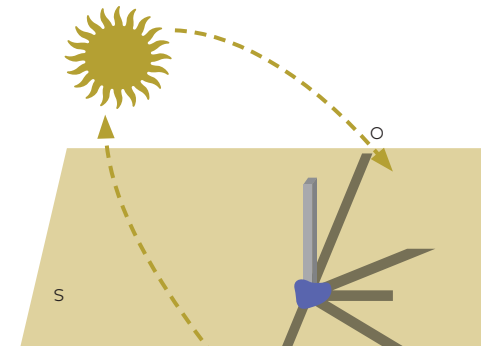
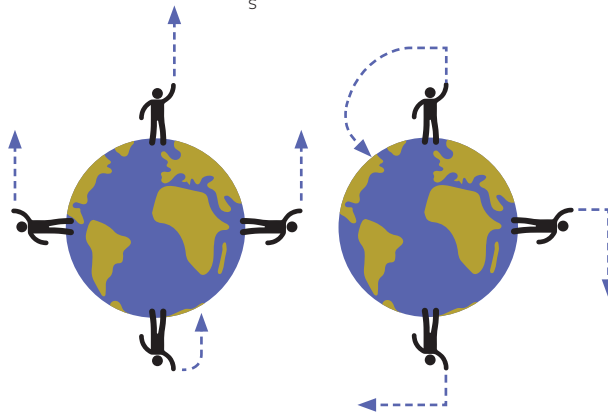
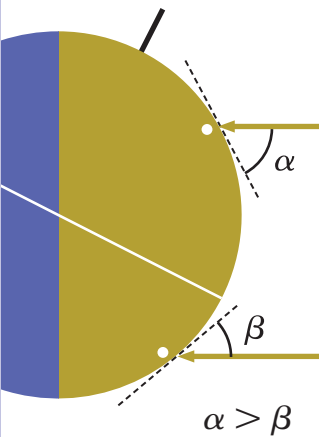
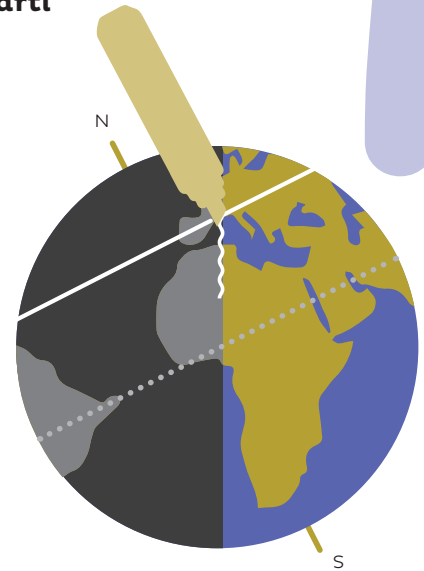
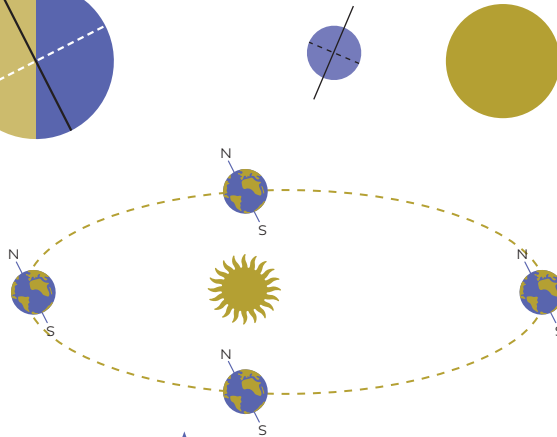
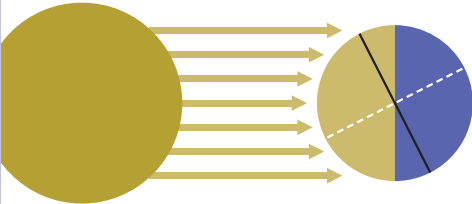


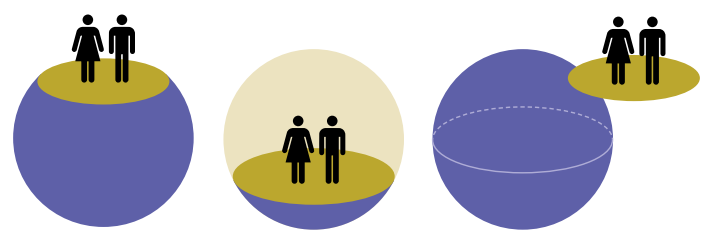
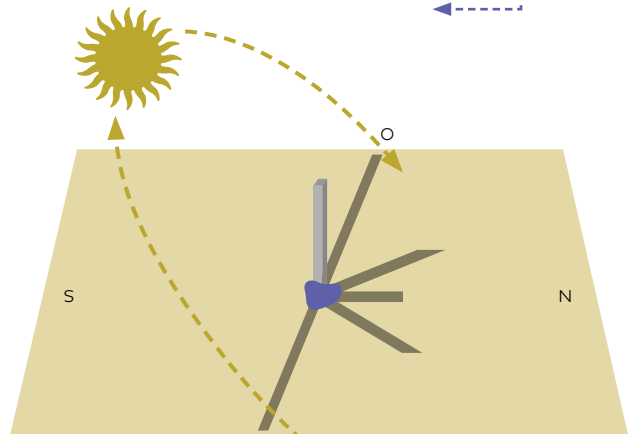
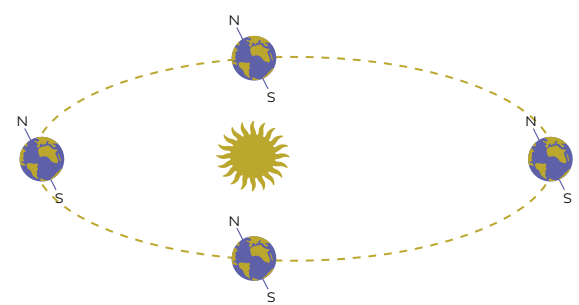
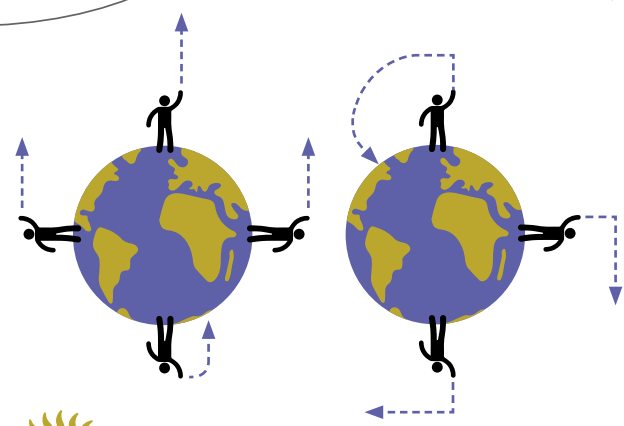
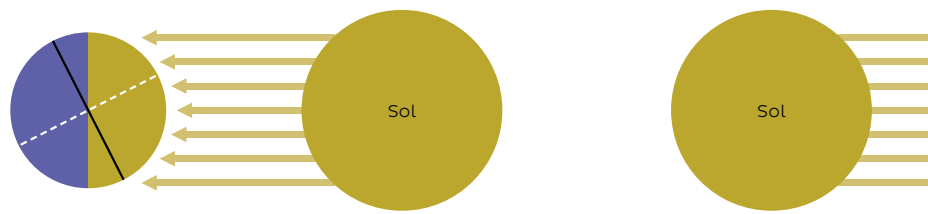
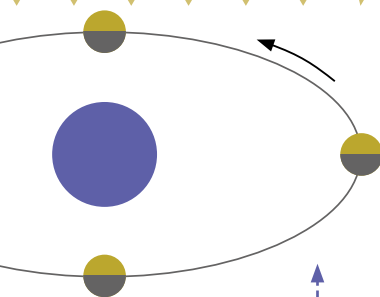
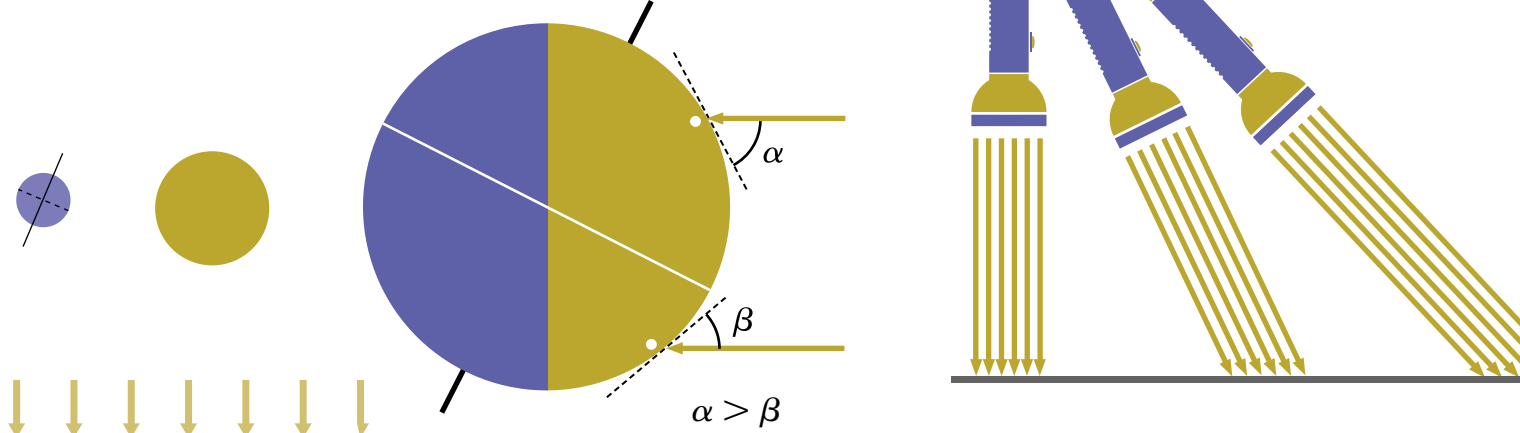
Investigamos los fenómenos astronómicos

