumnado tiene de los eclipses sin ninguna intervención previa. Para ello, se ha elaborado un cuestionario de 5 preguntas de respuesta abierta, y que ha sido analizado por un comité de expertos, el cual nos han ayudado con su *feedback* a dar forma a las cuestiones aquí presentadas. El cuestionario en crudo tal cual se presentó a los alumnados se puede ver en el Apéndice A.

En este caso, el cuestionario se realizó a finales del año académico 2022/2023 en el IES Andrés Laguna de Segovia y en dos clases de 4^º de ESO de 20 y 15 alumnos cada una; y en dos clases de 1^º de Bachillerato de 18 y 25 alumnos, con la peculiaridad de que este último

grupo de 25 alumnos pertenecía al Bachillerato de Investigación y Ciencia (BIE), por lo que se les puede presuponer una cierta tendencia científica, investigadora, e indagatoria. Se ha elegido que fuese lo más cercano al fin del curso posible, para asegurarnos que ya hubiesen dado la mayoría de contenidos propios del curso en el que se encontrasen. Este cuestionario será utilizado en paralelo en la UPV-EHU para comparar resultados en un trabajo futuro y tener un mayor número de respuestas que nos permita un análisis estadístico mejor o más significativo.

Además, se ha realizado en horario lectivo en una clase de Física y Química (50 minutos) y en las que se les informó de que no eran pruebas evaluables y que los datos extraídos serían utilizados con fines educativos para un Trabajo Fin de Máster. La prueba se les dio en papel e impreso en blanco y negro para el ahorro de recursos. También se les explicó que no serían permitidas las preguntas, ya que la incomprensión de una pregunta también debía ser evaluada y nuestra intervención particular podría introducir sesgos.

5.1. Metodología seguida para el análisis de los cuestionarios

Debido a que el cuestionario ha sido elaborado en su totalidad para este Trabajo Fin de Máster, no encontramos categorías propuestas por estudios anteriores. Es por ello que las categorías que aparecen a modo clasificadorio de las respuestas han sido elaboradas por nosotros mismos. Estas han sido creadas de modo fenomenográfico, que consiste en identificar las diferentes visiones en las que los alumnos entienden o perciben un fenómeno y clasificarlos y agruparlos de la manera más lógica.

Para ello, se ha hecho una primera revisión y lectura de las respuestas para identificar las diferentes formas de razonamiento, dificultades y tipología de los errores. Con ello, se elaboraron unas categorías provisionales, que tras pasar a una lectura más detenida y analista de cada respuesta por individual, se realizaron modificaciones hasta llegar a las categorías propuestas y definitivas.

5.2. Descripción del cuestionario

Las preguntas que se proponen en el cuestionario han sido planteadas para que el alumno sea capaz de responder de una forma concisa y clara, y que permita dilucidar de manera precisa qué conceptos tiene en su cabeza, sin entrar en interpretaciones propias y sesgadas que contaminarían los resultados. De la misma forma, se intenta que ninguna de las preguntas sucesivas aporten información que permita responder la propia pregunta o alguna de las anteriores, yendo en un aumento de la dificultad y la abstracción en los conceptos que analiza cada una de ellas. Durante la recogida de datos no se han resuelto dudas, ya que si alguna pregunta estuviese mal formulada y el alumnado en general no supiese responderla, también sería un resultado a tener en cuenta para la elaboración de próximos cuestionarios. Esto quiere decir que la manera en la que el alumnado sea capaz de entender e interpretar la propia pregunta es en sí mismo un resultado que no debe ser contaminado por una explicación personal del profesor a un alumno concreto.

A continuación se detallan las 5 preguntas, junto con una breve explicación de los conceptos que se quieren analizar en cada una de ellas. La mayoría combinan la solicitud de una explicación apoyada en un dibujo para que también sea más sencillo vislumbrar, a la hora de analizar las respuestas, los conceptos y el imaginario que el alumnado tiene en su cabeza.

- Pregunta 1: *Observa con atención la siguiente imagen que muestra el Sol, la Tierra y la Luna.*

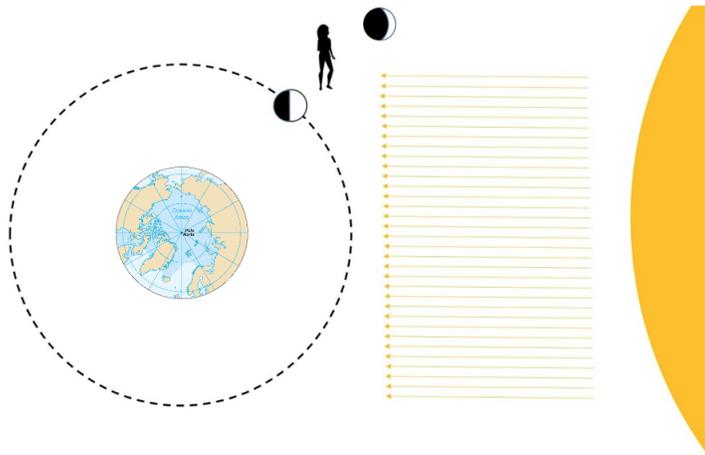


Figura 3: Dibujo presente en la encuesta de elaboración propia.

Tomando como modelo el esquema de la imagen, dibuja sobre la línea discontinua las 4 lunas correspondientes a las 4 fases: Luna nueva, Luna creciente, Luna llena y Luna menguante. Indique la cara de la Luna iluminada por el Sol en cada fase (pintando la iluminada en blanco y la que está a oscuras en negro) y dibuje cómo la veríamos desde la Tierra.

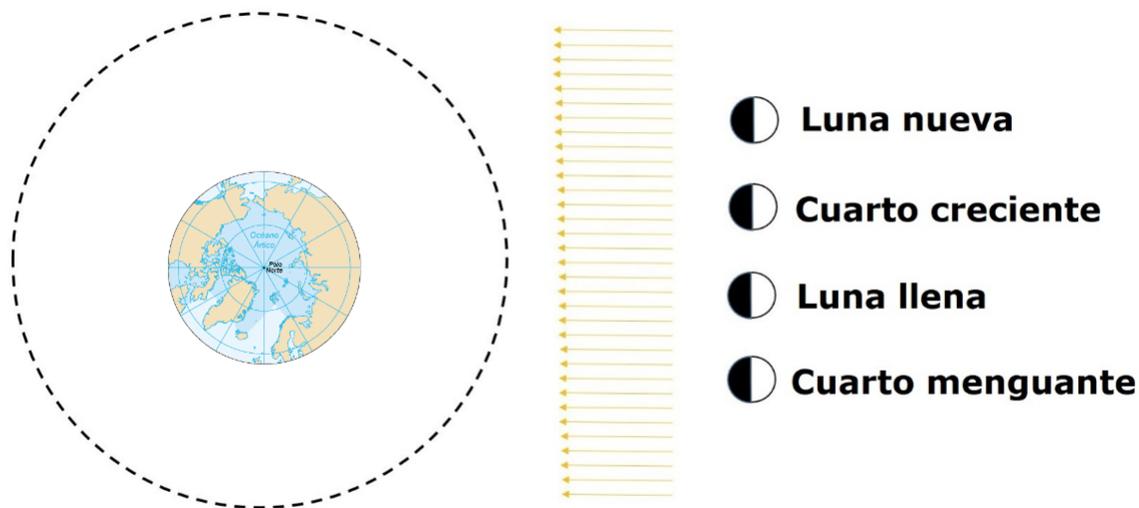


Figura 4: Dibujo presente en la encuesta de elaboración propia.

Con esta primera pregunta queremos analizar el conocimiento y la interpretación que los alumnos hacen de las fases lunares. Para ello, se les ofrece previamente una imagen en la que se orienta el Sol, Tierra y Luna y en base a la cual han de saber colocar la Luna según sus respectivas fases vistas desde la Tierra. El esquema se acompaña por 4 dibujos de la Luna exactamente iguales, lo que nos enseñará si son capaces de entender que el porcentaje de la superficie lunar que recibe luz solar es siempre el mismo y lo único que cambia es nuestra perspectiva del mismo. Paralelamente sabremos si conocen cómo se nombra cada fase y si intercambian alguna de ellas.

Además, la pregunta se plantea desde una perspectiva exterior a la Tierra, por lo que se intenta comprobar si son capaces de abstraer el concepto (y dibujo) al que puedan

estar relativamente acostumbrados para cada fase, y expresar este conocimiento desde un punto de vista diferente.

No obstante, presuponemos que algunos de los errores que pueden responder serán el intercambio de nombres, error en las posiciones y giro de los respectivos 4 dibujos de la luna para imaginárselos desde la propia perspectiva de la Tierra. Se ha de tener en cuenta que es posible que la mayoría del alumnado esté acostumbrado a pensar en las fases lunares como se representan en los calendarios y siempre desde una perspectiva terrestre, por lo que esta pregunta intenta ir más allá y comprender si son capaces de abstraer el concepto y llevarlo a una posición fuera de la Tierra.

Además, existen estudios (Slater y Gelderman, 2017) con estudiantes estadounidense que demuestran que algunos alumnos interpretan las fases lunares como consecuencia de hechos erróneos, tales como que no ver la Luna siempre llena se deba a factores atmosféricos que tapan una parte de ella. Sin embargo, nuestra pregunta no va tan dirigida en esa dirección, pero no podremos descartar que una parte de las respuestas erróneas que encontremos se deba a que no relacionen las fases lunares con el fenómeno de traslación lunar y la perspectiva que se tiene de la Luna desde la Tierra. De la misma forma, tampoco indagamos si saben que la parte iluminada que ven es debido al reflejo proveniente de la luz solar, es decir, la Luna no tiene luz propia. De hecho, con el dibujo previo a la respuesta, pueden extrapolar esta misma conclusión ellos y de esta forma analizar, nosotros, si son capaces de abstraer el movimiento y la perspectiva de la Luna desde la Tierra.

- Pregunta 2: *Hoy en las noticias, has oído que el 12 de agosto de 2026 habrá un eclipse total de Sol que será visible desde nuestro país, un fenómeno nada habitual. ¿En qué fase se encuentra la Luna en un eclipse de Sol? ¿Y en un eclipse de Luna? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.*

Con esta pregunta se intenta vislumbrar si los alumnos entienden que los eclipses no pueden desligarse de las fases lunares y que ambos fenómenos son producidos por las posiciones relativas de Sol-Tierra-Luna. Además, buscamos que razonen la respuesta, ya sea de palabra o mediante un dibujo, para intentar aproximarnos a la imagen que

tienen tanto de uno como de otro y a la manera que tienen de imaginar las posiciones relativas. De esta forma, pretendemos estudiar la relación entre la fase lunar y los eclipses de forma directa, y las posiciones relativas de forma indirecta.

Además, esta pregunta intenta partir de una contextualización en la que perciban que los eclipses son fenómenos lo suficientemente relevantes e interesantes como para que aparezcan en las noticias y, con ello, ir introduciendo la fecha en la que será visible el eclipse de Sol en España.

- Pregunta 3: *En la respuesta anterior has relacionado los eclipses de Sol con una fase de la Luna. Por un lado, sabes que esa fase de la Luna se repite cada 28 días. Por otro lado, la experiencia te dice que los eclipses no se producen cada mes. ¿Por qué no? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.*

En este caso, se busca comprobar si perciben que el fenómeno de los eclipses apenas se producen cuando Sol-Tierra-Luna están alineados. De la misma forma, se comprobará si conocen, o son capaces de llegar a la conclusión, de que el plano de la órbita lunar ha de estar inclinado. Lo que se busca con esta pregunta es su capacidad para saltar del pensamiento bidimensional en el que se suelen representar las órbitas planetarias, al pensamiento tridimensional en el que las órbitas puedan estar alineadas y que es la causa de que no se produzcan eclipses cada 28 días.

Por tanto, esta pregunta lleva un salto en la capacidad de abstracción y visión espacial. Es posible que una parte importante del alumnado no se haya planteado esta cuestión con anterioridad, por lo que los resultados arrojarán luz, esencialmente, a si, con los conocimientos que tienen y su capacidad de abstracción espacial tridimensional, pueden deducir y dar respuesta al problema de dinámica celeste que se les plantea. Dicho de otro modo, en esta pregunta más que analizar sus conceptos previos o errores conceptuales, se intenta ver sus capacidades propias.



Figura 5: Imagen de un eclipse lunar. Este será visto por toda la población que vea la Luna en ese momento.

- Pregunta 4: *En la década de 2021-2030 se producirán 22 eclipses de Sol y 22 eclipses de Luna. Desde esta zona se podrá observar 1 eclipse total de Sol (y seremos afortunados, ya que se produce aproximadamente cada 100 años) pero tendremos la oportunidad de ver 7 eclipses de Luna completos. ¿Cómo puedes explicar esta diferencia? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.*

Con esta pregunta intentamos descubrir si entienden que mientras que la Luna es vista a la vez por una gran parte de la población en el mismo momento (y por tanto un eclipse lunar como se muestra en la Figura 5), un eclipse de Sol sólo será visto por aquellas personas que caigan justo en la sombra proyectada por la Luna sobre la Tierra, la cual corresponde a una población mucho menor.

De forma menos directa también analizaremos si sus respuestas dan cuenta de los tamaños relativos, ya que la sombra de la Luna en la Tierra es un punto bastante pequeño en comparación con la sombra de la Tierra sobre la Luna.

- Pregunta 5: *En un eclipse solar total se puede ver la corona del Sol (detallada en la fotografía en color claro). ¿Por qué se produce este fenómeno? Razona tu respuesta y dibuja las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra en un eclipse total de Sol.*

Esta pregunta se acompaña con una imagen de la corona solar para que no sea este concepto, posiblemente novedoso o no conocido por los alumnos, el que les dificulte la respuesta. Si en la anterior pregunta ya se pretendía tantear la idea que tienen de los tamaños relativos, esta pregunta está totalmente enfocada a conocer la idea que tienen de este punto.