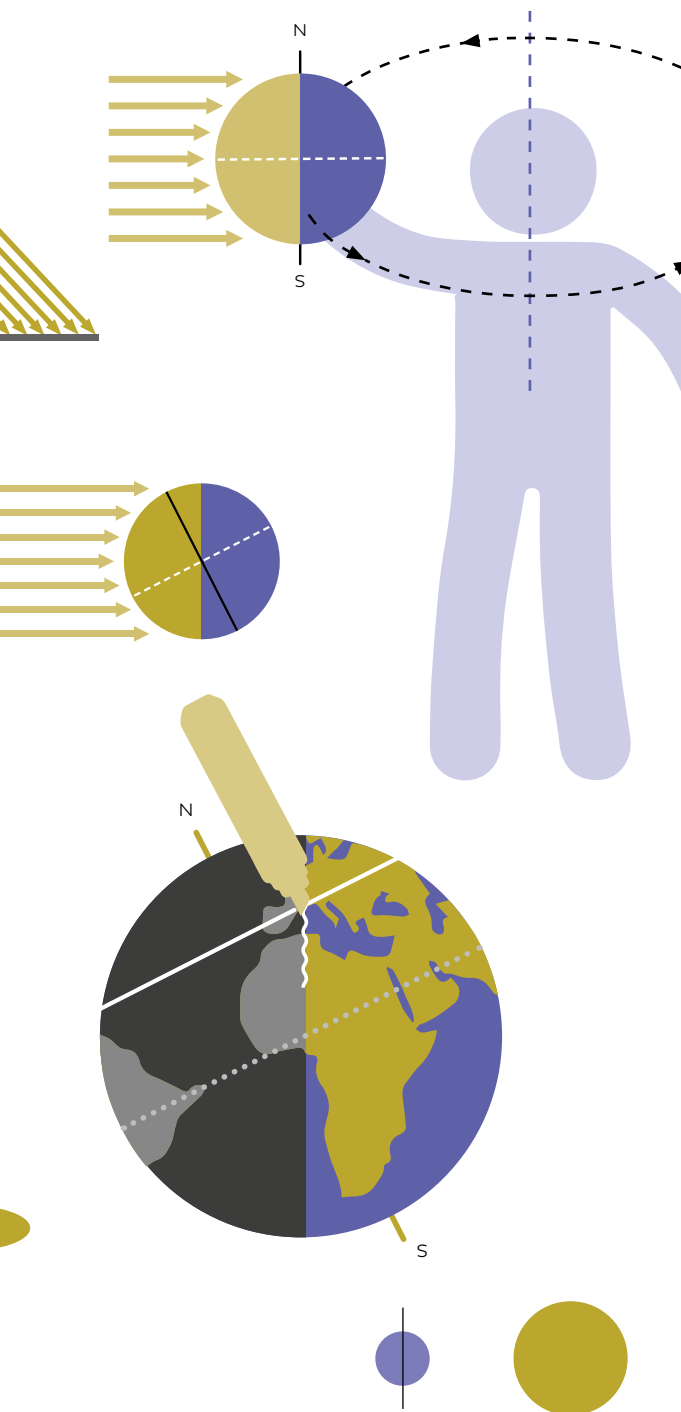
Víctor Grau, Arnau Amat y Jordi Martí



Investigamos **los fenómenos astronómicos**

Víctor Grau, Arnau Amat y Jordi Martí





Presentación

“Pequeños talentos científicos” es un programa de actualización científica que quiere fomentar la experimentación, la indagación y el descubrimiento en el aprendizaje de las ciencias por parte del alumnado de educación infantil y primaria.

El objetivo es proporcionar a los centros educativos una serie de recursos y orientaciones para que los maestros y las maestras puedan implementar metodologías más participativas y creativas en el aula y que permitan al alumnado realizar pequeños trabajos de investigación.

El programa “Pequeños talentos científicos” se inició el curso 2013-2014. A partir del curso 2015-2016 los contenidos se han ido focalizando cada año en un área temática concreta: primero fueron la materia y el cuerpo humano, ahora los fenómenos astronómicos y después continuaremos con los seres vivos, entre otros.

En este libro se reúnen los contenidos y las propuestas de trabajo práctico sobre el estudio de los fenómenos astronómicos. Los profesores y las profesoras de primaria encontrarán orientaciones didácticas para trabajar esta temática: desde la información científica básica para presentar este tema al alumnado hasta propuestas concretas de trabajo para tratar aspectos claves sobre el estudio de la Tierra, la Luna, satélite y el Sol (los movimientos que efectúa cada uno, cómo se interrelacionan estos movimientos y los fenómenos que provocan: las estaciones, la duración del día y la noche, los eclipses, las fases de la Luna, las mareas...). Se abordan los contenidos científicos que hay que conocer, las ideas previas que los alumnos suelen tener, las actividades que se proponen y cómo obtener todo el provecho pedagógico de esto.

“Pequeños talentos científicos” está organizado conjuntamente por el Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona, la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación y EduCaixa de la Obra Social “la Caixa”.

Esperamos que este material sea de utilidad para la comunidad educativa.

Introducción

Esta publicación es la recopilación de los contenidos y las actividades que se han trabajado en la quinta edición del curso para maestros de ciclo medio y superior de educación primaria que forma parte del programa “Pequeños talentos científicos”, coorganizado por el Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona, la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación y EduCaixa de la Obra Social “la Caixa”. A lo largo del curso 2017-2018, el programa se centró en ayudar al profesorado a desarrollar proyectos de investigación con su alumnado sobre la comprensión de los fenómenos astronómicos, uno de los bloques curriculares principales del conocimiento del medio natural de primaria.

Este material se ha estructurado en dos partes. En la primera parte, se presenta el enfoque didáctico del libro, que se basa en promover una investigación como la que desarrollan los científicos, con la intención de que el alumnado de primaria profundice en el conocimiento de la cultura científica. En la segunda parte, se proponen doce actividades, que son una selección de todas las que se presentaron a lo largo del curso 2017-2018 en el programa. Las actividades se organizan en tres grandes bloques, que agrupan los principales problemas que podemos trabajar en el aula con el alumnado de primaria.

Cada uno de estos tres grandes bloques de problemas se ha distribuido en cuatro partes. En la primera parte, se proporciona la información científica necesaria para que el maestro pueda trabajar los temas de este bloque en primaria. La segunda parte describe las principales ideas intuitivas que tienen los niños y las niñas sobre cada uno de los problemas que se plantean. En la tercera parte, se presentan las ideas básicas que, desde nuestro punto de vista, hay que trabajar con el alum-

nado. Y, finalmente, en cada uno de los bloques se proponen cuatro actividades.

Cada problema requiere un modo diferente de representar el sistema que conforman el Sol, la Tierra y la Luna. Puesto que lo que pretendemos es que el alumnado pueda cambiar sus ideas y construirse un modelo mental sobre cómo se mueve el sistema formado por el Sol, la Tierra y la Luna, las experiencias no se presentan como una receta, sino que se acompañan de una descripción detallada de cómo podemos guiar al alumnado a lo largo de la investigación.

Para acabar, queremos destacar que hemos procurado ser rigurosos para que esta guía sea de utilidad a aquellos maestros de primaria que quieran innovar en el campo de la educación científica. Por este motivo, la mayoría de los conocimientos y las experiencias propuestas son fruto de los trabajos de asesoramiento y de formación permanente que estamos llevando a cabo en muchas escuelas y de la investigación en didáctica de las ciencias que realizamos desde el grupo de investigación Conocimiento y Didáctica de la Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña.

Investigar para comprender cómo funcionan los fenómenos astronómicos

Hacia una manera auténtica de investigar los fenómenos astronómicos

Desde tiempos remotos, bajo una noche repleta de estrellas, la humanidad se ha hecho preguntas sobre el cielo: ¿por qué el día y la noche se suceden repetidamente?, ¿por qué tenemos estaciones año tras año?, ¿qué son las estrellas que brillan en el cielo? o ¿qué lugar ocupamos en el universo? Culturas y civilizaciones antiguas, desde la Grecia clásica hasta las culturas precolombinas de América, han intentado dar respuesta a estas y otras preguntas. En el fondo, las preguntas sobre los astros se relacionan con el interrogante de qué lugar ocupamos en el universo, su estructura y la génesis del mundo. Quizás, por este motivo, la astronomía es una de las disciplinas científicas más antiguas y, debido a las implicaciones que tienen sus respuestas sobre el lugar del ser humano en el cosmos, uno de los temas más trabajados por la historia y la filosofía de la ciencia. Solo la simple afirmación de que es la Tierra la que da vueltas alrededor del Sol, y no al revés, provocó problemas trascendentales y condenas a la hoguera no hace demasiados siglos.

Ante un tema de tanta importancia, el profesorado podría sentirse tentado a transmitir el conocimiento científico rápidamente, de manera directa, con la buena voluntad de que los niños y las niñas abandonen sus explicaciones intuitivas para aprender lo que los científicos han descubierto sobre el universo. Normalmente, los maestros que optan por esta manera de acercar la astronomía al alumnado lo hacen a través de clases magistrales, el uso del libro de texto o la búsqueda de información bibliográfica. Esta forma de enseñar ciencias basa su enfoque metodológico en la transmisión de contenidos, y, aunque ha sido la predominante en las últimas décadas y hoy por hoy es bastante frecuente en muchas es-

cuelas, desde nuestro punto de vista, estos enfoques metodológicos siguen considerando erróneamente al niño o la niña como simple receptor de información.

La mejor manera para que los niños y las niñas comprendan los fenómenos naturales es generar procesos de ciencia auténtica en la escuela.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que estas metodologías no solo tienen consecuencias en el aprendizaje del alumnado respecto a la comprensión de los fenómenos científicos, sino también con respecto a su percepción de la ciencia. Como hemos defendido (Martí, 2012; Amat, Martí y Darné, 2018; Amat, Martí y Grau, 2017), la mejor forma de que los niños y las niñas aprendan a investigar y comprender los fenómenos naturales que los rodean y, además, de adquirir una visión más precisa de lo que es la ciencia es generar procesos de ciencia auténtica en la escuela. De este modo, lo que proponemos es procurar que el alumnado esté involucrado en procesos de investigación en los que puedan hacer preguntas, obtener datos y analizarlos, y, así, establecer conclusiones y elaborar explicaciones, tal como hacen los científicos cuando investigan.

Basar el aprendizaje de la ciencia en la transmisión del conocimiento hace que sea difícil que el alumnado pueda comprender el porqué de los fenómenos astronómicos. Estas metodologías se centran en la memorización de hechos, en vez de ayudar a los niños y las niñas a construirse representaciones que les permitan explicarse los fenómenos astronómicos. Actuando así también perdemos la oportunidad de que el alumnado aprenda a investigar.

Finalmente, una de las consecuencias de fundamentar el trabajo en la investigación bibliográfica y en las

clases magistrales es que la ciencia se muestra de un modo dogmático. La visión que las niñas y los niños se acaban llevando de la ciencia es la de un cuerpo de conocimientos finito que hay que aprenderse de memoria, en vez de ser un conjunto de ideas que se construyen, se consensúan y se ponen a prueba.

El uso de representaciones para comprender

Uno de los retos que comporta investigar los fenómenos astronómicos con niñas y niños de primaria es el mismo que se plantearon aquellas civilizaciones antiguas: solo disponemos de la observación y nuestra capacidad de representarnos cómo deben moverse los astros en el cielo, ya que difícilmente tendremos acceso a los aparatos especializados que utilizan los astrónomos hoy en día. Por lo tanto, las investigaciones que podemos llevar a cabo en las aulas deberán ir enfocadas sobre todo a estos dos grandes aspectos: la observación y la representación.

Por una parte, deberán centrarse en la observación de los fenómenos astronómicos, como la posición del Sol en el cielo a lo largo del día y en el transcurso del año, la duración del día y la noche en diferentes momentos del año o la forma y la posición de la Luna a lo largo del ciclo lunar. En algunos casos, se trata de observaciones en las que se necesitan varios días o semanas para llevarlas a cabo y, por lo tanto, solo si las sistematizamos nos podrán ser útiles para poder analizarlas y establecer conclusiones al respecto.

Por otro lado, aparte de las conclusiones derivadas directamente de las observaciones, los niños y las niñas solo podrán comprender el movimiento de los cuerpos celestes si somos capaces de lograr que puedan generar representaciones sobre cómo se mueven estos ele-

mentos. Parte de las dificultades que tiene el alumnado está causada por representaciones previas que tienen asumidas y que son diferentes a las científicas. Como veremos, estas representaciones previas están influenciadas por una determinada manera de dar sentido al mundo, pero también por un problema de perspectiva y de magnitud. De perspectiva, porque formamos parte de uno de esos cuerpos que analizamos. De magnitud, ya que los tamaños de los cuerpos y las distancias que los separan son enormes.

Hay que promover que el alumnado construya sus representaciones (maquetas, dibujos...) sobre el movimiento de los astros.

Por lo tanto, trabajar con representaciones nos ayudará a superar las dificultades en estos dos aspectos. Las representaciones, que tomarán forma de maquetas, dibujos o representaciones corporales, no dejan de ser la expresión de nuestros modelos mentales, es decir, de los esquemas que generamos mentalmente para explicar los fenómenos. En el aula, debemos promover que el alumnado desde un principio pueda construir sus representaciones sobre el movimiento de los astros. Solo cuando concretamos estos modelos mentales con una representación física podemos compartirlos y compararlos con los de nuestros compañeros para hacerlos evolucionar. A través de las observaciones directas de los fenómenos astronómicos, pondremos a prueba estas representaciones iniciales con el fin de revisarlas para que sean lo más coherentes posible con lo que hemos observado.

Finalmente, cuando tengamos una representación consensuada, se tratará de ponerla a prueba, para que sea capaz de predecir o explicar nuevos fenómenos que no habíamos trabajado. Por lo tanto, se trata de que el

alumnado construya, ponga a prueba, revise y use estas representaciones con lo que llamamos proceso de modelización (Kenyon, Schwarz y Hug, 2008).

De este modo, utilizando la investigación para comprender los fenómenos astronómicos, podremos hacer reflexionar al alumnado sobre el proceso con el que los científicos construyen conocimiento de forma precisa. Podremos así acabar dando la visión de que los conocimientos que establece la ciencia, lejos de ningún dogma, siempre son revisables, que son puestos a prueba mediante las observaciones que se van realizando del universo y las representaciones que acabamos haciendo de cómo se mueven los astros.

De la teoría a la práctica

A lo largo del curso de “Pequeños talentos científicos”, que titulamos “Investigamos los fenómenos astronómicos”, y que tuvo lugar durante el curso 2017-2018, se presentaron más de una veintena de actividades para hacer que las niñas y los niños de primaria fueran capaces de representar y explicar algunos fenómenos astronómicos.

En esta publicación, se presentan doce de estas actividades, que hemos agrupado temáticamente con tres grandes tipos de problemas que podemos trabajar en el aula relacionados con los fenómenos astronómicos. Cada uno de los problemas puede ser abordado a través de construir y usar la representación de un sistema concreto que explique cómo la Tierra se mueve en relación con el Sol y la Luna.

- **Cuando el problema es cómo el Sol se mueve a lo largo de un día.** Con las actividades de este bloque se quiere trabajar el modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación, con el fin de facilitar

recursos para que se puedan trabajar las observaciones sobre cómo se mueve el Sol y las sombras a lo largo de un día y por qué el cielo cambia de color desde el amanecer hasta el atardecer.

- **Cuando el problema es por qué hay estaciones.** Con las actividades de este bloque se quiere trabajar el sistema Tierra-Sol y el movimiento de traslación, a fin de que los niños y las niñas puedan dar respuesta a por qué en Cataluña hay estaciones o por qué en el círculo polar ártico hay épocas del año en las que no se ve el Sol.

- **Cuando el problema es el aspecto y los movimientos de la Luna.** Con las actividades de este bloque se quiere trabajar el sistema Sol-Tierra-Luna, con la intención de dar respuesta a las preguntas de los niños y las niñas en relación con por qué la Luna tiene fases y siempre vemos la misma cara de la Luna, pero también por qué hay eclipses de Sol y de Luna, por qué en la Luna hay cráteres y cómo se han formado.

Para cada uno de los problemas que sugerimos para investigar y comprender los fenómenos astronómicos, hay tres apartados con toda la información teórica que creemos que es necesaria para que el profesorado pueda llevar a cabo las actividades en el aula. En primer lugar, la información científica necesaria relacionada con cada tipo de modelo. En segundo lugar, una recopilación de las ideas intuitivas que tienen los niños y las niñas sobre cada uno de los problemas relacionados con la comprensión de los fenómenos astronómicos. Finalmente, se presentan las ideas más relevantes que creemos que deben trabajarse con la resolución de cada problema. Estas ideas son una concreción de lo que está descrito en el currículum oficial.

La función del profesorado será hacer que las representaciones iniciales del alumnado evolucionen según las observaciones realizadas.

En referencia a las actividades de aula, la primera actividad que se describe respecto a cada problema siempre es una actividad para explorar las ideas del alumnado. La construcción de conocimiento científico en la escuela tiene que partir de cómo las niñas y los niños conciben el funcionamiento de lo que los rodea. De este modo, el principal objetivo de estas primeras actividades es que el alumnado pueda hacer explícitas sus representaciones mentales sobre el funcionamiento de los fenómenos astronómicos. La función del profesorado será que, a través de la observación, las preguntas, las conversaciones y la búsqueda de nuevas maneras de representar el movimiento de los cuerpos celestes, estas representaciones iniciales evolucionen hacia representaciones que sean más coherentes con las observaciones realizadas.

Finalmente, las actividades de cada uno de los problemas se presentan siempre siguiendo la misma estructura:

a. Una **lista de material**, siempre pensada para que las niñas y los niños estén organizados en grupos cooperativos de cuatro personas.

b. **Ideas para trabajar**, en las que se concretan las ideas clave sobre los caminos que se ponen en juego en cada actividad. Además, también se describen y se justifican las ideas más relevantes de los niños y las niñas y cómo suelen emplearlas cuando desarrollan la actividad. Finalmente, se presenta la explicación científica de la actividad que se está trabajando.

c. Descripción de la actividad y orientaciones didácticas, en las que se describen las estrategias metodológicas para trabajar en el aula.

Cuando el problema es explicar cómo el Sol se mueve a lo largo de un día

Comprender el modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación

Entender que la Tierra es esférica puede ser una tarea difícil. Como explicamos en el apartado de las ideas de los niños y las niñas, la concepción de una Tierra plana es muy persistente, ya que es fruto de la experiencia cotidiana. De hecho, esta era la visión predominante en culturas antiguas, como la sumeria, y a pesar de argumentos de pensadores como Aristóteles, que defendía la esfericidad de la Tierra, algunas culturas, como la china, creyeron en una Tierra plana hasta el siglo XVII, cuando por la influencia de astrónomos jesuitas se empezó a difundir la idea de una Tierra esférica.

Las evidencias de una Tierra esférica vinieron por varias observaciones, por ejemplo, (a) la Tierra proyecta una sombra de perfil circular sobre la Luna durante un eclipse; (b) la estrella polar se ve más cerca del cenit al viajar hacia el norte, al mismo tiempo que otras estrellas desaparecen tras el horizonte; (c) al mirar un velero muy distante en el mar lo primero que vemos es su mástil y, hasta que no está lo bastante cerca, no podemos ver su casco; y, por citar uno propio de nuestro país, (d) en Cataluña, desde el nivel del mar, no vemos Mallorca, pero en cambio desde lugares elevados, si las condiciones meteorológicas son buenas, podemos ver los puntos más altos de la isla.

La esfericidad de la Tierra no es intuitiva, ni tampoco lo es el hecho de que esté girando constantemente.

Del mismo modo que la esfericidad de la Tierra no es intuitiva, tampoco lo es el hecho de que esté girando constantemente. Como la evidencia cotidiana es que el suelo está quieto y que el Sol se mueve sobre el cielo,

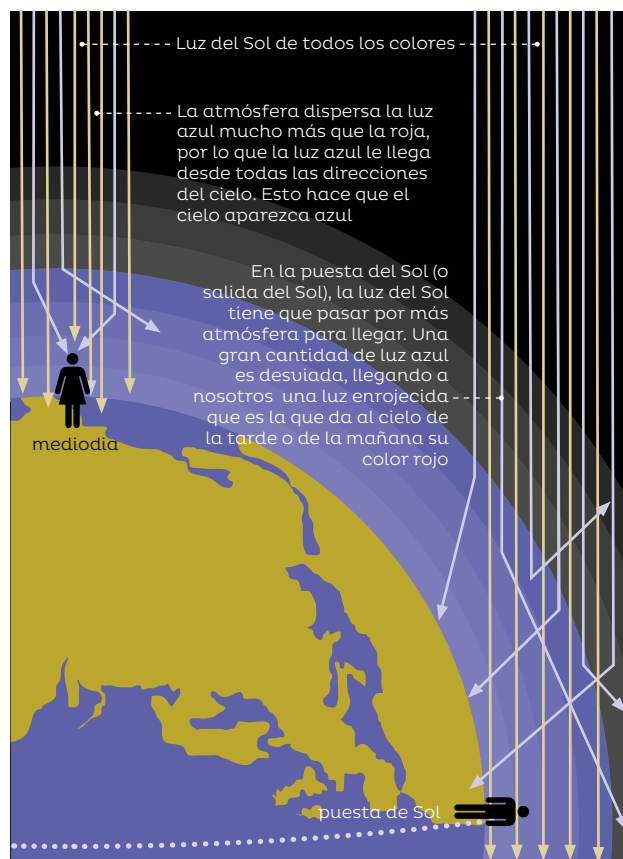
la consecuencia primera es obvia: el Sol se mueve y la Tierra está quieta. La aceptación de una Tierra que gira sobre sí misma fue históricamente muy paralela a la consolidación del modelo de Tierra esférica.