De forma curiosa, el Sol y la Luna coinciden en un eclipse total de Sol, esto se debe a que a pesar del Sol tener un tamaño 400 veces mayor al tamaño de la Luna, también está a una distancia exactamente 400 veces mayor, lo que provoca esta conjetura o casualidad cósmica. Luego, con esta pregunta no sólo veremos su percepción de los tamaños relativos, sino también su contextualización con las distancias relativas. Ambos conceptos son abstractos y posiblemente con escalas difíciles de imaginar para alumnos de 16 años, por lo que se espera que esta sea la pregunta con la que tengan más dificultades.

Además, con el dibujo se busca ver si intentan reproducir el modelo Sol-Tierra-Luna a una escala más o menos aproximada o ponen los 3 cuerpos celestes a la misma distancia como aparece en la mayoría de los casos en los libros de texto. Esta simplificación de los libros es entendible por la gran diferencia que hay en estas distancias, pues como ya se ha mencionado, el Sol se encuentra a 400 veces la distancia de la Luna, pero la preocupación está justificada en tanto que son estos libros de texto la principal herramienta con la que los alumnos acceden a comprender el Universo que los rodea. Dicho de otro modo, se busca ver si saben/comprenden que las escalas utilizadas en los libros son una mera simplificación o si realmente el modelo que está en sus cabezas se encuentra contaminado por dichas imágenes.

6. Resultados

En esta sección presentaremos los resultados obtenidos de la encuesta tras ser respondidos por los alumnos de 4º de ESO y 1º Bachillerato. Además, se ha decidido dividir la pregunta 5 en dos preguntas debido a las respuestas obtenidas y para una mayor riqueza en el posterior análisis.

Para ello comenzaremos presentando las diferentes categorías en las que se han categorizado las respuestas. Recordemos que estas categorías han sido realizadas tras un primer análisis de las respuestas y que de esta forma se ajusten lo más posible a lo expresado por los alumnos, minimizando la contaminación por nuestros sesgos o por lo que se podría pensar a priori que responderían.

Tras ello, mostraremos el porcentaje de respuestas que se han obtenido en cada categoría y subcategoría, y en forma de tabla, divididas en tres grupos:

- 4º ESO. (35 alumnos)
- 1º no BIE. (18 alumnos)
- 1º BIE. (25 alumnos)

Se ha decidido separar en estos tres grupos para poder analizar si hay diferencias de conocimientos en un año de diferencia de conocimientos y madurez entre 4º de ESO y 1º de Bachiller. Además, se ha decidido separar los dos grupos de 1º de Bachillerato por la gran diferencia que encontramos en las respuestas y por la peculiaridad de los alumnos que están estudiando un Bachillerato de Ciencia e Investigación y que se presuponen más predispuestos a estos conocimientos científicos.

También mostraremos los resultados de las categorías principales en forma de diagrama circular, y que nos permite englobar cada una de las subcategorías, para realizar una lectura más global.

Por último, realizaremos un análisis de los resultados obtenidos, origen de los problemas y construcción del imaginario que los alumnos tienen para cada una de las preguntas.

6.1. Cuestión 1

El enfoque de esta pregunta parte del concepto de fases lunares y la capacidad de los alumnos para entenderlas e imaginarlas desde un punto exterior a la Tierra. Para analizar los datos obtenidos, se han categorizado las respuestas de la siguiente forma:

- A. Responde correctamente.
- B. Correcta salvo un error (único).
 - B1 Error de dibujo en alguna de las fases.
 - B2 Intercambio en el nombre de Luna menguante con Luna creciente.
 - B3 Intercambio en el nombre de Luna nueva con Luna llena.
- C. Nombra correctamente las fases lunares, pero la representación es equivocada.
 - C1 Representa las fases vistas desde la Tierra, pero la posición es correcta.
 - C2 Representa las fases vistas desde la Tierra, pero intercambia Luna llena con Luna nueva, o Luna menguante con Luna creciente.
 - C3 Representa las fases vistas desde la Tierra, pero la posición está equivocada en todas ellas.
 - C4 La posición está equivocada, pero la perspectiva es correcta.
- D. No nombra las fases lunares.
 - D1 Representación correcta (sin nombre).
 - D2 Representación desde la Tierra de forma correcta.
- E. Representación errónea y/o nombre erróneo de la mayoría de las fases.
- F. Respuesta inválida.
- G. Deja la respuesta en blanco.

Los resultados obtenidos son:

Cuadro 1: Resultados pregunta 1. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA	4º ESO	1º No BIE	1º BIE
A	17 %	11 %	28 %
B	17 %	11 %	8 %
B1	2,86 %	0 %	0 %
B2	11,43 %	5,56 %	8 %
B3	2,86 %	5,56 %	0 %
C	9 %	11 %	32 %
C1	2,86 %	0 %	16 %
C2	0 %	5,56 %	8 %
C3	2,86 %	5,56 %	0 %
C4	2,86 %	0 %	8 %
D	9 %	11 %	4 %
D1	2,86 %	0 %	4 %
D2	5,71 %	11,11 %	0 %
E	34 %	56 %	20 %
F	11 %	0 %	0 %
G	3 %	0 %	8 %

Estos datos también pueden ser representados en forma de gráfico para las categorías principales y facilitar de esta forma su posterior estudio y análisis:

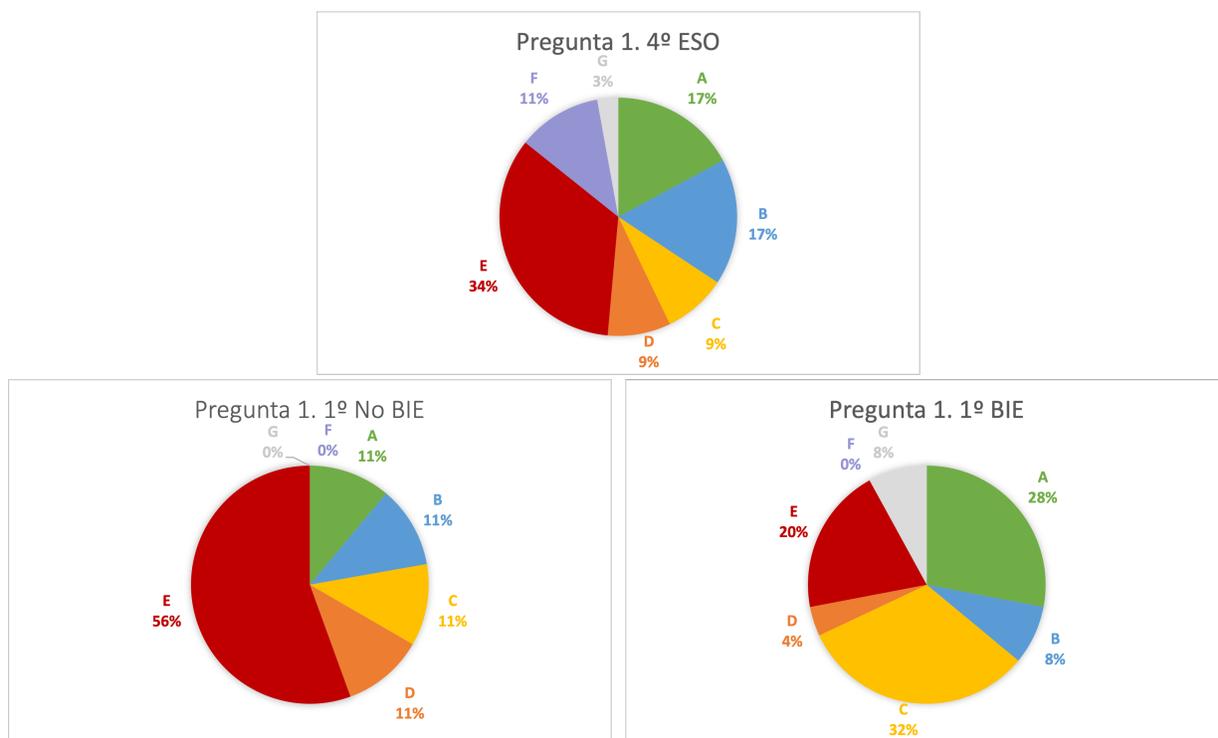


Figura 6: Resultados pregunta 1.

6.1.1. Análisis de los resultados de la pregunta 1.

El primer resultado que se observa y que era esperado, es que el mayor porcentaje de respuestas acertadas lo encontramos en el grupo perteneciente al BIE con casi 1 de cada 3 alumnos con una respuesta correcta. Entre los grupos de 4º ESO y 1º Bachillerato no BIE no se observan grandes diferencias en el porcentaje de acierto, lo que nos invita a pensar que el grado de madurez mayor no les ayuda a responder correctamente si desde el lado académico no se les ha enseñado a analizar y abstraer los conceptos.

Sin embargo, es alarmante el alto porcentaje de respuestas erróneas que encontramos en el grupo del no BIE. La mayoría de estas respuestas eran del tipo:

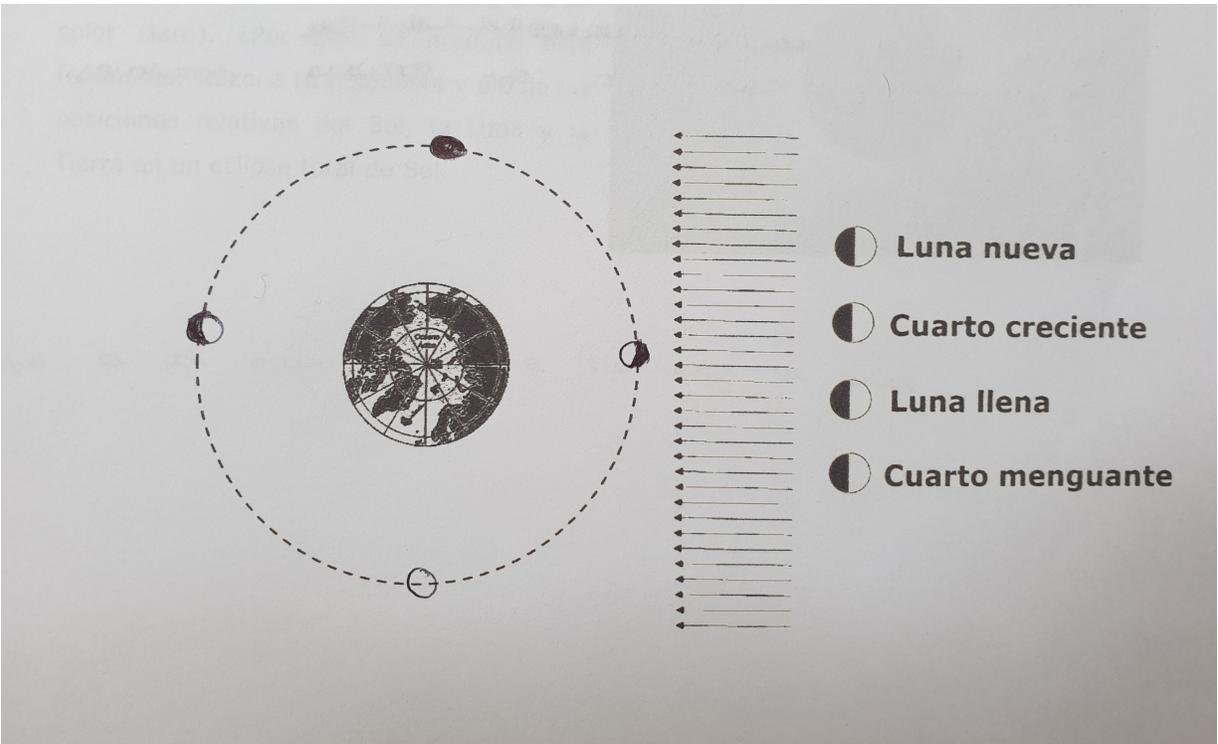


Figura 7: Ejemplo respuesta errónea, categorizada como **E**, a la pregunta 1 del grupo 1^o Bachillerato no BIE.

En la Fig. 7 podemos ver que dibujan la perspectiva desde la Tierra, pero en unas posiciones totalmente equivocadas y sin el nombre en las fases. Esto nos invita a pensar que no han entendido que la luz viene en una dirección que es la posición del Sol, pero nos preocupa que a la hora de responder no se hayan dado cuenta del fallo en su razonamiento, ya que no tendría sentido preguntar por la posición si no estamos también situando el Sol en un punto (o dirección) concreto. Esto también nos puede invitar a pensar que estos alumnos piensen que por tanto las fases de la Luna no dependen del Sol y estas se deban a otros fenómenos y factores como ya nos advertía el estudio de (Slater y Gelderman, 2017).

Podemos ver también que tras la categoría **A**, y la categoría **E**, las siguientes que más destacan son la categoría **B** y **C**. Nuestro análisis de esto es el siguiente:

- La categoría **B** entendemos que se debe a errores menores o al intercambio de Luna menguante con Luna creciente o de Luna nueva con Luna llena. El primer intercambio es un error menor que la mayoría de adultos pueden cometer cuando miran a la Luna

y saben que está en cuarto, pero no si esta es creciente o menguante. Para ello, pondremos alguna regla nemotécnica en la propuesta educativa, pero entendemos que es un error de nombre, más que de concepto, ya que en un dibujo no podemos saber el sentido de giro como para saber si la Luna “está creciendo o menguando” y tendríamos que imaginar la forma de esta, desde el hemisferio Norte en nuestro caso, para asociarlo correctamente con el nombre. Algo más preocupante es el caso de intercambiar Luna llena con Luna nueva que puede ser debido a dos causas:

- Problema de nomenclatura similar al intercambio entre menguante y creciente, aunque en este caso no se puede asociar a problemas con el giro. La representación que hacen los alumnos, en su mayoría, nos invita a pensar que esta es la principal causa.
 - Problema en no saber distinguir cuándo la Luna refleja más luz hacia la Tierra teniendo en cuenta la posición relativa de Sol-Tierra-Luna. No obstante, estamos lejos de descartar esta causa (preocupante) del error debido a los resultados que obtenemos en la Pregunta 2 comentados más adelante, y en dónde se ve que un porcentaje importante de los alumnos piensa que la Luna ha de ser llena para que esta pueda tapar al Sol.
- Para la categoría **C**, vemos un problema de abstracción y de la capacidad para imaginar cómo se vería el movimiento de traslación lunar desde un punto de vista exterior al terrestre.