Uno de los argumentos que se esgrimían a favor de la inmovilidad de la Tierra es que no podía ser que la Tierra girara porque, cuando dejamos caer un objeto, este cae verticalmente y no se desplaza con respecto a la vertical del punto de partida. Cuando empezaron a conocerse y entenderse las leyes de Newton, este problema quedó resuelto, pero es interesante saberlo, ya que las leyes de Newton son contrarias a la intuición del alumnado.

Con respecto a los colores del cielo (actividad 4), la explicación es la siguiente. La atmósfera está formada por gases (básicamente nitrógeno, oxígeno y pequeñas cantidades de otros gases, como el dióxido de carbono). La luz del Sol, al entrar en la atmósfera, choca con las moléculas de estos gases. En el choque se produce un proceso complejo en el que la luz es desviada de la dirección en la que incidía; lo importante es que la desviación de la luz depende del color: la luz azul es desviada fuertemente por las moléculas, mientras que la roja atraviesa la atmósfera sin prácticamente desviarse (la luz del Sol contiene más colores, pero el azul y el rojo son los que son desviados de forma más extrema).

Observemos ahora la figura 1. Si pensamos qué ve la persona que tiene el Sol alto sobre el horizonte veremos que, mire donde mire, le llegará a los ojos luz azul desviada de otros puntos que, en principio, no le hubiera llegado. El resultado es que en su entorno ve luz azulada que le llega de todas direcciones desde el cielo: ve el cielo azul.

Figura 1. Cuando la luz blanca atraviesa la atmósfera, el componente azul está fuertemente dispersado, a diferencia del rojo, que atraviesa grandes distancias sin apenas desviarse. Así, el cielo se ve azul cuando el Sol está alto sobre el horizonte y rojizo cuando está bajo.

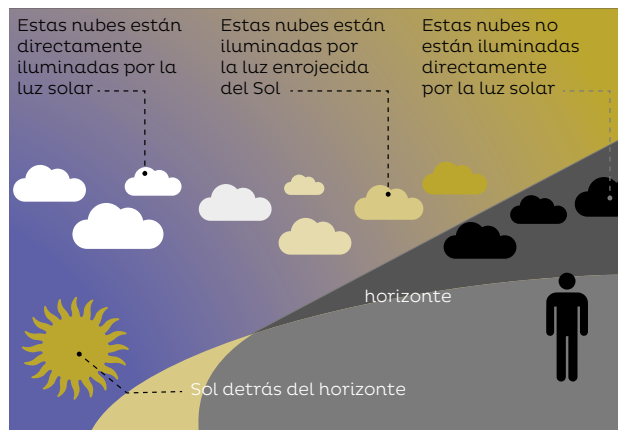


Si imaginamos ahora qué ve la persona que tiene el Sol bajo en el horizonte, veremos que, como la luz ha hecho un recorrido mucho más largo a través de la atmósfera, por el camino la luz azul se ha ido desviando, de manera que, cuando mire hacia el Sol, verá que le llega una mayor proporción de luz roja que azul: ve el cielo rojizo.

Para entender por qué vemos nubes blancas, rojizas u oscuras hay que pensar en qué color tiene la luz que las ha iluminado. Si la nube es iluminada por luz blanca, veremos la nube blanca, que sería lo que vería el observador del dibujo que tiene el Sol alto sobre el horizonte. Si la nube es iluminada por luz que tiene una alta proporción de rojo, la veremos rojiza, que es lo que posiblemente observe la persona del dibujo que ve el Sol más bajo.

La figura 2, nos permite entender por qué a veces, cuando el Sol está bajo en el horizonte, vemos nubes blancas y, al lado, otras nubes rojas u oscuras.

Figura 2. El color de la luz que ilumina las nubes determina su color.



Las ideas de las niñas y los niños en relación con el modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación

Desde los años ochenta, se han publicado muchos artículos de investigación sobre las ideas de las niñas y los niños en relación con varios fenómenos científicos. Uno de los ámbitos más investigados, y desde hace más tiempo, ha sido el de los fenómenos astronómicos, especialmente la forma de la Tierra, la sucesión entre el día y la noche, el movimiento aparente del Sol, la estacionalidad o las fases de la Luna. En este apartado haremos referencia a los principales resultados de los estudios acerca de los tres primeros fenómenos (forma de la Tierra, ciclo día-noche y movimiento aparente del Sol), y en apartados posteriores describiremos las aportaciones realizadas sobre los otros dos.

Forma de la Tierra

Varios estudios han mostrado que los niños y las niñas de 6 a 12 años disponen de diferentes modelos mentales (o nociones, según los autores) en relación con la forma de la Tierra. Pese a haber diferencias importantes en las interpretaciones teóricas que diferentes autores hacen sobre la naturaleza de las ideas del alumnado en relación con la forma de la Tierra, la mayoría coincide ampliamente en la existencia de una serie de modelos que aparecen en todas las edades y en diferentes contextos culturales (Driver, 1999).

Un modelo ampliamente extendido entre el alumnado de infantil y primaria es el modelo de Tierra plana, ya sea en forma de círculo o más o menos rectangular. Si bien es cierto que ante preguntas cerradas (por ejemplo, “¿Qué forma tiene la Tierra?”) o de opción múltiple (por ejemplo, “¿La Tierra es plana o esférica?”), incluso

los niños y las niñas más pequeños responden con frases como “Es como una pelota” o bien “Es una esfera”, ante preguntas abiertas la situación cambia radicalmente. Así, en un estudio en que se formulaba a los niños y las niñas la pregunta “Si andas, andas en línea recta, ¿adónde irás a parar?”, se pudo determinar que el modelo de Tierra plana aparecía en todas las edades, aunque era mucho más frecuente entre los más pequeños (4-7 años) (Vosniadou y Brewer, 1992). Este resultado muestra claramente que las preguntas abiertas exploran mejor los modelos mentales de los niños y las niñas, porque para responderlas no pueden limitarse a reproducir información, sino que deben valerse de sus modelos mentales para construir explicaciones *ad hoc*.

Otros estudios clásicos sobre las ideas del alumnado en relación con la forma de la Tierra han mostrado que, además del modelo de Tierra plana, los niños y las niñas presentan otros modelos mentales, tal como se muestra en la figura 3 (Nussbaum, 1979; Vosniadou y Brewer, 1992).

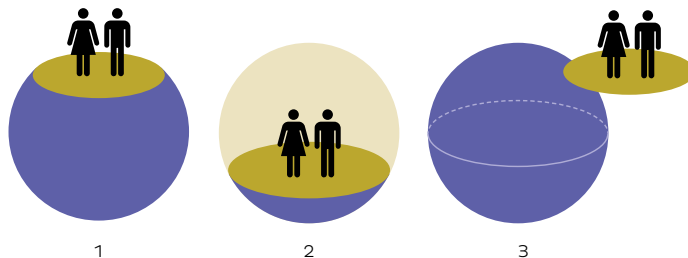


Figura 3. Modelos sintéticos de Tierra. Modelo 1: Tierra aplanada. Modelo 2: Tierra hueca. Modelo 3: modelo dual.

Un primer modelo considera que la Tierra tiene forma de esfera, pero está aplanada por el extremo superior o inferior y las personas viven en las zonas planas. En un segundo modelo, se considera que la Tierra es esférica, pero está hueca por dentro, y las personas viven en el interior, que es plano. Un tercer modelo considera que hay dos Tierras, una plana, que es donde vivimos, y otra esférica, que es el planeta Tierra.

Los autores de estos estudios interpretan que todos estos otros modelos aparecen como consecuencia de los intentos que los niños y las niñas hacen de integrar la nueva información que reciben de su entorno (globos terráqueos esféricos como representaciones aceptadas de la Tierra, imágenes o fotografías en libros o en internet, afirmaciones de familiares y maestros, etcétera) con el modelo inicial más intuitivo y primario de Tierra plana, basado en la percepción directa que los niños y las niñas tienen de su entorno real. Así, pues, la aparición de estos modelos, que algunos autores llaman *modelos sintéticos* (Vosniadou, 1994), no debe ser considerada, por parte del profesorado, como un déficit de conocimiento de los niños y las niñas, sino una muestra de los intentos que realizan para dar sentido a la nueva información que reciben, que de entrada no es nada coherente con su modelo mental intuitivo de Tierra plana.

La persistencia de un modelo intuitivo de Tierra plana también se pone de manifiesto cuando se plantean a los niños y las niñas tareas sobre la caída de los cuerpos. Así, cuando se les pregunta cómo se moverá un objeto que se lanza hacia arriba en varios lugares de la Tierra, a veces se observan dibujos como los de la figura 4, en el que implícitamente los niños y las niñas usan un modelo de Tierra plana con una única dirección absoluta arriba-abajo.

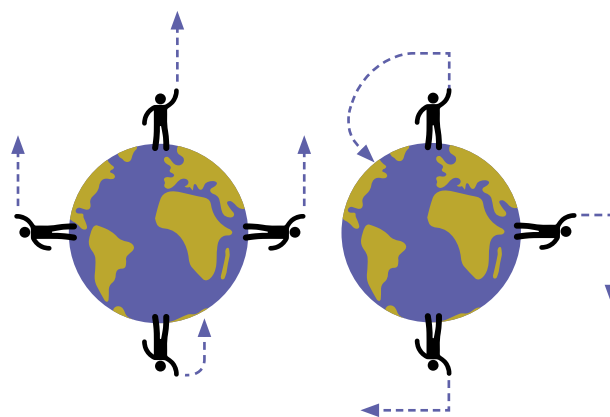


Figura 4. La persistencia del modelo intuitivo de Tierra plana puede ponerse de manifiesto en las trayectorias que los alumnos prevén de los objetos lanzados hacia arriba.

Ciclo día-noche

En cuanto a la comprensión de los niños y las niñas del ciclo día-noche, las investigaciones también han puesto de manifiesto la aparición de varios tipos de explicaciones (Vosniadou y Brewer, 1994). En unas, los niños y las niñas explican que llega la noche porque el Sol “se va detrás de las montañas o detrás de las nubes” o simplemente “el Sol se va a otro lugar”. Los investigadores consideran que estas explicaciones derivan de dos hechos principales: a) de atribuir un movimiento aparente al Sol, fruto de la percepción real que tienen del movimiento del Sol; y b) de emplear, aunque sea implícitamente, un modelo de Tierra plana y estática. Otras explicaciones identificadas entre el alumnado de primaria se basan en otras presuposiciones. Por ejemplo, hay quienes atribuyen movimiento al Sol, pero disponen de un modelo de Tierra esférica, aunque estática.

En estos casos, aparecen explicaciones como “El Sol se va al otro lado de la Tierra, donde ahora es de noche”, señalando el extremo opuesto de la esfera. Otros niños y niñas generan un modelo mental en el que no atribuyen movimiento al Sol, pero sí consideran que la Tierra se mueve (rotación), además de adoptar un modelo de Tierra esférica. En este caso aparecen explicaciones como “Cuando la Tierra gira, un lado mira al Sol y es de día y el otro mira a la Luna y es de noche”.

Parece, pues, que este conjunto de investigaciones ponen de manifiesto que existe cierta relación entre los modelos que tiene el alumnado sobre la forma de la Tierra y las explicaciones que construye sobre las causas del ciclo día-noche. Como hemos comentado en los párrafos anteriores, en las explicaciones del ciclo día-noche desempeña un papel relevante el hecho de que los niños y las niñas atribuyan (o no) movimiento a la Tierra (rotación) o al Sol (movimiento aparente del Sol). Por eso también se han llevado a cabo algunos estudios sobre las ideas de los niños y las niñas sobre el movimiento aparente de los objetos celestes.

Movimiento aparente del Sol

Los estudios de las ideas de los niños y las niñas sobre el movimiento aparente de los objetos celestes (sobre todo el Sol y la Luna) cuando se observan desde la Tierra muestran que la mayoría de los niños y las niñas entre 6 y 10 años no han desarrollado una representación mental clara del movimiento aparente del Sol (Plummer, 2009). Muchos piensan que el Sol sale y sube rápido a lo alto del cielo, y, después, baja de repente y se pone. Así pues, la mayoría de los niños y las niñas no tendrían claro que el movimiento aparente del Sol se produce en una trayectoria en forma de arco, desde el horizonte este al horizonte oeste.

Igualmente, la mayoría de los niños y las niñas desconoce los cambios que se producen en esta trayectoria a lo largo del año (más altura del arco en verano, menos altura del arco en invierno). Finalmente, estos estudios subrayan que muchos niños y niñas de estas edades no tienen una representación clara del movimiento aparente de las estrellas en el firmamento a lo largo de la noche, o ni lo consideran factible.

En resumen, los maestros y las maestras debemos tener muy claro que los modelos e ideas que los niños y las niñas manifiestan sobre la forma de la Tierra, el ciclo día-noche y el movimiento aparente del Sol (y otros astros) responden, en un primer momento, a la generación de modelos intuitivos basados sobre todo en la percepción real que tienen de estos fenómenos y, posteriormente, a los intentos de integrar estos modelos iniciales con las ideas científicas que provienen de su entorno y que, normalmente, no son coherentes con sus modelos intuitivos iniciales. Por eso, es muy importante que los maestros escuchen bien las explicaciones que generan los niños y las niñas y que intenten inferir cuáles son los conocimientos que en cada momento están movilizando y cómo los están articulando entre ellos. Esta actitud de escucha e interpretación (que se conoce como *responsive teaching*) es fundamental para no emitir juicios evaluativos que siempre conduzcan a pensar que los niños y las niñas tienen un conocimiento muy simple o que el conocimiento científico sobre los fenómenos astronómicos está demasiado lejos de lo que a estas edades los niños y las niñas pueden abarcar. Tenemos que partir de lo que los niños y las niñas ya saben y saber jugar con este conocimiento, en vez de querer sustituir directamente lo que saben por las respuestas científicamente correctas de la ciencia, porque esto último nunca suele dar muy buenos resultados.

Ideas que hay que trabajar sobre el modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación

Como hemos visto, muchos niños y niñas de edades tempranas tienen una visión de Tierra no esférica y, por lo tanto, es una idea central que sería preciso trabajar. Aun así, la idea no ha sido incluida en el libro, ya que las actividades están enfocadas a niños y niñas de ciclo medio y superior de primaria y creemos que esta idea debería haberse trabajado antes.

Desde nuestro punto de vista, las ideas más importantes para trabajar a través del modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación son las siguientes:

Idea 1. El recorrido aparente que realiza el Sol en el cielo es de este a oeste en forma de arco.

Idea 2. El cambio de forma y de orientación de las sombras a lo largo del día viene provocado directamente por el movimiento aparente del Sol en el cielo.

Idea 3. El movimiento aparente que hace el Sol, así como los puntos de salida y puesta, son diferentes en varios momentos del año. Esta idea hace referencia a la causa de por qué observamos desde la superficie de la Tierra el movimiento aparente del Sol.

Idea 4. El movimiento aparente del Sol está causado por el movimiento de rotación.

Idea 5. A lo largo del día cambia el color del cielo debido a que la luz del Sol atraviesa más o menos grosor de atmósfera.

	Actividad 1. ¿A dónde va el Sol cuando se pone? Exploramos las ideas de los niños y las niñas sobre cómo se mueve el Sol en el cielo	Actividad 2. Cómo cambian la forma y la orientación de las sombras a lo largo del día	Actividad 3. Construimos el modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación	Actividad 4. Los colores del cielo. Cómo cambia el color del cielo a lo largo del día
Idea 1. El recorrido aparente que realiza el Sol en el cielo es de este a oeste en forma de arco.				
Idea 2. El cambio de forma y de orientación de las sombras a lo largo del día viene provocado directamente por el movimiento aparente del Sol en el cielo.				
Idea 3. El movimiento aparente que hace el Sol, así como los puntos de salida y puesta, son diferentes en varios momentos del año.				
Idea 4. El movimiento aparente del Sol está causado por el movimiento de rotación.				
Idea 5. A lo largo del día cambia el color del cielo debido a que la luz del Sol atraviesa más o menos grosor de atmósfera.				

Actividad 1

¿A DÓNDE VA EL SOL CUANDO SE PONE?

EXPLORAMOS LAS IDEAS QUE TIENEN LOS NIÑOS Y LAS NIÑAS SOBRE CÓMO SE MUEVE EL SOL EN EL CIELO



Material para un grupo de cuatro personas

Hojas de papel DIN-A4, hojas de papel DIN-A3, lápiz, lápiz de color y goma de borrar.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 1. El recorrido aparente que realiza el Sol en el cielo es de este a oeste en forma de arco.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

1. Presentación de la investigación sobre cómo cambia la posición del Sol a lo largo del día

Iniciaremos la investigación con una pregunta para cuya respuesta sea necesaria la representación del modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación. Por

lo tanto, es preciso que sea una pregunta que centre la atención en algún hecho ya conocido por los niños y las niñas, como, por ejemplo, “¿Por qué el Sol sale siempre por el este del horizonte y se pone por el oeste del horizonte?” o “¿Por qué las sombras cambian a lo largo de un día?”. En caso de que partamos de preguntas que hayan planteado las niñas y los niños, seguramente será necesario reajustarlas para que se parezcan a este tipo de preguntas.

2. Exploración del alumnado sobre el movimiento diario del Sol

Podemos empezar haciendo que los niños y las niñas piensen sobre cuál es el movimiento del Sol a lo largo de un día. Para apoyarlos y guiarlos en esta reflexión, les pediremos que dibujen en una hoja de papel “¿Cuál creéis que es el recorrido del Sol en el cielo desde que sale hasta que se pone?”.

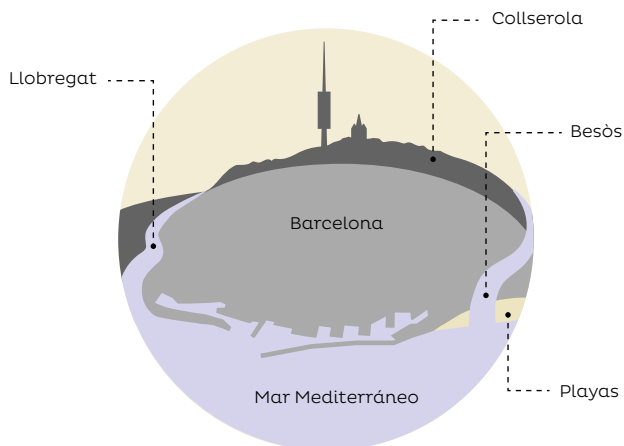
Podemos preparar una imagen que ayude a los niños y las niñas a imaginarse el movimiento que puede hacer el Sol, como, por ejemplo, una silueta de la playa y de la montaña. Para concretar un poco más la petición, podemos pedir que dibujen tres posiciones diferentes del Sol: una por la mañana, una al mediodía y una por la tarde. Les pediremos que conecten las posiciones con tres flechas. Podemos pedirles, también, que anoten los puntos cardinales si los conocen.

A continuación, podemos pedirles que hagan un nuevo dibujo, pero esta vez por parejas. Para hacer el nuevo dibujo llevaremos a cabo esta parte de la actividad en tres momentos diferentes: primero, el niño o la niña más pequeño explica al otro miembro de la pareja cómo lo ha dibujado, mientras que este escucha atentamente; a continuación, el miembro mayor que ha escuchado

será el que explicará su dibujo; y, finalmente, los dos miembros del grupo acuerdan cómo será su nueva representación y la plasman en una hoja de papel.

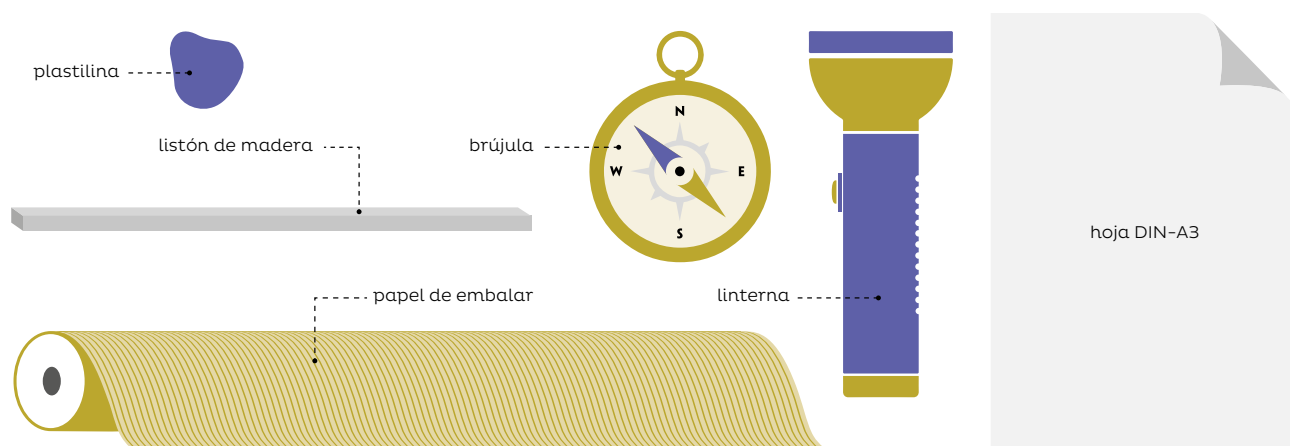
Una vez acabado el dibujo por parejas, juntamos a cada pareja con otra. Por turnos, cada una presenta el dibujo que ha elaborado y, a continuación, los cuatro hacen un nuevo dibujo en una hoja DIN-A3. Durante este proceso de conversación entre las parejas y los grupos de cuatro, el maestro o la maestra anota en la pizarra los puntos que generen más controversia.