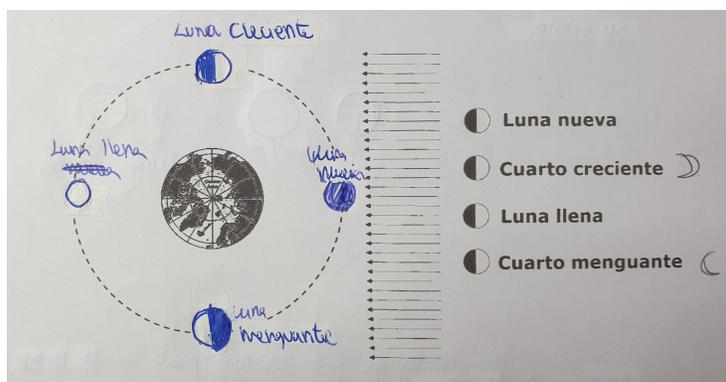


Figura 8: Ejemplo respuesta, categorizada como **C**.

Por supuesto, es algo normal y esperado, ya que el alumnado está tan acostumbrado a relacionar las fases lunares con las imágenes tradicionales que aparecen en calendario y libros (y que siempre son representaciones desde la Tierra) que intentar asociar una Luna que no esté totalmente blanca como llena, les supone un conflicto visual que no han sabido resolver.

Podemos concluir que el principal problema que vemos que tienen los alumnos respecto a esta pregunta es el de imaginarse el movimiento de traslación de la Luna y la parte iluminada de su superficie desde un punto exterior al terrestre. Este hecho pone sobre la mesa un problema de base en la abstracción y capacidad visual para imaginar los movimientos planetarios y la dinámica estelar.

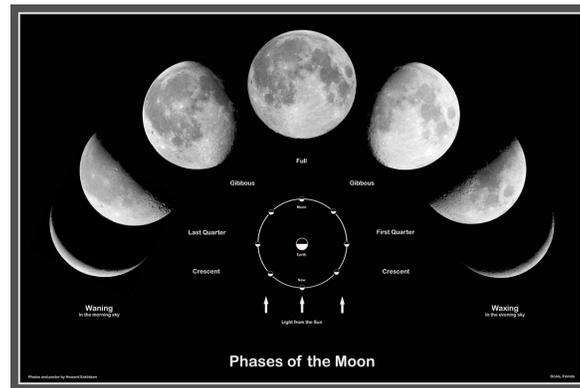


Figura 9: Fases de la Luna

6.2. Cuestión 2

Esta pregunta busca analizar la asociación que los alumnos pueden hacer de las fases lunares con los fenómenos de los eclipses y es un primer paso para interpretar el modelo Sol-Tierra-Luna que tienen en su cabeza. Para analizar los datos obtenidos, se han categorizado las respuestas de la siguiente forma:

A. Responde correctamente.

A1 Correcta con razonamiento.

A2 Correcta sin razonamiento.

B. Asocia los eclipses con la Luna creciente y/o menguante.

C. Responde correctamente sólo uno de los eclipses.

C1 Responde correctamente al eclipse de Sol, pero no al de Luna.

C2 Responde correctamente al eclipse de Luna, pero no al de Sol.

D. Responde erróneamente a ambos eclipses. Normalmente intercambiando las fases, o no las menciona.

E. Respuesta no evaluable.

F. Deja la respuesta en blanco.

Los resultados obtenidos son:

Cuadro 2: Resultados pregunta 2. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA	4º ESO	1º No BIE	1º BIE
A	54 %	33 %	56 %
A1	34,29 %	27,78 %	48 %
A2	20 %	5,56 %	8 %
B	5 %	6 %	0 %
C	6 %	6 %	12 %
C1	5,71 %	0 %	12 %
C2	0 %	5,56 %	0 %
D	26 %	33 %	28 %
E	3 %	11 %	0 %
F	6 %	11 %	4 %

En forma de gráfico circular para las categorías principales:

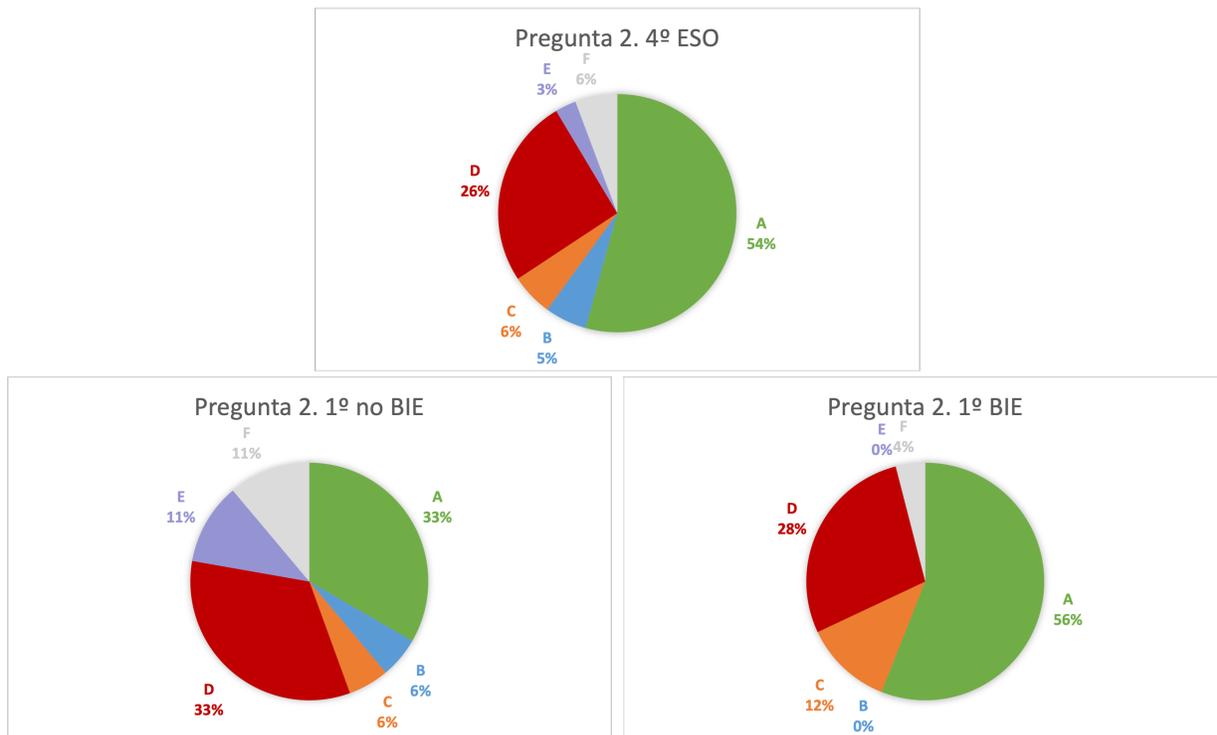


Figura 10: Resultados pregunta 2.

6.2.1. Análisis de los resultados de la pregunta 2

En la pregunta 2 podemos ver que prácticamente la mitad de los alumnos asocian correctamente las fases de la Luna con cada eclipse. Sin embargo uno de cada tres lo hace de forma totalmente errónea. En su mayoría estos errores se deben al intercambio de fase de Luna llena con fase de Luna nueva como se puede ver, a modo de ejemplo, en la Fig. 11.

En esta respuesta se puede ver rápidamente algunos de los errores que ya aparecían y detectábamos en la cuestión 1, cuando los alumnos intercambiaban el nombre de las fases de Luna llena, con Luna nueva. Del ejemplo mostrado en la Fig. 11, vemos que el alumno comprende bien lo que es un eclipse de Sol y un eclipse de Luna, y por el dibujo que realiza, conoce las posiciones relativas en cada uno de ellos. Sin embargo, a la hora de nombrar la fase que tendrá la Luna en cada uno de ellos, vemos como las intercambia, por lo que, en este caso, pensamos que nuevamente hay una parte del alumnado cuyo problema es de nomenclatura y

2. Hoy en las noticias, has oído que el 12 de agosto de 2026 habrá un eclipse total de Sol que será visible desde nuestro país, un fenómeno nada habitual. ¿En qué fase se encuentra la Luna en un eclipse de Sol? ¿Y en un eclipse de Luna? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.

Un eclipse solar ocurre cuando la luna tapa por completo al sol.

La luna se encuentra en en la fase luna llena.

Y en un eclipse de luna se encuentra en la fase luna nueva.

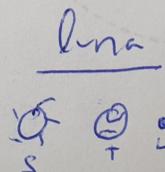
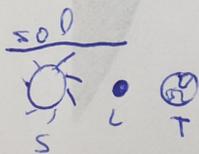


Figura 11: Ejemplo respuesta errónea a la pregunta 2 categorizada en **D**.

abstracción. Al hablar de que la Luna tapa al Sol, el alumno piensa que esta debe estar llena, pues es de esta forma que puede tapparla, dejándose llevar por el nombre que puede llevar a error.

Es posible que este tipo de errores también se deba a que imaginen que la Luna cambia de tamaño, como se muestra en el estudio (Slater y Gelderman, 2017) y sólo toma su tamaño total y mayor cuando está en Luna llena, haciendo que en Luna nueva prácticamente desapareciese su influencia. Sin embargo, por la forma que tienen de expresarse a través de los dibujos, descartamos esta opción.

De esta forma, nuestra conclusión es que en la mayoría de los casos este error es debido a la palabra “llena” presente en la fase de Luna llena y a que asocian correctamente que en un eclipse de Sol, la Luna tapa al Sol, por lo que esta debe estar llena, sin pararse a pensar que los nombres es apenas una cuestión de perspectiva de cómo vemos a la Luna desde nuestra posición terrestre. Esto nos induce a pensar en una problemática típica de las ciencias y es la enseñanza de conceptos sin un análisis profundo y abstracto que les permita llegar a

conclusiones reales, aunque puedan ser antiintuitivas.

6.3. Cuestión 3

Esta pregunta busca analizar si los alumnos comprenden y saben que la órbita de la Luna está inclinada. Presuponemos que la gran mayoría de ellos no lo saben previamente por la forma en la que se suelen representar el modelo Sol-Tierra-Luna, pero con la información que tienen, pueden ser capaces de deducir la explicación, por lo que también entramos a valorar su capacidad de análisis y abstracción una vez más. Para analizar los datos obtenidos, se han categorizado las respuestas de la siguiente forma:

A. Responde correctamente total o parcialmente.

A1 Responde correctamente mencionando el concepto de alineación y de órbita de la Luna inclinada (o lo dibuja).

A2 Se acerca a la respuesta desde el concepto de alineación.

A3 Menciona la forma de la órbita lunar.

B. Asocia que debido al movimiento de rotación y traslación, los 3 cuerpos no “coinciden”.

C. Piensa que es debido a que no son observados por nosotros concretamente, no a que no se produzcan.

D. Menciona la inclinación de la Tierra.

E. Relaciona la respuesta con las fases lunares.

E1 Asocia que no se produzca debido a las fases de la Luna.

E2 Afirma que los eclipses no dependen de las fases lunares.

F. Respuesta inválida o no consigue responder información real.

G. Deja la respuesta en blanco.

Es importante destacar que la categorización de las respuestas **B**, **C**, **D** y **E** corresponde a respuestas igualmente erróneas y no es una graduación respecto a la cercanía que se encuentran con la respuesta correcta. No obstante, nos parece importe mostrarlo de esta forma, ya que las diferencias conceptuales de los errores son lo suficientemente grandes como para pertenecer a categorías separadas y diferenciadas.