La actividad concluye con la exposición oral de los dibujos finales al resto de la clase. Podemos dejar los dibujos colgados en el aula. A partir de ahí, guiaremos una conversación siguiendo aquellos puntos anotados en la pizarra que hayan generado más controversia. Es importante que aquellos puntos cuya respuesta no sepan o no se hayan respondido sin un consenso queden abiertos para poder resolverlos durante las sesiones posteriores.



Actividad 2

CÓMO CAMBIAN LA FORMA Y LA ORIENTACIÓN DE LAS SOMBRAS A LO LARGO DEL DÍA



Material para un grupo de cuatro personas

Papel de embalar, listón de madera de más de 30 cm, bola de plastilina, hoja DIN-A3, brújula, linterna.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 1. El recorrido aparente que realiza el Sol en el cielo es de este a oeste en forma de arco.

Idea 2. El cambio de forma y de orientación de las sombras a lo largo del día viene provocado directamente por el movimiento aparente del Sol en el cielo.

Las ideas de los niños y las niñas

Si no han trabajado previamente esta actividad o no han observado las sombras con cuidado antes, probablemente tendrán dificultades para saber la orientación y cómo cambia el tamaño de las sombras a lo largo del día.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

En la latitud de Cataluña, vemos que el Sol se mueve describiendo un arco en el cielo desde el este hasta el

oeste, pero no perpendicularmente, sino que es un arco inclinado hacia el horizonte sur. Fruto de este movimiento, las sombras a primera hora de la mañana estarán orientadas en dirección oeste y serán largas. A medida que el Sol vaya subiendo en el cielo, las sombras se irán haciendo más y más pequeñas e irán cambiando la orientación apuntando hacia el norte. Cuando el Sol esté en su punto más alto, será cuando la sombra sea más pequeña y estará orientada hacia el norte. Esto no lo observaremos en el punto exacto del mediodía debido a la diferencia entre la hora oficial y la solar: estas diferencias hacen que las sombras más cortas se observen alrededor de las 13.00 horas en invierno y a las 14.00 horas en verano. Desde la tarde hasta que el Sol se ponga, las sombras irán creciendo y cambiando su orientación de norte a este.

1. Dibujamos cómo creemos que se mueven las sombras desde la mañana hasta mediodía

En primer lugar, explicaremos al alumnado que vamos a realizar una observación para ver cómo la forma y la orientación de las sombras cambian a lo largo de la mañana. Describimos brevemente cómo se llevará a cabo la observación: en el centro de un papel de embalar, pondremos un listón de madera y, cada media hora, repasaremos la sombra del listón que se proyecte sobre el papel.

En grupos de cuatro, damos una hoja de papel DIN-A3 a cada grupo y pedimos que la coloquen horizontalmente. Hacemos que en el centro de la hoja representen el lugar donde colocarán el listón y que anoten los puntos cardinales en la hoja de papel: el norte en la parte superior, el sur en la inferior, el oeste en el lado izquierdo y el este a la derecha, tal como se muestra en la figura 5. Preguntamos: “¿Qué dibujo creéis que quedará sobre la hoja de papel?”.

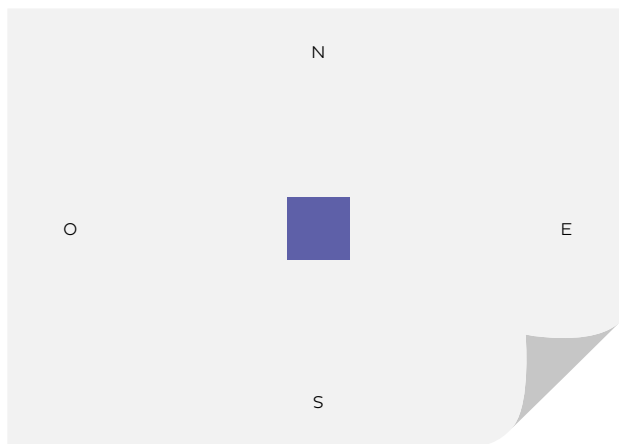


Figura 5. Diseño del dibujo para hacer la predicción sobre cómo se mueven las sombras a lo largo del día.

Cada grupo comparte sus predicciones con el resto de la clase y dejamos las hojas DIN-A3 colgadas en el aula para comprobar, después de la observación, si las predicciones iban bien encaminadas.

2. Observamos cómo se mueven las sombras a lo largo del día

En el patio de la escuela, en un espacio donde toque el Sol, sin la sombra de ningún árbol o edificio, cada grupo extiende su trozo de papel de embalar. Pedimos que anoten los cuatro puntos cardinales y que, con la ayuda de la brújula, los orienten correctamente. En el centro del papel de embalar, clavamos el listón de madera con la ayuda de una bola de plastilina.

Repasamos la forma de la sombra del listón proyectada sobre el papel de embalar con un rotulador y anotamos la hora a la que lo hemos repasado con lápiz. Cada hora, repetimos el proceso hasta al mediodía y, si es posible, durante algunas horas de la tarde. Recogemos los papeles de embalar y los colgamos en el aula.

Una vez que tengamos todos los papeles de embalar colgados, guiamos la conversación con la intención de establecer conclusiones, haciendo que el alumnado compare los resultados de los diferentes grupos a través de algunas preguntas: “¿Qué tienen en común todos estos dibujos?”, “¿Cómo son las primeras sombras de la mañana en comparación con las del mediodía?”, “¿Hacia dónde están orientadas las sombras de la mañana y cómo va cambiando su orientación a medida que avanza la mañana?”, etcétera. Procuramos que a través de las preguntas se haga evidente que:

- La primera sombra de la mañana es más larga y está orientada en dirección oeste.
- Las sombras de la mañana se van acortando cada vez más hasta que la sombra más corta es a mediodía (horario solar).
- Las sombras de la mañana van cambiando de orientación, desde el oeste hasta el norte.
- Las sombras de la tarde van cambiando de orientación, desde el norte hasta el este.
- Las sombras de la tarde se van alargando cada vez más hasta que la sombra más larga aparece justo cuando el Sol se pone.

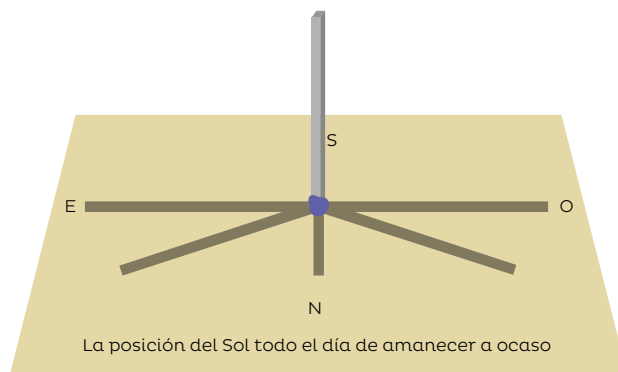
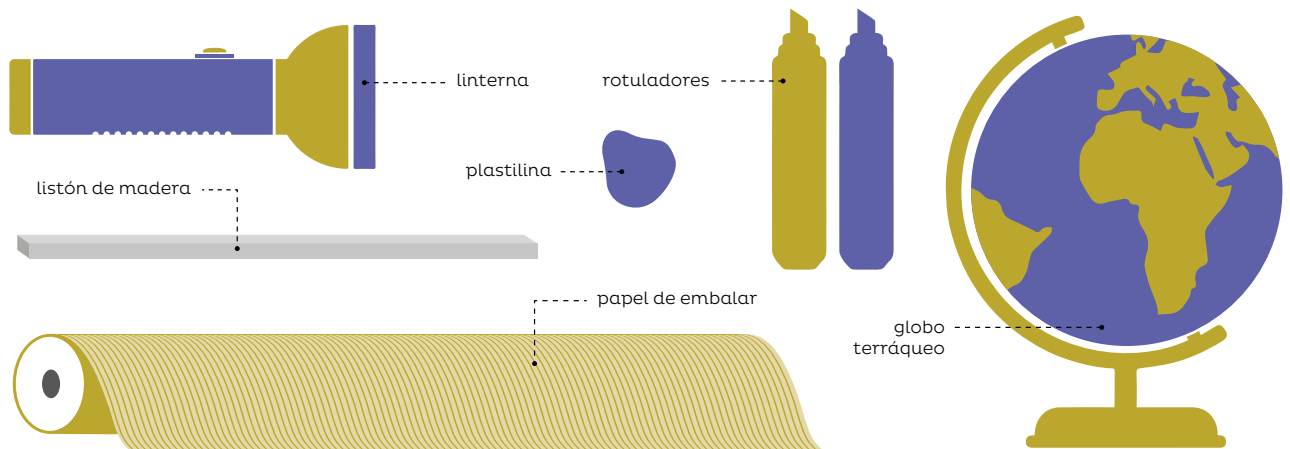


Figura 6. Las sombras se desplazan de oeste a este pasando por la dirección norte en el punto del mediodía. Las sombras a primera hora de la mañana y a última del atardecer son largas; el punto en el que son más cortas es en el de mediodía.

Para esquematizar estas conclusiones, de manera consensuada podemos hacer un esquema en la pizarra como el de la figura 6 explicando cómo cambian las sombras a lo largo de un día. También puede utilizarse para ilustrar cuál sería el movimiento de las sombras por la tarde, ya que difícilmente habremos podido hacer observaciones.

Actividad 3

CONSTRUIMOS EL MODELO DE TIERRA ESFÉRICA Y EL MOVIMIENTO DE ROTACIÓN



Material para un grupo de cuatro personas

Linterna, listón de madera, bola de plastilina, papel de embalar, globo terráqueo, rotuladores.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 1. El recorrido aparente que realiza el Sol en el cielo es de este a oeste en forma de arco.

Idea 2. El cambio de forma y de orientación de las sombras a lo largo del día viene provocado directamente por el movimiento aparente del Sol en el cielo.

Idea 3. El movimiento aparente que hace el Sol, así como los puntos de salida y puesta, son diferentes en varios momentos del año.

Idea 4. El movimiento aparente del Sol está causado por el movimiento de rotación.

Las ideas de los niños y las niñas

Los niños y las niñas de 6 a 12 años tienen una amplia variedad de modelos sobre la forma de la Tierra en los que combinan su idea intuitiva de Tierra plana con los conocimientos que le transmiten la escuela, la familia

o los medios de comunicación. El hecho de que a nuestra pregunta nos respondan que la Tierra es redonda no significa que tengan consolidado el concepto correcto de Tierra esférica. Para ellos también es evidente la inmovilidad del suelo.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

El cambio de forma y de orientación de las sombras a lo largo del día lo explicaremos a través de dos puntos de vista diferentes. Por un lado, el punto de vista que tenemos desde la superficie de la Tierra y al que llamamos el movimiento aparente del Sol, es decir, el movimiento que este astro realiza en el cielo a lo largo de un día. Este movimiento tiene forma de arco y se inicia en el este. A medida que avanza el día, el Sol va subiendo en el cielo, pero en nuestra latitud no lo hace perpendicularmente, sino un poco orientado al sur. Después del punto del mediodía, el Sol va descendiendo hasta ponerse por el oeste. Por otro lado, el punto de vista de la Tierra como cuerpo celeste que da vueltas sobre sí misma, es decir, a través del movimiento de rotación. La Tierra da vueltas sobre sí misma de oeste a este, lo que provoca que el día siempre empieza por el este y termine por el oeste.

1. Representamos el modelo aparente del Sol para explicar cómo se han movido las sombras

Empezamos esta actividad a partir de las observaciones realizadas en la actividad 2: “Cómo cambian la forma y la orientación de las sombras a lo largo del día”. Explicamos a los niños y las niñas que queremos comprender por qué las sombras se han movido de esta manera. Antes de empezar, repasamos y anotamos las conclusiones consensuadas en la actividad 2 en la pi-

zarra. Si lo creemos necesario, podemos mostrar otra vez el esquema de la figura 6.

A continuación, repartimos el material. Damos a cada grupo una bola de plastilina, un listón, un trozo de papel de embalar y una linterna. Pedimos que claven el listón en el centro del papel de embalar con la ayuda de la bola de plastilina.

Para ayudar a que los niños y las niñas expliquen cómo es el movimiento aparente del Sol, estructuraremos esta parte de la actividad en torno a cuatro retos diferentes. Cada grupo tiene que resolver cada reto antes de poder pasar al siguiente. La maestra o el maestro pasa grupo por grupo ayudándolos y guiándolos a través de preguntas.

- **Primer reto:** situar la linterna como si fuera el Sol a primera hora de la mañana. Para ayudar al alumnado, tenemos que hacerle notar que la posición de la sombra debe estar orientada hacia el oeste y ser tan larga como sea posible.
- **Segundo reto:** situar la linterna como si fuera el Sol al mediodía. Para ayudar al alumnado, tenemos que hacerle notar que la posición de la sombra debe estar orientada en dirección norte, pero también debe tener el tamaño más pequeño.
- **Tercer reto:** situar la linterna como si fuera el Sol a última hora del día. Para ayudar al alumnado, tenemos que hacerle notar que la posición de la sombra debe estar orientada hacia el este y ser tan larga como sea posible.
- **Cuarto reto:** mover la linterna como si fuera el Sol de primera a última hora del día. Para ayudar al alumna-

do, tenemos que hacerle notar que la linterna debe moverse describiendo un arco de este a oeste por encima del listón, pero un poco orientado en dirección sur.

Cuando todos los grupos hayan superado los cuatro retos, llamaremos la atención sobre el hecho de que el Sol, en nuestra latitud, se mueve en el cielo describiendo un arco de este a oeste. No obstante, el arco que dibuja no pasa de manera perpendicular, sino un poco más orientado al sur, como se puede ver en la figura 7.

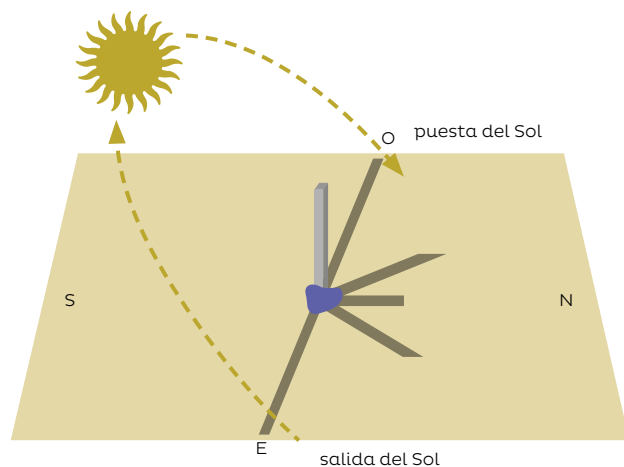


Figura 7. Movimiento aparente del Sol en la latitud de Cataluña.

2. Usamos la representación de Tierra esférica para explicar las sombras

Damos a cada grupo uno globo terráqueo, un palillo de dientes, una bola de plastilina y una linterna. Pedimos que peguen el palillo con una pequeña bola de plastilina

más o menos en el lugar donde está Cataluña. Los ayudamos a interpretar la representación: les explicamos que la linterna representa el Sol y que la zona que queda iluminada del globo terráqueo representa que sería de día, mientras que la zona oscura representa que sería de noche; les indicamos que el palillo representa el listón con el que hemos proyectado las sombras en la actividad 2, “Cómo cambian la forma y la orientación de las sombras a lo largo del día”.

Con la ayuda de una linterna, los niños y las niñas tienen que hacer que la sombra del palillo se proyecte sobre la superficie del globo terráqueo. Como en el apartado anterior de esta misma actividad, estructuraremos esta parte en diferentes retos.

- **Primer reto:** producir el mismo patrón de sombras que el que se ha observado en el patio de la escuela. Para elaborar un patrón de sombras como el observado es necesario girar el globo terráqueo en sentido antihorario. Solo de este modo puede verse que la sombra del palillo está orientada en dirección oeste y se va acortando a medida que cambia la dirección hacia el norte, para volverse a alargar cuando va virando al este.

- **Segundo reto:** predecir cómo será el patrón de sombras en el hemisferio sur. En una hoja de papel, repitiendo la misma estructura de la figura 5 de la actividad 2, los niños y las niñas tienen que dibujar cómo creen que son la forma y la orientación de las sombras a lo largo de un día en el hemisferio sur.

- **Tercer reto:** observar cómo cambian las sombras en el hemisferio sur sobre el globo terráqueo. Para hacerlo, les pedimos que coloquen el palillo en algún lugar del hemisferio sur y que comprueben cómo cambia la orientación y la forma de las sombras a lo largo de un

día. En el hemisferio sur, las sombras también van vi- rando de oeste a este, pero, en vez de pasar por el norte en el punto del mediodía, lo hacen por el sur.

- **Cuarto reto:** buscar un punto del globo terráqueo donde haya un momento en el que la sombra desaparezca. Si orientamos bien el rayo de luz de tal modo que cubra exactamente la mitad del globo terráqueo, podemos observar que justo en los puntos que se encuentran en el ecuador la sombra desaparece del todo cuando el palillo está orientado perpendicularmente al haz de luz. Esto sucede dos días al año: en los equinoccios. Al mediodía en el ecuador, el Sol incide perpendicularmente en la superficie, lo que provoca que por unos momentos no haya sombras. De hecho, en todos los lugares situados entre los trópicos hay dos días al año en los que los objetos dejan de proyectar sombras. En los trópicos propiamente dichos solo hay un día en el que ocurre esto: el solsticio de junio en el trópico de Cáncer y el solsticio de diciembre en el trópico de Capricornio.

3. Discutimos las dos hipótesis: representación del movimiento aparente del Sol y representación de la Tierra dando vueltas sobre sí misma

A continuación, debatimos las dos posibles explicaciones trabajadas para explicar el movimiento de las sombras: el movimiento aparente del Sol en el cielo y el movimiento de rotación. Podemos presentar el debate explicando que hemos investigado sobre dos formas de explicar por qué las sombras cambian de forma y orientación a lo largo del día.

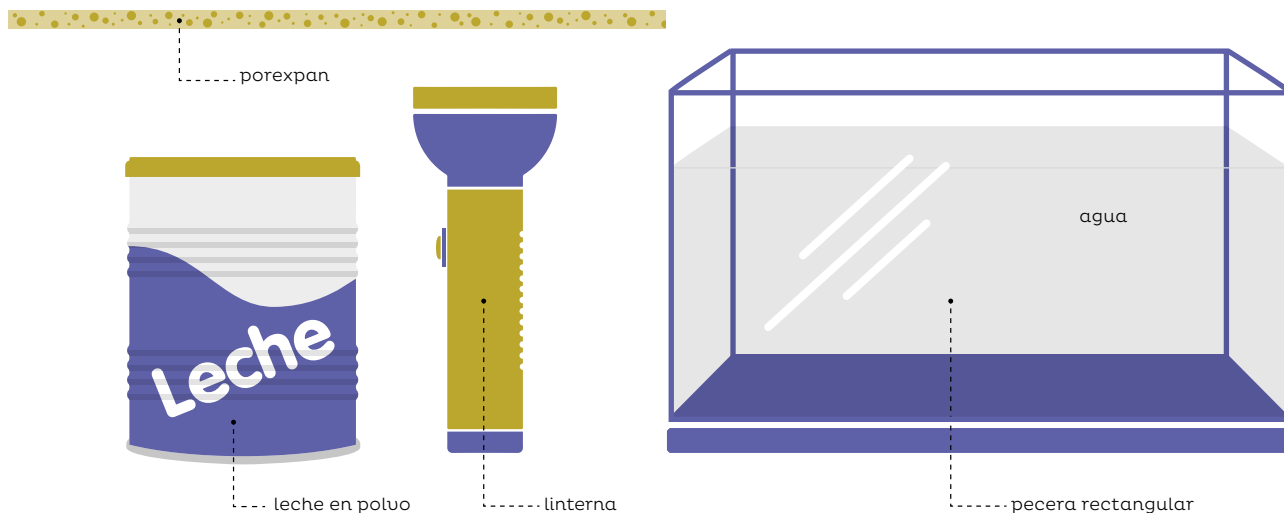
Por grupos, hacemos que discutan cuál de las dos maneras creen que explica mejor lo observado. Pedimos que cada grupo elija una teoría para explicar el movi-

miento de las sombras. Podemos hacer que un o una representante de cada grupo comparta con el resto de la clase cuál de las dos explicaciones han escogido y por qué creen que es la correcta. Podemos explicar que esta discusión, sobre si era el Sol el que daba vueltas a la Tierra o la Tierra la que se movía sobre sí misma y alrededor del Sol, se mantuvo durante muchos siglos y que hasta hace unos pocos no se encontró la respuesta.