Los resultados obtenidos son:

Cuadro 3: Resultados pregunta 3. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA	4º ESO	1º No BIE	1º BIE
A	34 %	39 %	48 %
A1	5,71 %	16,67 %	12 %
A2	25,71 %	22,22 %	28 %
A3	2,86 %	0 %	8 %
B	26 %	5 %	32 %
C	6 %	5 %	0 %
D	3 %	0 %	4 %
E	3 %	6 %	0 %
E1	2,86 %	0 %	0 %
E2	0 %	5,56 %	0 %
F	17 %	17 %	12 %
G	11 %	28 %	4 %

En forma de gráfico circular para las categorías principales:

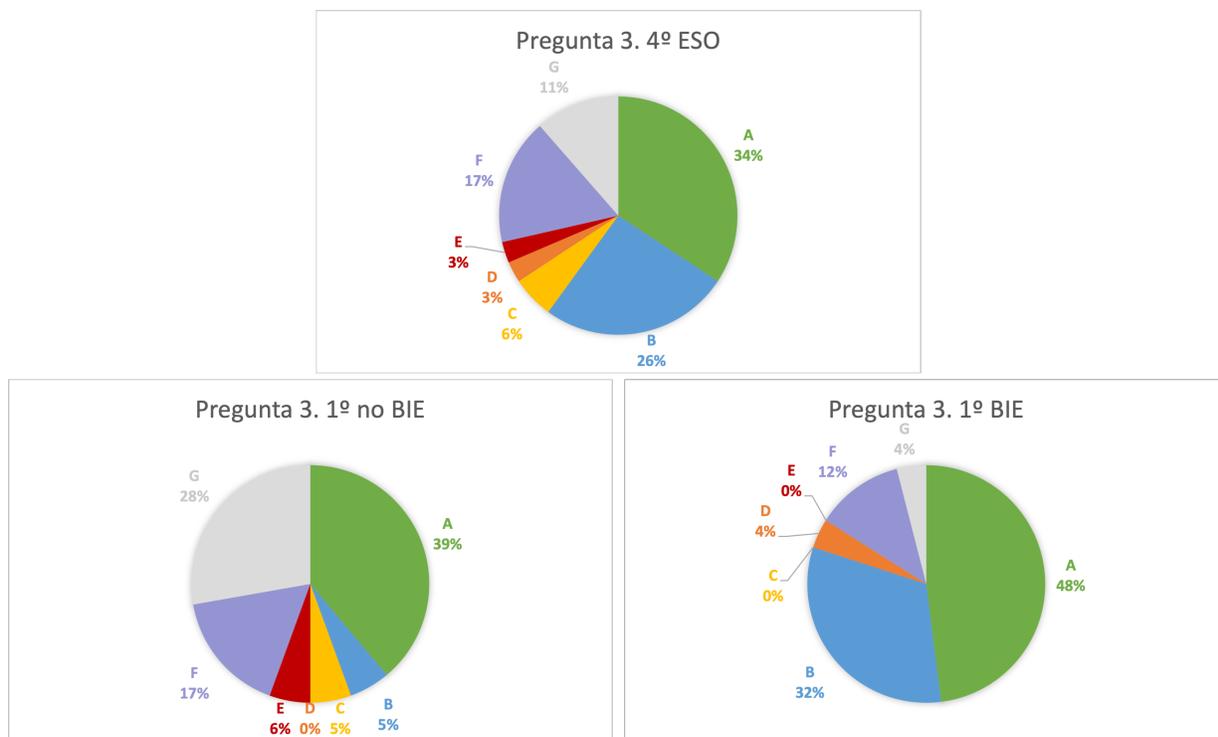


Figura 12: Resultados pregunta 3.

6.3.1. Análisis de los resultados de la pregunta 3

De la Tabla 3 y la Fig. 12 se desprende que un gran porcentaje del alumnado busca la respuesta correcta, pero acercándose desde el concepto de alineación, es decir, son capaces de razonar que para que se produzca un eclipse, los 3 cuerpos han de estar alineados; y si esto no sucede cada 28 días, es porque no se alinearán por algún motivo. No obstante, muy pocos alumnos llegan a encontrar la razón de por qué esta alineación no se produce: la inclinación de la órbita lunar.

Tengamos en cuenta que hasta ahora podían haber respondido las preguntas anteriores pensando apenas bidimensionalmente y las posiciones relativas de de los 3 cuerpos en este plano bidimensional. Esta pregunta, intenta analizar si son capaces de dar el salto e imaginar el movimiento tridimensional, ya que si en dos dimensiones debería ocurrir un eclipse cada 28 días (o 14 si tenemos en cuenta los dos tipos), no queda más opción racional que pensar que la no alineación se produce por la tercera dimensión, y que la órbita Sol-Tierra no puede estar

alineada con la órbita de Luna-Tierra. Los resultados arrojan que los alumnos no consiguen dar este salto de visión espacial y que están fuertemente condicionados por movimientos en un único plano.

De hecho, estos resultados son coherentes con lo obtenido en la pregunta 2, donde alrededor de un 45% de los alumnos había demostrado saber asociar las posiciones relativas en un eclipse desde un punto de vista bidimensional. Por ello, creemos que este porcentaje de alumnos entienden lo básico en cuanto a posición relativa, pero no la orientación 3D.

También encontramos un porcentaje de alumnos bastante alto que intenta justificarlo desde el movimiento de rotación y traslación de la Tierra. Si bien el movimiento de rotación no tiene sentido científico, es verdad que el movimiento de traslación podría adelantar o separar ligeramente el periodo del eclipse de esos 28 días en caso de que estuviesen en el mismo plano orbital los 3 cuerpos, pero nunca como para separar tanto el tiempo entre dos eclipses.

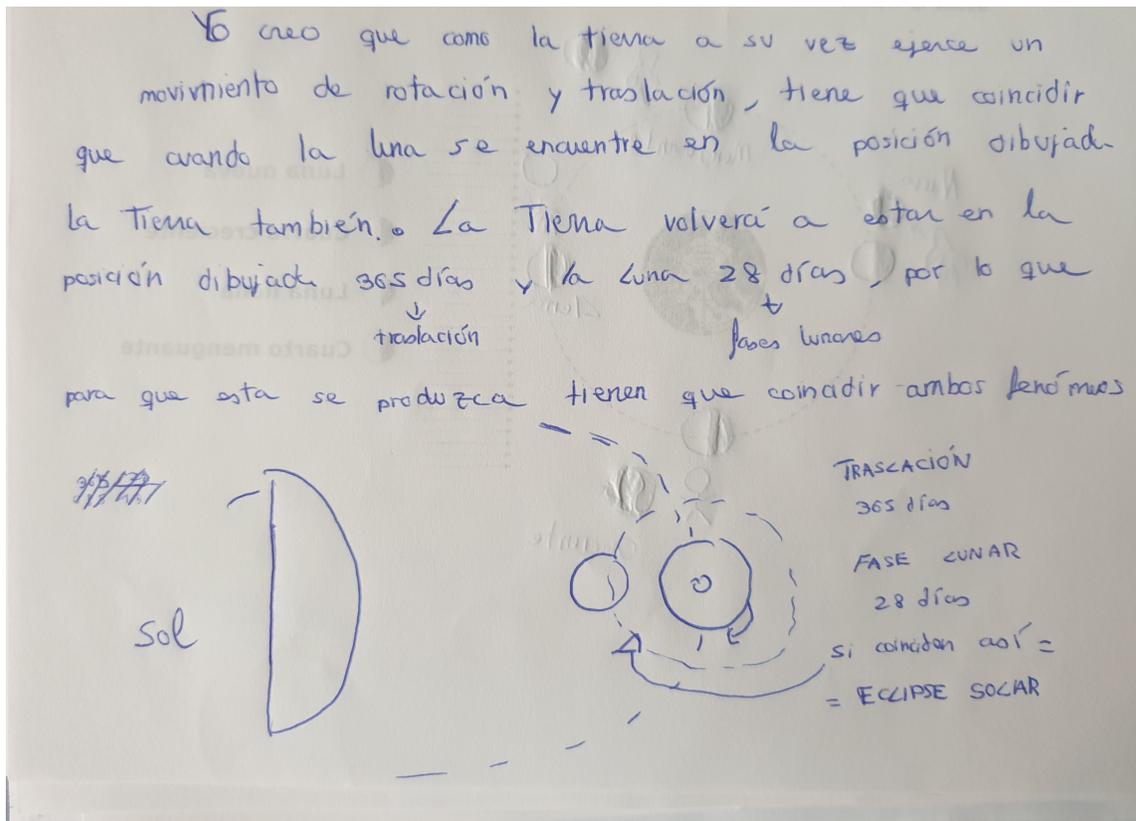


Figura 13: Ejemplo respuesta de categoría **B** en la pregunta 3.

Este tipo de respuesta nos demuestra que han intentado buscar una explicación con los conceptos y herramientas que tenían, pero les ha faltado piezas del puzzle para poder resolverlo, por lo que parte de este problema es en buena medida de la educación recibida y de cómo los libros de textos les ha condicionado para llegar a una respuesta incorrecta. Un ejemplo de respuestas que ha sido categorizada como **B** se muestra en la Fig. 13.

En resumen, el problema que se detecta aquí es una consecuencia directa de que la mayoría de libros de texto y dibujos que han visto en su corta vida les muestra la dinámica celeste desde arriba y en un plano, por lo que les cuesta imaginarse este baile de la Tierra-Luna-Sol en 3 dimensiones y saltar de ahí a que la órbita lunar pueda estar inclinada, lo que hace que la Luna pase por “encima” o por “debajo” de la línea que une a la Tierra-Sol, haciendo que los 3 cuerpos no estén alineados. De esta forma, se ha de proponer pasar de la enseñanza bidimensional a la que se está acostumbrada en la educación astronómica, a una enseñanza realmente tridimensional o una combinación de ambas. En la Figura 14 se muestra un ejemplo de este cambio.

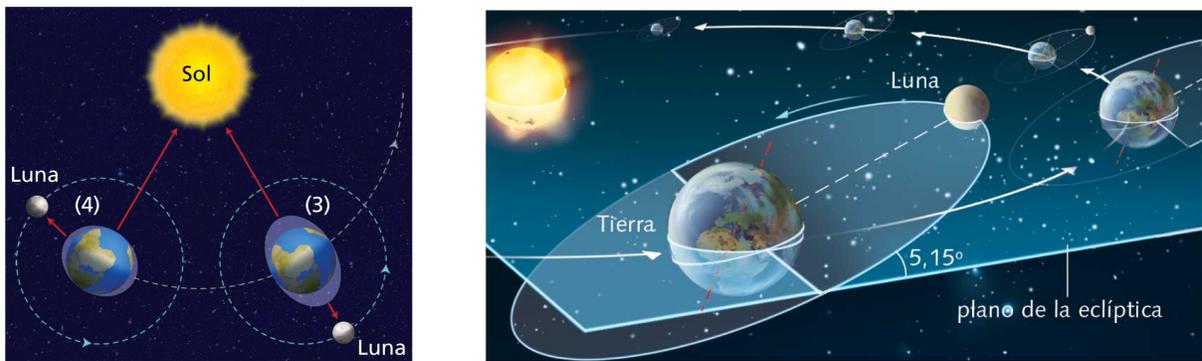


Figura 14: A la izquierda una imagen típica de libro de texto en el que se suele mostrar el modelo Sol-Tierra-Luna, en este caso para la explicación del concepto de las mareas. A la derecha el modelo que proponemos representar en los dibujos donde se pueda ver explícitamente la inclinación de la órbita lunar y el movimiento tridimensional de los cuerpos celestes.

Hemos de mencionar que muchos de los alumnos, cuya respuesta ha recaído en la categoría **B**, también mencionaban el concepto de alineación, pero al ir un paso más allá y hacernos entender por qué presuponen que no se produce esta alineación, hemos decidido categorizarlos de forma diferente. Con esto, lo que queremos decir es que posiblemente muchas respuestas de las que han sido catalogadas como **B1** esconden este mismo razonamiento, pero al no verse expresado, no lo podemos determinar y la respuesta queda como parcialmente correcta. Esto nos ayudaría a entender también por qué el grupo 1^o no BIE, que en general su porcentaje de acierto es menor, consigue un mayor número de respuestas correctas en este caso.

Este hecho, también explicaría la gran diferencia que se produce en el grupo 1^o no BIE entre las respuestas correctas y los alumnos que dejan las respuestas en blanco, no habiendo prácticamente respuestas intermedias, lo que significaría una gran brecha entre unos alumnos y otros que podría ser falsa debido a lo explicado anteriormente.

De forma casi residual encontramos otras respuestas más “imaginativas” como que sí se producen, pero no podemos observar estos eclipses; o que se debe a la inclinación de la Tierra. Esta última respuesta nos podría invitar a pensar, siendo optimistas, que algunos alumnos asocian la inclinación de la Tierra con la de la órbita lunar.

A continuación mostramos algunas respuestas representativas de cada una de las categorías:

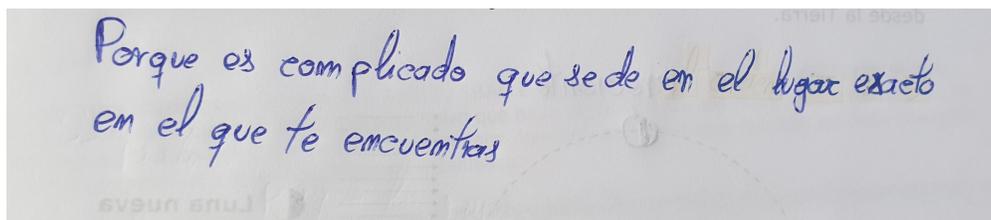


Figura 15: Ejemplo respuesta de categoría **C** en la pregunta 3.

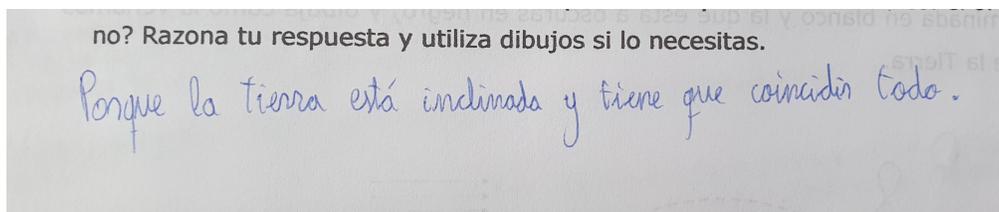


Figura 16: Ejemplo respuesta de categoría **D** en la pregunta 3.

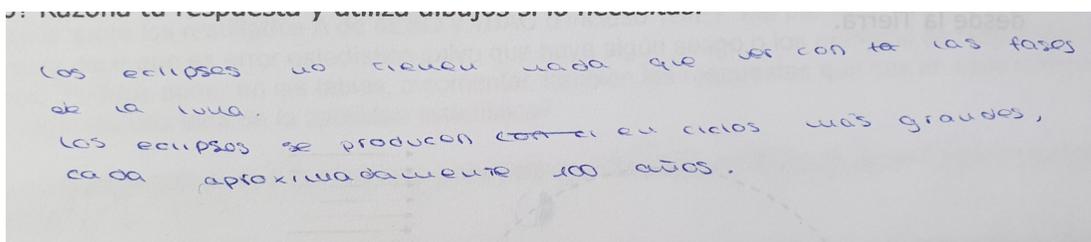


Figura 17: Ejemplo respuesta de categoría **E** en la pregunta 3.

6.4. Cuestión 4

Esta pregunta busca analizar si los alumnos comprenden que para ver un eclipse lunar apenas tiene que ser de noche en el lado de la Tierra en el que estemos, mientras que un eclipse de Sol sólo es visto por aquellas personas en cuyo territorio recae precisamente la sombra lunar, la cual es un área realmente pequeña. Con ello, analizamos de forma sutil también conceptos como el de tamaños relativos Tierra-Luna. Para analizar los datos obtenidos, se han categorizado las respuestas de la siguiente forma:

A. Responde correctamente.

B. Responde parcialmente.

B1 Habla de tamaños relativos y precisión de la alineación.

B2 Menciona apenas la dependencia con el lugar para ver uno u otro eclipse y/o menciona que el eclipse de Sol se ve en menciones concretas, aunque no hable de la noche en el de Luna.

C. Respuesta errónea. Piensa que los eclipses de Luna son más probables que los de Sol.

C1 Diferencia ambos eclipses por su alineación y probabilidad de que sucedan. Piensa que los eclipses de Luna se producen más frecuentemente, no que se vean más fácilmente.

C2 Intenta justificarlo mediante conceptos astronómicos errados: órbita, movimiento de rotación y traslación, inclinación de la Tierra y fases lunares.

D. Respuesta inválida o no consigue responder información real.

E. Deja la respuesta en blanco.

Los resultados obtenidos son:

Cuadro 4: Resultados pregunta 4. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA	4º ESO	1º No BIE	1º BIE
A	3 %	5 %	12 %
B	8 %	17 %	8 %
B1	5,71 %	11,11 %	8 %
B2	2,86 %	5,56 %	0 %
C	66 %	39 %	36 %
C1	34,29 %	11,11 %	12 %
C2	31,43 %	27,78 %	24 %
D	14 %	0 %	24 %
E	9 %	39 %	20 %

En forma de gráfico circular para las categorías principales:

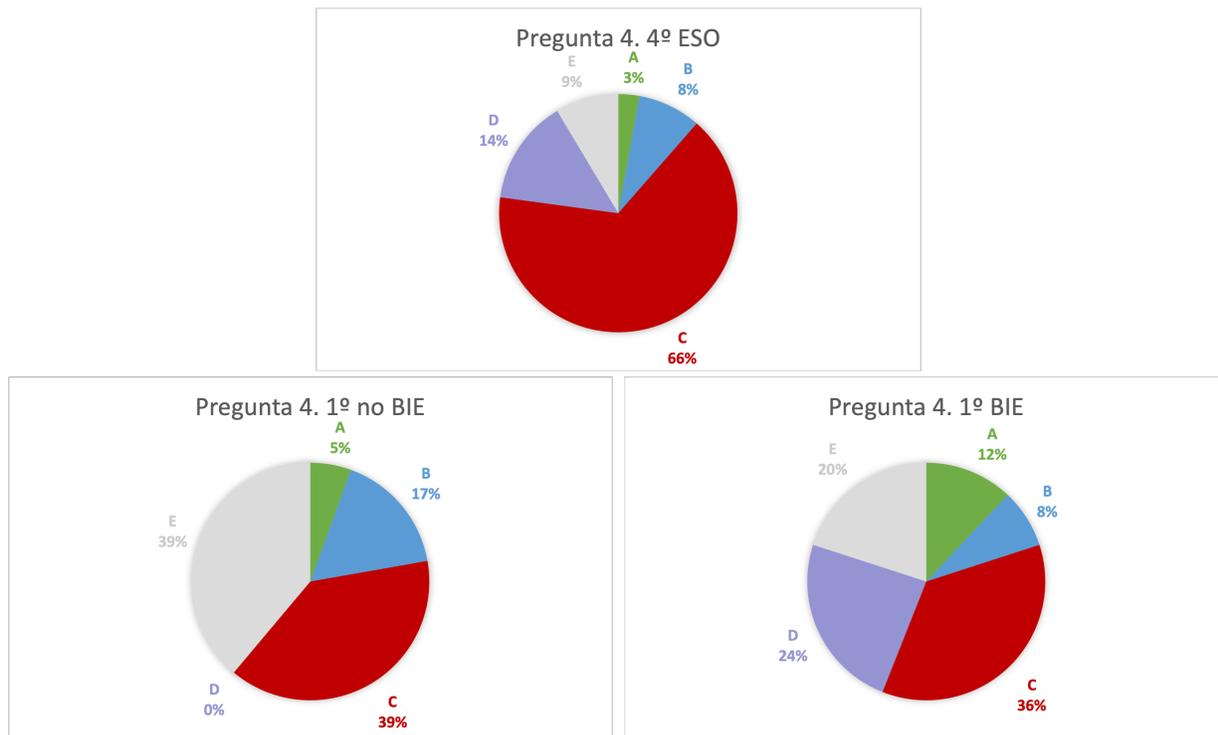


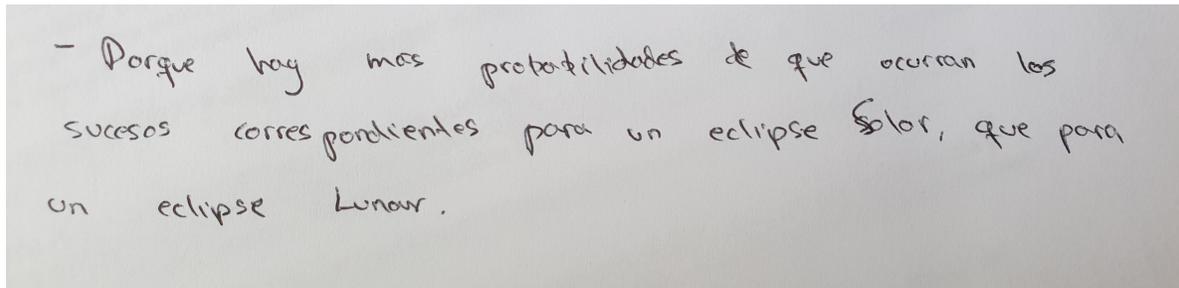
Figura 18: Resultados pregunta 4.

6.4.1. Análisis de los resultados de la pregunta 4

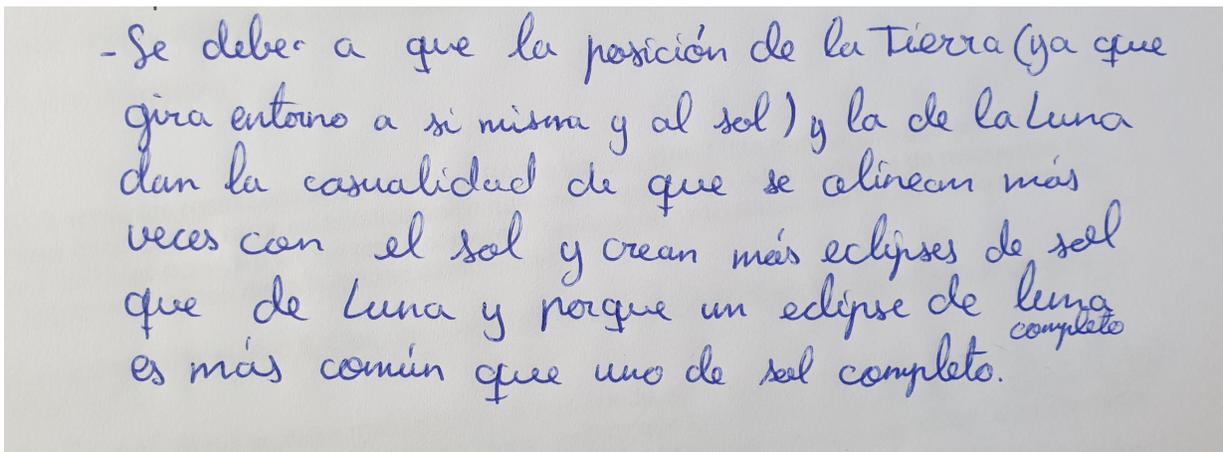
En esta pregunta vemos un gran descenso en el número de respuestas correctas.

Lo primero que llama la atención es el elevado número de alumnos cuya respuesta se cataloga dentro de la opción C. Tanto en la categoría C1, como en la categoría C2, los alumnos mencionan que los eclipses de Luna son más probables que los de Sol, pese a que la pregunta menciona que se producirán el mismo número de eclipses de ambos tipos. Esto nos invita a pensar que el enunciado de la pregunta no sea del todo claro para ellos y debemos reformularlo para futuras ocasiones, además de que pueda deberse que no leen con suficiente cuidado o atención. Este segundo análisis se plantea ya que tuvieron tiempo suficiente, sobrando en todos los casos.

Una conclusión adicional podría ser que la lectura rápida y con poca atención por parte de los alumnos, junto con la búsqueda de una explicación lo más rápida posible, sin pararse a analizar la pregunta, les llevó a cometer este fallo de simple lectura.

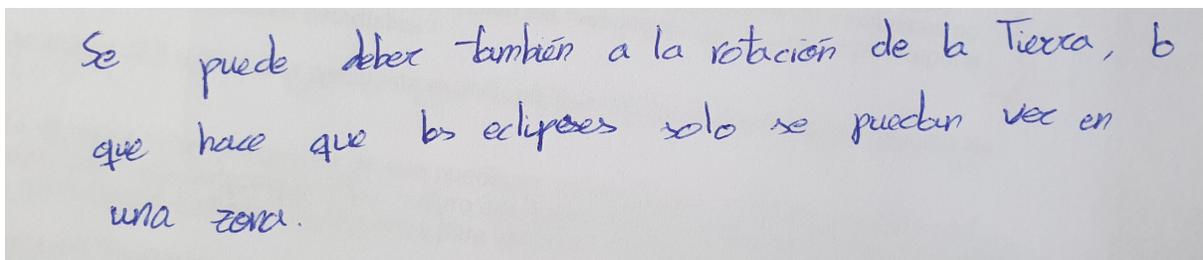


- Porque hay mas probabilidades de que ocurran los sucesos correspondientes para un eclipse solar, que para un eclipse Lunar.



- Se debe a que la posición de la Tierra (ya que gira entorno a si misma y al sol) y la de la Luna dan la casualidad de que se alinean más veces con el sol y crean más eclipses de sol que de Luna y porque un eclipse de luna completo es más común que uno de sol completo.

Figura 19: Ejemplos de respuesta de categoría **C1** en la pregunta 4.



Se puede deber también a la rotación de la Tierra, lo que hace que los eclipses solo se puedan ver en una zona.

Figura 20: Ejemplo respuesta de categoría **C2** en la pregunta 4.

En cualquier caso, que no hayan utilizado la ayuda que tenían para encontrar la respuesta, no hace que los resultados obtenidos sean inválidos. A modo de resumen, podemos concluir que en torno al 80% del alumnado no ha sabido responder que un eclipse de Sol es visto por una región muy concreta, y por tanto por una población específica; mientras que un eclipse de Luna puede ser observado por la mitad del globo terrestre cuya posición permite ver a la Luna mientras se está produciendo el eclipse.

Este resultado es realmente preocupante y nos lleva a concluir que la mayoría de alumnos no consiguen imaginar ambos eclipses desde una perspectiva exterior a un punto terrestre, que es lo que les daría la respuesta.

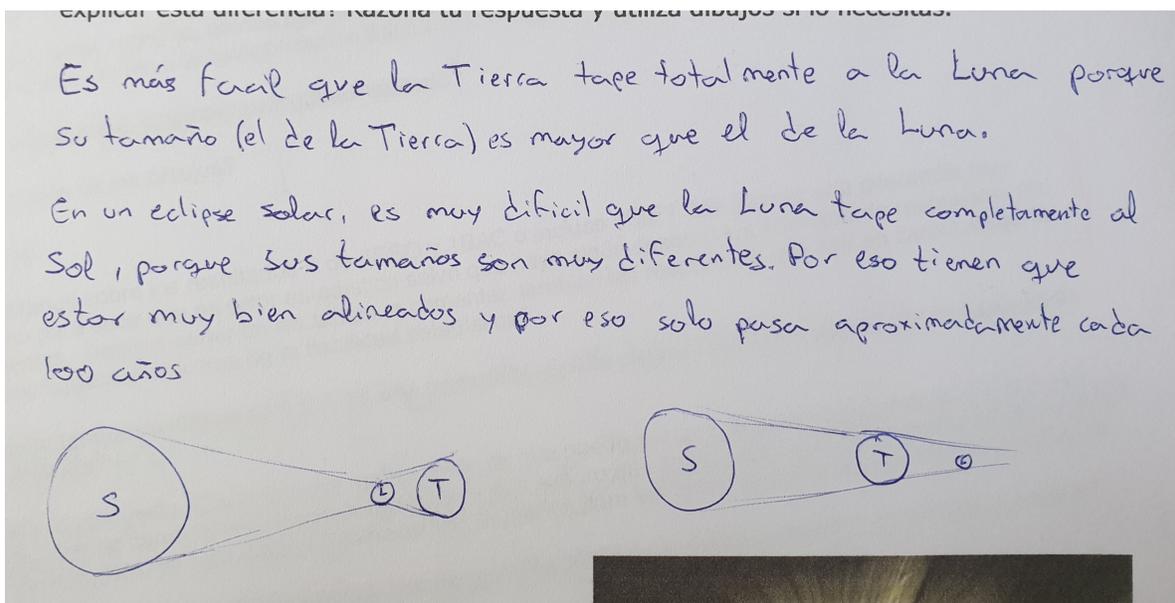


Figura 21: Ejemplo respuesta de categoría **B** en la pregunta 4.

6.5. Cuestión 5A

Debido a que esta pregunta tenía dos partes, se ha decidido analizar la respuesta de cada una de ellas por separado tras ver la multitud de combinaciones posibles en las respuestas. De hecho, para futuros cuestionarios se pueden plantear presentar ambas preguntas por separado.

A la primera parte de la pregunta 5 la hemos llamado pregunta **5A** y es la parte que hace referencia a la corona solar. Para analizar los datos obtenidos, se han categorizado las respuestas de la siguiente forma:

A. Responde correctamente de forma total o parcial.

A1 Correcta y completa.

A2 Menciona la perspectiva de tamaños.

B. Habla de tamaños erróneos.

B1 Menciona que el Sol es mayor que la Luna o que la Luna no es capaz de tapar totalmente el Sol.

B2 Apenas menciona que la Luna tapa completamente el Sol.

C. Respuesta errónea.

C1 Piensa que es la luz del Sol que bordea la Luna o que de alguna forma está interaccionando con la superficie lunar.

C2 Habla de tamaños, pero también del punto C1.

C3 Apenas menciona que son “llamaradas” o “chorros” que se ven.

C4 Menciona otras razones incorrectas como la fase de la Luna o que esta sea traslúcida, o que la Luna se posiciona tras el Sol.

D. Respuesta inválida o no consigue responder información real.

E. Deja la respuesta en blanco.

Los resultados obtenidos son:

Cuadro 5: Resultados pregunta 5A. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA	4º ESO	1º No BIE	1º BIE
A	3 %	11 %	24 %
A1	2,86 %	0 %	12 %
A2	0 %	11,11 %	12 %
B	34 %	22 %	36 %
B1	28,57 %	22,22 %	24 %
B2	5,71 %	0 %	12 %
C	43 %	34 %	24 %
C1	17,14 %	27,78 %	20 %
C2	5,71 %	0 %	0 %
C3	11,43 %	0 %	4 %
C4	8,57 %	5,56 %	0 %
D	14 %	22 %	8 %
E	6 %	11 %	8 %

En forma de gráfico circular para las categorías principales:

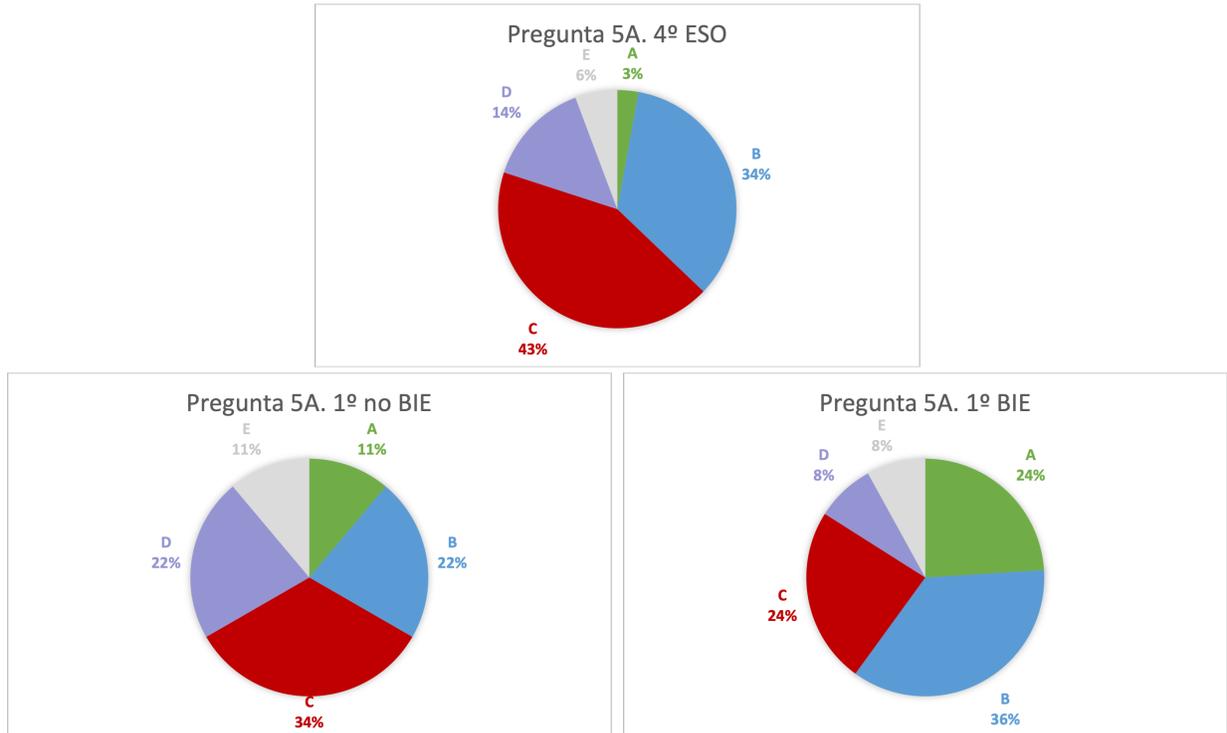


Figura 22: Resultados pregunta 5A.

6.5.1. Análisis de los resultados de la pregunta 5A

Podemos apreciar que principalmente hay dos respuestas mayoritarias:

- Categoría **B1** por la que mencionan que la Luna no es capaz de tapar totalmente al Sol, lo cual puede considerarse como parcialmente cierto, si pensamos en la corona como una parte más del Sol. No obstante, no llegan a acertar la respuesta que buscábamos de cómo este fenómeno se produce porque, aunque el Sol sea 400 veces más grande que la Luna, se encuentra a 400 veces su distancia, lo que les hace coincidentes en tamaños desde nuestra perspectiva. Luego, las respuestas de esta categoría no nos aportarán información sobre si interpretan bien la perspectiva de tamaños. No obstante, esto nos será respondido con la pregunta **5B**.

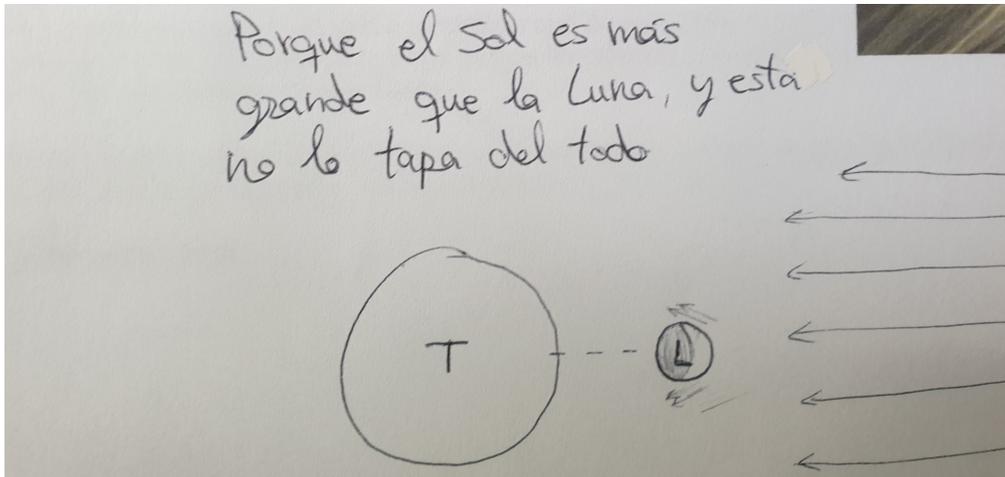


Figura 23: Ejemplo respuesta de categoría **B1** en la pregunta 5A.

- Categoría **C1** por la que piensan que la imagen observada es algún tipo de interacción entre la luz del Sol y la propia superficie lunar, como si fuese una onda de choque. Aunque esta respuesta tampoco nos indique los problemas conceptuales sobre los tamaños relativos, nos hace percibir las dificultades que tiene el alumnado para entender la imagen adjuntada, interpretar el movimiento de la luz, y conocer las bases de la física estelar de nuestro sistema solar.

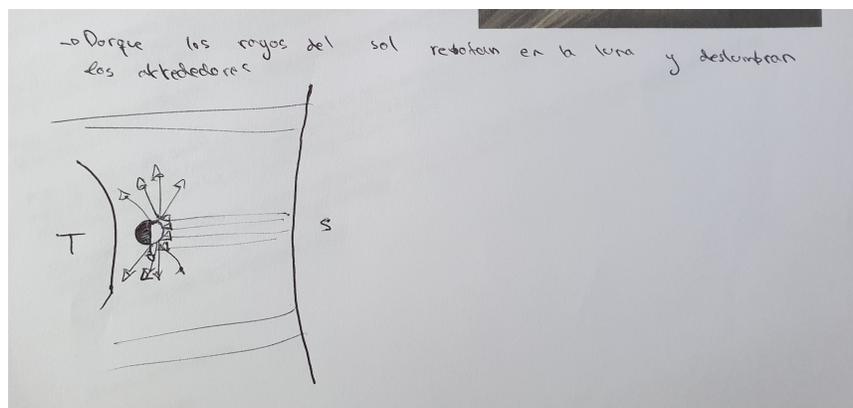


Figura 24: Ejemplo respuesta de categoría **C1** en la pregunta 5A.

De hecho, un futuro trabajo muy interesante, que se pone de manifiesto a través de estas respuesta, sería la investigación de los problemas conceptuales del Sistema Solar

y el Sol como estrella. Además, las respuestas de la categoría **C1**, **C2** y **C3** apuntan a que no saben lo que es la corona solar, ni son capaces de interpretarla a través de una fotografía. Esto nos muestra que el nivel de conocimientos en este área es bastante pobre y que de forma natural ellos no sienten curiosidad o indagan sobre la posición que ocupan en el Universo.

Hemos de añadir que el porcentaje de alumnos que responde incoherentemente o deja la respuesta en blanco es elevado, y es especialmente preocupante en el grupo de 1º no BIE.

6.6. Cuestión 5B

La segunda parte de la pregunta 5 la hemos llamado pregunta **5B** y es la parte que hace referencia al dibujo de un eclipse. Para analizar los datos obtenidos, se han categorizado las respuestas de la siguiente forma:

A. Dibujo correcto.

A1 Totalmente correcto: posiciones, distancias y tamaños.

A2 Parcialmente correcto. Dibuja bien posiciones y tamaños.

B. Dibujo incorrecto.

B1 Incorrecto en tamaños y distancias.

B2 Incorrecto en distancia y posiciones.

C. No realiza ningún dibujo.

Los resultados obtenidos son:

Cuadro 6: Resultados pregunta 5B. Fuente: Elaboración propia.

CATEGORÍA	4º ESO	1º No BIE	1º BIE
A	71 %	22 %	64 %
A1	37,14 %	16,67 %	48 %
A2	34,29 %	5,56 %	16 %
B	6 %	33 %	32 %
B1	2,86 %	33,33 %	28 %
B2	2,86 %	0 %	4 %
C	23 %	45 %	4 %

En forma de gráfico circular para las categorías principales:

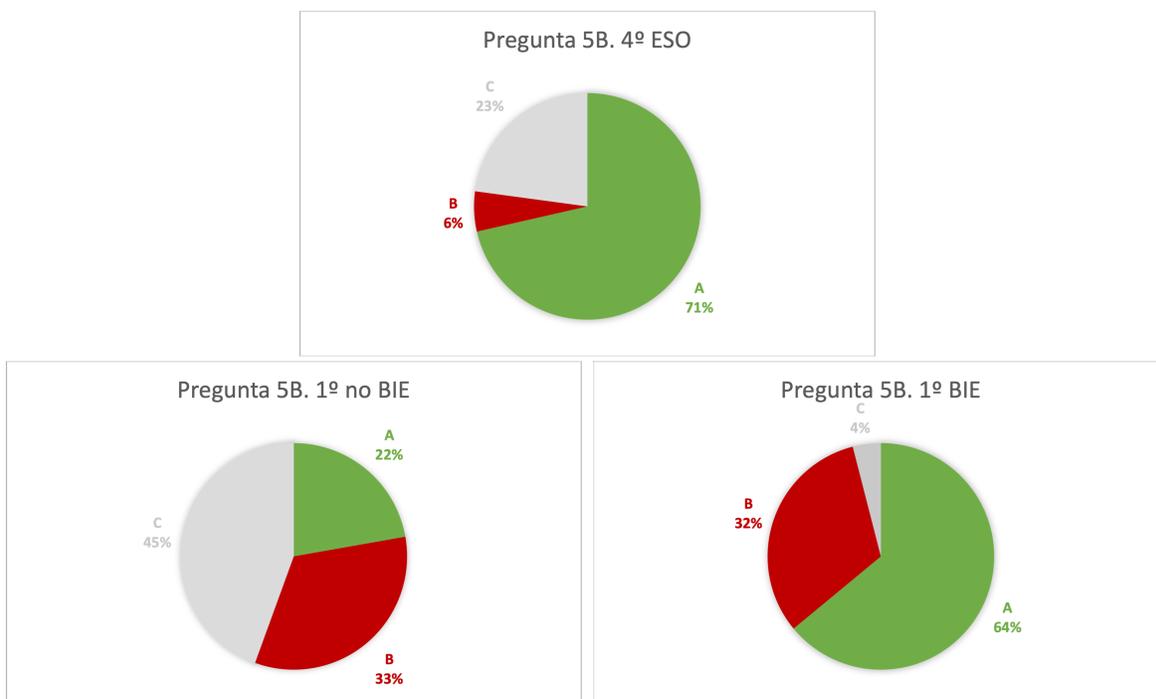


Figura 25: Resultados pregunta 5B.

6.6.1. Análisis de los resultados de la pregunta 5B

En este caso podemos ver con tranquilidad que un gran porcentaje de los alumnos de 4º ESO y 1º BIE responden correctamente. En el caso de las respuestas erróneas, la mayoría de ellas giran en torno a la categoría **B1** por la cual el dibujo realizado representa de forma incorrecta los tamaños y distancias. En casi todos ellos, representan el Sol y la Tierra con el mismo tamaño (aunque no la Luna curiosamente) y sitúan la Luna a una distancia intermedia entre el Sol y la Tierra en lugar de mucho más cerca de la Tierra. Un ejemplo de esta representación se muestra en la Fig. 26.

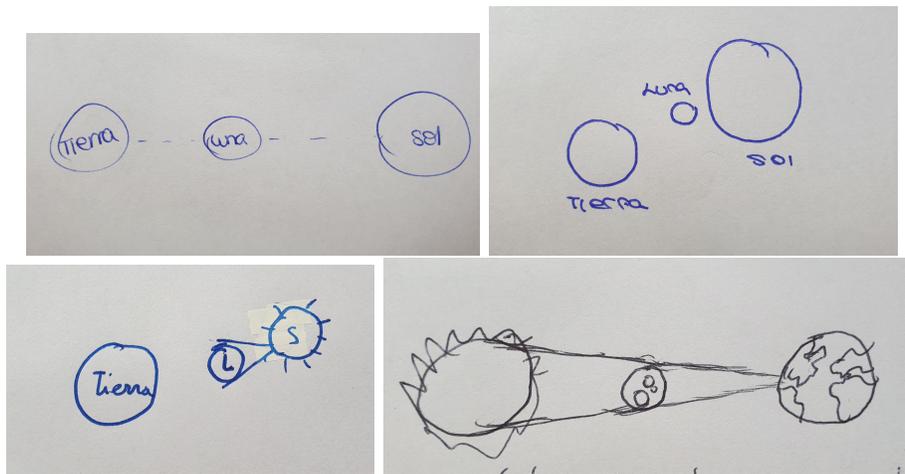


Figura 26: Ejemplos de respuestas de la categoría **B1** en la pregunta 5B.

Debido a estos casos, creemos que deberíamos sustituir la pregunta “*dibuja las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra en un eclipse total de Sol*”, por la pregunta: “*dibuja las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra en un eclipse total de Sol a escala aproximada*”. Con ello, llegaríamos a apreciar si los tamaños y las distancias son un error real que tienen en su imaginario, o si simplemente se han expresado así por responder de forma esquemática y simplificada. Por supuesto, para realizar este dibujo realmente a escala deberíamos dar hojas enormes o asumir que la Luna y la Tierra van a ser meros puntos, pero con esto simplemente queremos ver si hacen hincapié en que:

- $\text{Tamaño}_{Luna} \ll \text{Tamaño}_{Tierra} \ll \text{Tamaño}_{Sol}$.
- $\text{Distancia}_{Luna-Tierra} \ll \text{distancia}_{Tierra-Sol}$.

6.7. Otros resultados detectados

Un resultado importante, que también se ha encontrado en las respuestas, es que algunos alumnos reconocían no saber lo que son los eclipses de Luna. Hemos decidido no categorizar esta respuesta ya que en ocasiones esto lo expresaban en la cuestión 2, y otras veces en la cuestión 4. Además, al no preguntarlo directamente, tampoco podemos asegurar que los que no han expresado explícitamente que no saben lo que es un eclipse de Luna, conozcan lo que es, de forma que no podemos obtener una estadística real. De hecho, podemos suponer que una parte de los alumnos que han dejado la cuestión 2 o la 4 en blanco, pueda deberse a este motivo, pero no podemos afirmarlo categóricamente.

Por ello, propondremos para cuestionarios futuros que se pregunte explícitamente por cada uno de los eclipses y poder separar así esta información del resto de preguntas.

También hemos encontrado una deficiencia transversal del sistema educativo, y es que aunque se les invitó a que si no sabían una respuesta, o no la entendían, lo expresasen así o la dejaran en blanco, vemos como en muchas ocasiones intentan dar una respuesta sin decir realmente nada. Un ejemplo de esto se muestra en 27.

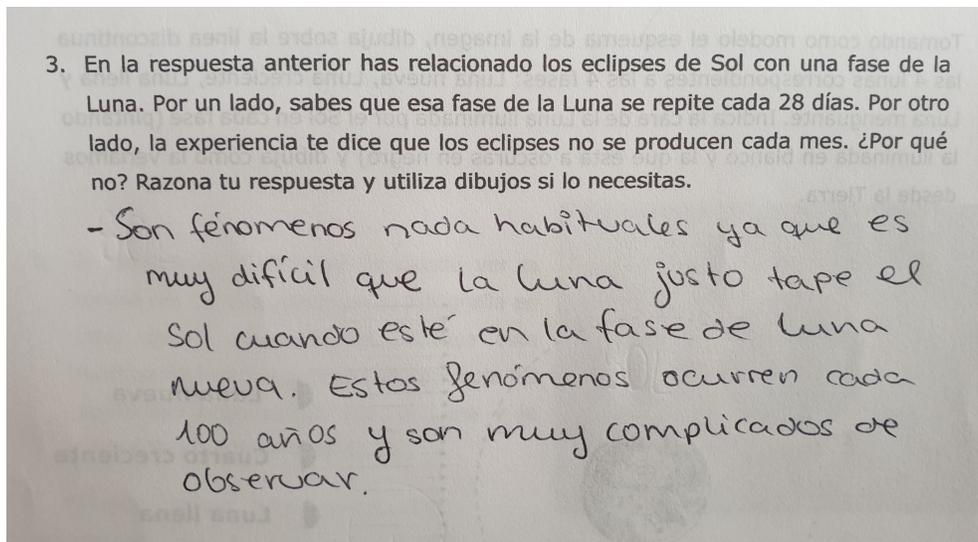


Figura 27: Ejemplo de respuesta que no aporta más información que la del enunciado.

Este problema detectado tiene sus raíces en la forma en la que acostumbramos a los alumnos a que se enfrenten a un papel con preguntas. Hemos de recordar que se dijo que el

cuestionario era anónimo y por supuesto no evaluable, por lo que respondiesen tranquilamente con total sinceridad. Sin embargo, el sistema educativo les enseña que siempre tienen que intentar responder algo para intentar “rascar” esos posibles puntos extra.

7. Propuesta de acción

Si buscamos en la literatura, podemos encontrar alguna propuesta de acción con alumnado español, como la publicada en (García, 2011). Sin embargo, esta parte de un estudio muy cualitativo y superficial a través de preguntas orales a un grupo de alumno y más enfocado a las estaciones del año. Esto hace que no se puedan determinar con exactitud los problemas que tiene cada alumno como individuo, y más especialmente en el tema de los eclipses, al no ser estos el eje central de la propuesta.

Por ello, en nuestro caso vamos a utilizar el análisis de los resultados expuestos en la Sección 6 para plantear una propuesta de acción educativa que creemos propicia. Para ello, se hará especial énfasis en las dos dificultades encontradas:

- Introducción y/o profundización en los conceptos.
- Capacidad visión espacial.

No obstante, esta será una propuesta inicial desde la que empezar a trabajar con los alumnos, sin que esta deba ser tomada como una propuesta definitiva y cerrada. De esta forma, planteamos una primera aproximación para tratar de corregir los errores encontrados y trabajar las dificultades detectadas. Por ello, el plan de trabajo que se propone a partir de este punto es la utilización de la presente propuesta de acción como una primera aproximación y tras la cual se habrá de analizar los resultados con nuevos cuestionarios, que nos posibilite discernir el conocimiento transmitido. Esto nos permitirá ir modificando y ajustando las sucesivas propuestas educativas hasta dar con la más correcta o acertada de forma iterativa. Si además tenemos en cuenta que los alumnos y su entorno evolucionan y cambian, siempre deberemos estar abiertos a reevaluaciones de la propuesta.

El punto de partida en esta primera propuesta será el modelo Sol-Tierra-Luna de manera. Para ello, se empezará con una introducción teórica, cualitativa y muy básica de este modelo

con el objetivo de que todos los alumnos consigan una definición mínima y clara y evitar así que se encuentren perdidos en el resto de actividades. De esta forma, se pretende que todos consigan partir desde una misma posición de conocimientos mínimos sobre los que crear el resto de conocimientos y actividades.

Se intentará evitar que esta primera parte de la propuesta de acción sea una clase puramente teórica, y se buscará el diálogo con los alumnos. Para ello, se contará con alumnos que tengan el modelo claro, intentando que sean los propios alumnos como colectivo los que lleguen a una conclusión adecuada, pudiendo incluso el profesor hacer de “abogado del diablo” para que se cuestionen lo que creen saber y lleguen a una conclusión que realmente entienden más allá de lo que simplemente han oído o leído en sus libros de texto. Esta parte de la propuesta de acción puede ser reforzada mediante la utilización de modelos y maquetas 3D, más o menos a escala, simulaciones y videos. Incluso se puede promover la creación de videos explicativos, por parte de los alumnos, en redes sociales que les aporte un extra de motivación.

Así por ejemplo, se podrá empezar trabajando y planteando abiertamente la pregunta de *¿cuál es el modelo Sol-Tierra-Luna?*. Esta pregunta en abierto hará que los estudiantes que estén muy seguros de la respuesta se lancen a explicarla, mientras que el profesor ha de estar atento a aquellos alumnos que parezcan no tener una idea clara. El cuestionamiento por parte del profesor vendrá en cómo puede ser que sea la Tierra la que gire en torno al Sol si nosotros vemos al Sol moverse en el firmamento. Es en este punto donde se espera favorecer un debate participativo en el que el profesor debe analizar cómo se expresan e intentan convencerlo de lo correcto.

Tras ello, se pasará a analizar las fases lunares y *cómo puede ser que parezca que “brille” más o menos* y a que se deben esos cambios. Recordemos que al final deberemos hacer una aclaración concisa de que lo que vemos es la luz del Sol reflejada y que hay una parte de la Luna que no estaremos viendo, de la misma forma que el Sol no ve la cara de la Tierra en la que es de noche.

Una vez que se haya hecho esta primera parte introductoria y más teórica, promoviendo el debate para no perder su atención y retando a los alumnos con más conocimientos a explicar sus ideas frente a la ligera oposición del profesor, se pretende hacer un pequeño

teatro que les ayude a imaginarse realmente el modelo desde diferentes perspectivas. Con esto buscamos también una participación activa y un aprendizaje significativo. Para ello se empezará tomando como ayudantes a aquellos alumnos que menos hayan participado en el debate y que posiblemente tengan más dificultades en los conceptos.

Lo que se propone a continuación es la utilización de una bombilla potente¹ y, en un aula amplia sin mobiliario, o que se puedan apartar, apagar las luces y bajar las persianas para ejemplificar que estamos en el Universo y en un entorno de oscuridad total con la bombilla como fuente luminosa.

Sin embargo, en esta actividad contamos con dos posibles riesgos. El primero vendrá por conseguir un espacio totalmente oscuro sin interferencias de reflejos en las paredes o vidrios de las ventanas, lo que se intentará resolver con un espacio lo suficientemente espacioso como un salón de actos. El segundo riesgo dependerá más del grupo y se basará en un posible problema de comportamiento, para lo cual se propone que pueda haber un desdoble, en caso de ser grupos de muchos alumnos o problemáticos. Si pese a ello continuase el problema, o se preve que pueda continuar, se propone sustituir esta teatralización directa por la utilización de globos terráqueos, pelotas de ping pong (Luna) y un foco grande a modo de Sol.

Todo esto puede ir acompañado con algo de teatro también por parte del profesor para que los alumnos se vean motivados a participar y lo encuentren una actividad divertida. Un alumno seleccionado representará la Tierra y, a una distancia determinada de la bombilla, empezará a girar sobre si mismo, ejemplificando el movimiento de rotación de la Tierra (que también será uti-



Figura 28: Bombilla como ejemplificación del Sol.

¹Se habla de bombilla en lugar de linterna para que pueda ser visto como un foco de luz que emite en todas las direcciones y sea así lo más parecido al Sol. Cuanto más potente sea la bombilla y oscuro el cuarto, mayor será el efecto. Además se recomienda una bombilla amarilla para que, por comparación, les cueste menos visualizarla como el Sol.

lizado para la introducción del concepto). Con este primer ejemplo preguntaremos al alumno que gira si ve cómo el Sol se mueve, aunque todos sabemos que está parado. De la misma forma, preguntaremos al resto de alumnos si entonces la Tierra también presenta fases. De hecho, podemos utilizar a varios alumnos para que vean diferentes fases de la Tierra dependiendo del punto en el que se ubiquen.

Tras este primer paso, se hará una pareja para que ejemplifiquen el caso de la la Luna orbitando la Tierra². En este caso pretendemos que el resto de alumnos, que observan la escena desde fuera, entiendan las fases lunares como la visión que tenemos de la cara iluminada de la Luna, aunque la cantidad de superficie lunar sea siempre la misma. Después se puede permitir que hagan parejas para que todos pasen por representar a la Luna y a la Tierra, pero se ha de recordar que la dificultad se ha encontrado especialmente en imaginar las fases lunares desde un punto distinto al terrestre, por lo que la primera parte de la representación ha de ser la que más peso tenga.

Durante la siguiente intervención se propone la explicación breve de un eclipse solar y uno lunar que se centrará en la definición básica y lo que diferencia uno de otro. Tras ello, volveremos a la representación teatral y, esta vez sí que todos en parejas, deberán ejemplificar en qué posición se produce un eclipse de Sol y uno de Luna. Además, el profesor les preguntará por las sombras. A modo de ejemplo, en el caso del eclipse lunar, preguntaremos al actor-Tierra qué ve que sucede a su compañero-Luna cuando su sombra recae sobre él. Se irán intercambiando los papeles, siempre desde bajo la dirección y supervisión del profesor y la respuesta en forma de actuación (o posicionamiento) a las preguntas que se vayan formulando.

La siguiente parte de la intervención consistirá en la creación de forma individual de cada alumno de una maqueta en la que representaremos el Sol y la Luna, para ello se necesitará el siguiente material, que puede ser pedido a los alumnos o que dispondrá el centro escolar:

- Dos esferas de poliestireno por cada alumno. Una de 10 cm (Luna) y otra de 37 cm (Tierra) para que guarden la proporción de tamaño Luna-Tierra que es 3,7.
- Listón de madera de 1,2 metros (como mínimo) y dos palitos cortos por cada alumno.

²Si se quiere ser preciso, se ha de recordar que el periodo de rotación de la Luna coincide con su periodo de traslación, por lo que siempre vemos la misma cara de la Luna

- Cola o silicona para pegar madera y poliestireno.

Siguiendo la escala utilizada de tamaños $[1 : 35 \times 10^6]$, deberemos posicionar la Luna a una distancia de 1,1 metros para generar nuestra maqueta. El objetivo es que cada alumno pueda generar una maqueta a escala del modelo Sol-Tierra-Luna y representar los dos tipos de eclipses según se muestra a modo de ejemplo en la Figura 29.

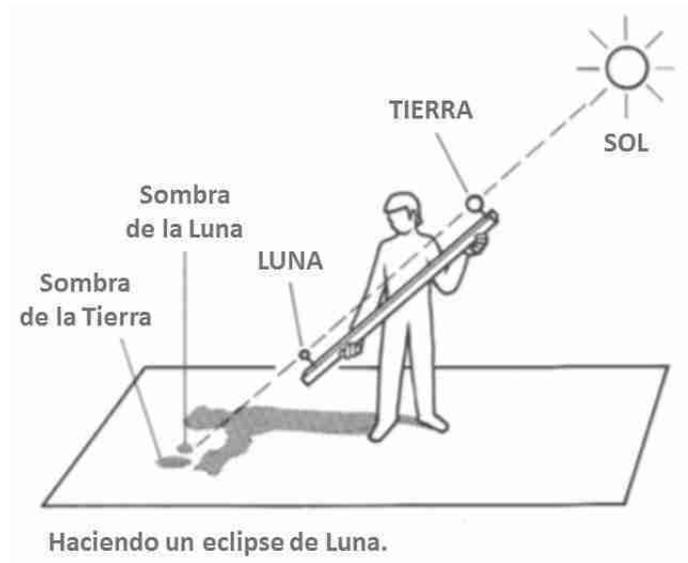


Figura 29: Ejemplificación de la maqueta para la realización de los eclipses a escala.

8. Conclusiones

En el presente Trabajo Fin de Máster se ha diseñado un cuestionario para analizar los problemas conceptuales del alumnado de 4^º de ESO y 1^º de Bachillerato sobre los eclipses. Los principales errores que se han observado son los siguientes:

- Dificultad para explicar las fases lunares mediante un esquema Sol-Tierra-Luna que no sólo tenga en cuenta cómo vemos nosotros la Luna en cada fase.
- Falta de herramientas o visión para poder explicar por qué el Sol-Tierra-Luna no se encuentran alineados cada 28 días, si es este el periodo en el cual se repite la fase Lunar.

- Problemas a la hora de imaginar y comparar ambos eclipses, de forma que puedan entender que un mismo eclipse de Luna podrá ser visto por una gran parte de la población terrestre, en oposición a uno de Sol que será visto por una minoría.
- Falta del concepto corona solar para poder analizar si entienden la perspectiva de tamaños relativos de Sol-Luna.

Con toda esta información, hemos elaborado una propuesta de acción que permite trabajar estos conceptos y especialmente la capacidad de visión espacial destinada a la dinámica planetaria. Esta propuesta parte del diálogo socrático con los alumnos para que analicen los conceptos que tienen en su cabeza y los cuestionen. Tras ello se pasa a una parte más teatralizada y dinámica que los ayude a desarrollar la visión espacial, para terminar con la elaboración de maquetas. De esta forma también les ayudamos a que pasen de un punto de referencia a otro de una forma más o menos natural y en primera persona.

Sin embargo, esta propuesta ha de estar abierta a un análisis desde un segundo cuestionario que permita conocer si ha sido útil, y si realmente se ha producido un aprendizaje significativo. Esto quedaría propuesto como trabajo en el futuro para afianzar y mejorar la propuesta de acción en un proceso iterativo hasta dar con la más adecuada.

Referencias

- 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. doi: 10.1080/09500690110095276
- García, S. (2011, 01). Sol, tierra y luna. movimientos relativos y sus consecuencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 8, 512-518. doi: 10.25267/Rev. Eureka. ensen. divulg. cienc.2011.v8.iextra.21
- Hestenes, D., y Halloun, I. (1995, 11). Interpreting the force concept inventory a response to huffman and heller. *The Physics Teacher*, 33, 502-502. doi: 10.1119/1.2344278
- Hestenes, D., Wells, M., y Swackhamer, G. (1992, 03). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158. doi: 10.1119/1.2343497
- Jones, M. G., Carter, G., y Rua, M. J. (1999). Children's concepts: Tools for transforming science teachers' knowledge. *Science Education*, 83, 545-557.
- Kattner, S. A., Burrows, A. C., y Slater, T. F. (2018). Relação entre a capacidade espacial e a eficácia de duas diferentes pedagogias de ensino dos eclipses. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*(26), 7-33.
- Miguel, O. (1986). Analisis comportamental de las leyes de newton. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 51-55.
- Mora, C., y Diana, H. (2009, 01). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*.
- Prather, E., Slater, T., Adams, J., Bailey, J., Jones, L., y Dostal, J. (2004, 11). Research on a lecture-tutorial approach to teaching introductory astronomy for non-science majors. *Astronomy Education Review*, 3. doi: 10.3847/AER2004019
- Slater, T. F. (1995). Astronotes: Teaching the science of moon gazing. *The Physics Teacher*, 33(3), 186-187.
- Slater, T. F., y Gelderman, R. (2017). Addressing students' misconceptions about eclipses. *The Physics Teacher*, 55(5), 314-315.

Índice de figuras

1.	Imagen de la zona desde la que se verá el eclipse del 12 de agosto de 2026.El sentido de barrido es de Oeste a Este. Fuente: https://eclipse-spain.es	6
2.	Imagen de la sombra de la Luna sobre la Tierra en un eclipse solar. Fuente: https://www.space.com	9
3.	Dibujo presente en la encuesta de elaboración propia.	16
4.	Dibujo presente en la encuesta de elaboración propia.	17
5.	Imagen de un eclipse lunar. Este será visto por toda la población que vea la Luna en ese momento.	20
6.	Resultados pregunta 1.	25
7.	Ejemplo respuesta errónea, categorizada como E , a la pregunta 1 del grupo 1 ^o Bachillerato no BIE.	26
8.	Ejemplo respuesta, categorizada como C	27
9.	Fases de la Luna	28
10.	Resultados pregunta 2.	30
11.	Ejemplo respuesta errónea a la pregunta 2 categorizada en D	31
12.	Resultados pregunta 3.	34
13.	Ejemplo respuesta de categoría B en la pregunta 3.	35
14.	A la izquierda una imagen típica de libro de texto en el que se suele mostrar el modelo Sol-Tierra-Luna, en este caso para la explicación del concepto de las mareas. A la derecha el modelo que proponemos representar en los dibujos donde se pueda ver explícitamente la inclinación de la órbita lunar y el movimiento tridimensional de los cuerpos celestes.	36
15.	Ejemplo respuesta de categoría C en la pregunta 3.	37
16.	Ejemplo respuesta de categoría D en la pregunta 3.	38
17.	Ejemplo respuesta de categoría E en la pregunta 3.	38
18.	Resultados pregunta 4.	40
19.	Ejemplos de respuesta de categoría C1 en la pregunta 4.	41
20.	Ejemplo respuesta de categoría C2 en la pregunta 4.	41

21.	Ejemplo respuesta de categoría B en la pregunta 4.	42
22.	Resultados pregunta 5A.	45
23.	Ejemplo respuesta de categoría B1 en la pregunta 5A.	46
24.	Ejemplo respuesta de categoría C1 en la pregunta 5A.	46
25.	Resultados pregunta 5B.	48
26.	Ejemplos de respuestas de la categoría B1 en la pregunta 5B.	49
27.	Ejemplo de respuesta que no aporta más información que la del enunciado. .	50
28.	Bombilla como ejemplificación del Sol.	53
29.	Ejemplificación de la maqueta para la realización de los eclipses a escala. . .	55

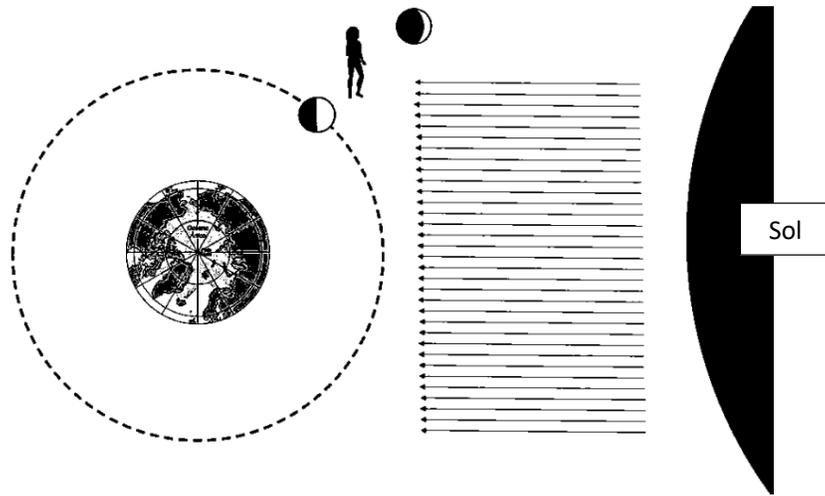
Índice de cuadros

1.	Resultados <u>pregunta 1</u> . Fuente: Elaboración propia.	24
2.	Resultados <u>pregunta 2</u> . Fuente: Elaboración propia.	29
3.	Resultados <u>pregunta 3</u> . Fuente: Elaboración propia.	33
4.	Resultados <u>pregunta 4</u> . Fuente: Elaboración propia.	39
5.	Resultados <u>pregunta 5A</u> . Fuente: Elaboración propia.	44
6.	Resultados <u>pregunta 5B</u> . Fuente: Elaboración propia.	48

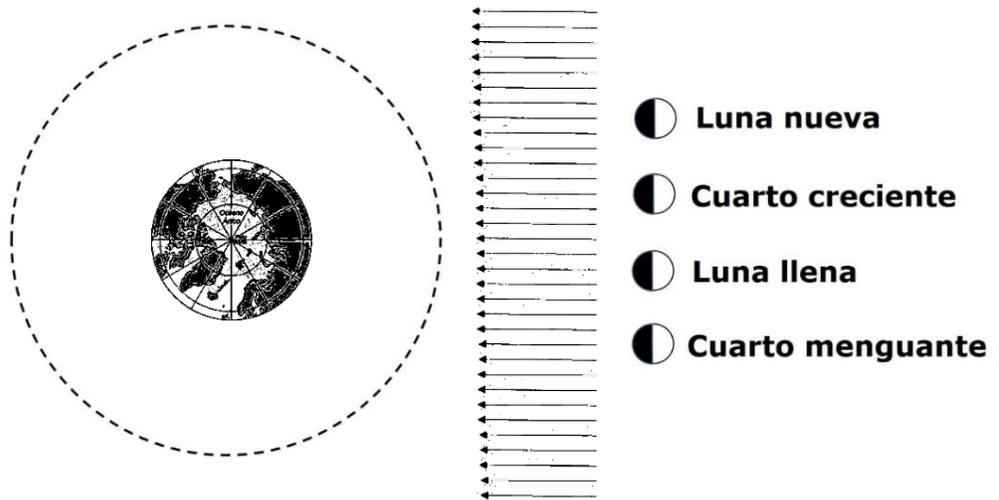
A. Apéndice

En el siguiente anexo se incluyen las hojas tal cual se presentaron a los alumnos las preguntas, tanto a modo de muestra, como para si se quisiese ser utilizado para futuras investigaciones o ampliación de la muestra estadística.

1. Observa con atención la siguiente imagen que muestra el Sol, la Tierra y la Luna.



Tomando como modelo el esquema de la imagen, dibuja sobre la línea discontinua las 4 lunas correspondientes a las 4 fases: Luna nueva, Luna creciente, Luna llena y Luna menguante. Indica la cara de la Luna iluminada por el Sol en cada fase (pintando la iluminada en blanco y la que está a oscuras en negro) y dibuja cómo la veríamos desde la Tierra.



2. Hoy en las noticias, has oído que el 12 de agosto de 2026 habrá un eclipse total de Sol que será visible desde nuestro país, un fenómeno nada habitual. ¿En qué fase se encuentra la Luna en un eclipse de Sol? ¿Y en un eclipse de Luna? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.

3. En la respuesta anterior has relacionado los eclipses de Sol con una fase de la Luna. Por un lado, sabes que esa fase de la Luna se repite cada 28 días. Por otro lado, la experiencia te dice que los eclipses no se producen cada mes. ¿Por qué no? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.

4. En la década de 2021-2030 se producirán 22 eclipses de Sol y 22 eclipses de Luna. Desde esta zona se podrá observar 1 eclipse total de Sol (y seremos afortunados, ya que se produce aproximadamente cada 100 años) pero tendremos la oportunidad de ver 7 eclipses de Luna completos. ¿Cómo puedes explicar esta diferencia? Razona tu respuesta y utiliza dibujos si lo necesitas.

5. En un eclipse solar total se puede ver la corona del Sol (detallada en la fotografía en color claro). ¿Por qué se produce este fenómeno? Razona tu respuesta y dibuja las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra en un eclipse total de Sol.