Para guiar las discusiones en los grupos, realizaremos algunas aportaciones. Primero, les podemos recordar que los científicos usan las representaciones para predecir fenómenos; por lo tanto, la mejor manera de representar cualquier fenómeno científico debería ser aquella que tenga más capacidad de predicción. A partir de ahí, podemos cuestionar también cuál de las dos formas de explicar nos ayuda a comprender más hechos, como, por ejemplo, cómo cambian la forma y la orientación de las sombras en el hemisferio sur o cómo desaparecen las sombras a mediodía en el ecuador. Segundo, podemos intentar que el alumnado entienda el problema de perspectiva. “Imaginaos que somos el palillo que hemos clavado en el globo terráqueo; ¿qué observaríamos?”. Podemos hacer notar que veríamos el Sol salir por el este, cómo se va levantando por encima de nuestras cabezas y cómo se pone por el oeste.

Actividad 4

LOS COLORES DEL CIELO CÓMO CAMBIA EL COLOR DEL CIELO A LO LARGO DEL DÍA



Material para un grupo de cuatro personas

Una pecera rectangular o un recipiente similar con todas sus paredes transparentes. Conviene que una dimensión sea claramente mayor que las otras dos. Agua. Leche en polvo. Un foco de luz colimada y lo más blanca posible (tipo linterna con el haz de luz concentrado). Una superficie blanca de plástico o poliestireno expandido que quepa dentro de la pecera y que sea un poco más larga que la propia pecera para darle una cierta curvatura (véase el esquema de la figura 8).

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 5. A lo largo del día cambia el color del cielo debido a que la luz del Sol atraviesa más o menos grosor de atmósfera.

Las ideas de los niños y las niñas

Es conveniente que los alumnos y alumnas hayan trabajado antes sobre la luz y conozcan que la luz blanca es la superposición de la luz de todos los colores. Sin este conocimiento es difícil que comprendan la explicación del fenómeno. Normalmente, no hay unas ideas claras sobre el porqué del azul del cielo, sencillamente

se le atribuye como color propio. Los rojos del crepúsculo y el ocaso los explican sencillamente por la descripción de lo que observan: la acción del Sol que está bajo sobre el horizonte.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

La actividad propone observar la variación de colores del cielo, reproducir el efecto de la atmósfera sobre la luz del Sol en una pecera y, a partir de estas observaciones, construir una explicación.

1. Observamos los colores del cielo desde la mañana hasta la noche

En primer lugar, explicamos a los niños y las niñas que vamos a observar de qué colores vemos el cielo. Podemos hacer las observaciones a lo largo de un día y repetir las en varios días. Podemos pedir que se fijen en el color, en la dirección del Sol y también en direcciones perpendiculares a la del Sol. Un modo de obtener buenos registros y poder compararlos es tomando fotografías en varios momentos del día, a ser posible desde la salida del Sol hasta su puesta.

Los registros en la dirección del Sol mostrarán un color rojizo cuando el Sol esté bajo en el horizonte y azul cuando ya haya subido sobre el horizonte, que será la mayor parte del día.

Las imágenes en direcciones perpendiculares al Sol mostrarán, a cualquier hora, colores azulados, salvo puestas de Sol excepcionales en las que la niebla o las nubes pueden difundir mucho la luz rojiza que nos llegue del Sol. Si eso sucede puede ser interesante aprovecharlo para entender los motivos.

Puede ser útil, y estéticamente bonito, imprimir alguna secuencia de fotografías de los cambios de color.

2. Preparamos la pecera

Llenamos la pecera con agua y vamos disolviendo pequeñas cantidades de leche en polvo. Para saber cuánta necesitamos, iluminamos la pecera por un extremo y vamos añadiendo leche hasta que el agua más alejada del foco adquiera un tono rojizo. Ahora tenemos el modelo de atmósfera preparado: la pecera simula la atmósfera y la leche en polvo disuelta simula las moléculas de la atmósfera, que difunden la luz.

3. Observamos e interpretamos los colores del agua en la pecera

Iluminando la pecera por un extremo veremos que el líquido se ilumina con una tonalidad blanca azulada en los primeros centímetros de recorrido de la luz. Conforme la luz va recorriendo más pecera, la tonalidad se vuelve progresivamente más roja. La leche disuelta actúa igual que las moléculas del aire: desuían mucho la luz azul, pero poco la roja. De esta manera, en los primeros centímetros de recorrido de la luz una buena parte de la luz azul sale por los lados, por eso vemos el agua azulada. De ello se deriva que la luz que llega al final de la pecera tenga una mayor proporción de luz roja y, por eso, la vemos de ese color.

Si observamos el foco de luz a través de la pecera, lo veremos rojizo, como si miráramos al Sol cuando está bajo en el horizonte.

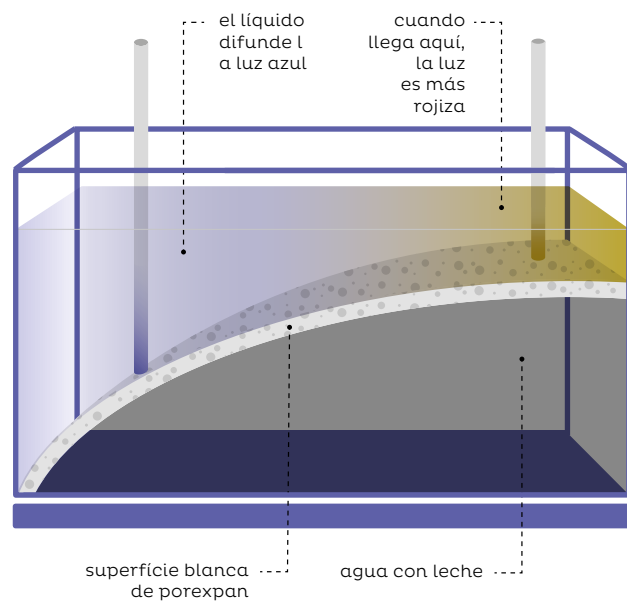
Podemos hacer más comprensible el fenómeno situando dentro de la pecera una franja de poliestireno expandido que simule la superficie de la Tierra, como se

indica en la figura siguiente (figura 8). En este montaje la luz proviene de la izquierda.

Si situamos un pequeño elemento en la parte izquierda de la placa de poliestireno expandido, este tendrá el Sol alto sobre su cabeza y la luz que verá a su alrededor será azul.

Otro muñeco situado en el extremo derecho verá el Sol bajo en el horizonte, y verá que le llega luz rojiza.

Figura 8. Esquema de la pecera para reproducir la difusión de la luz azul del Sol al atravesar la atmósfera.



Cuando el problema es explicar por qué hay estaciones

Comprender el sistema Tierra-Sol y el movimiento de traslación

La plena comprensión del porqué de las estaciones del año no es evidente para el alumnado, ya que están implicados dos hechos complejos. Por una parte, unos hechos observacionales sobre la orientación del eje de rotación de la Tierra y, por otra parte, algunos conceptos de física que no son nada intuitivos.

El hecho observacional se refiere a la **inclinación del eje de rotación de la Tierra con respecto al plano de su traslación (la eclíptica)**. No lo podemos observar directamente, pero a través de las actividades propuestas y las explicaciones que construimos, podremos consensuar con los alumnos argumentos para convencerlos de que tiene que ser así. De hecho, se trata de mostrar que, si el eje no tuviera esta inclinación, no tendríamos estaciones.

Respecto a los conceptos físicos implicados, se trata de la conservación del momento angular, una magnitud asociada a todos los objetos que están en rotación y que les proporciona unas características dinámicas peculiares. Es, por ejemplo, la responsable de que cuando una peonza gira rápidamente mantenga su eje de rotación apuntando siempre en la misma dirección fija en el espacio. La analogía de la Tierra con la peonza nos permite justificar este hecho, ya que podemos ver que la peonza mantiene su eje de rotación en una dirección determinada, aunque nos la pongamos sobre la mano y nos movamos.

Así pues, la Tierra se mueve en una trayectoria plana, elíptica, en torno al Sol. A la vez que se traslada sobre esta trayectoria, la Tierra gira sobre sí misma, manteniendo su eje inclinado (no perpendicular) con respecto

a este plano de traslación. El hecho de que esta inclinación no sea de 90° , sino de $66,5^\circ$, es lo que posibilita la existencia de estaciones.

Como se muestra en la figura 9, durante su traslación alrededor del Sol, la Tierra se mantiene con su eje apuntando siempre en la misma dirección. En el punto A se puede constatar que la luz del Sol incide más y perpendicularmente en el hemisferio norte. Es el solsticio de verano (21 de junio). En la posición B, en cambio, la incidencia de la luz solar es mayor en el hemisferio sur. Es el solsticio de invierno (21 de diciembre).

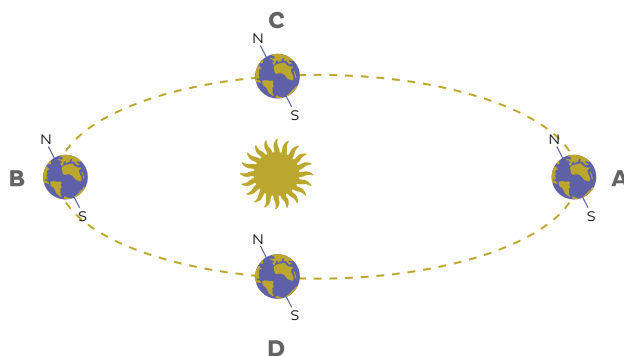


Figura 9. Movimiento de traslación de la Tierra en torno al Sol.

Sea en A o B, el hemisferio que recibe más luz recibe más energía por unidad de superficie, y también durante más horas, lo que hace que el día sea más largo. Esto es lo que provoca el verano en ese hemisferio.

Los puntos C y D son aquellos tramos de la trayectoria en los que el eje de la Tierra no apunta al Sol y los dos hemisferios se ven igualmente iluminados. Son los

equinoccios: el de otoño (23 de setiembre) en el punto C y el de primavera (20 de marzo) en el punto D.

La excentricidad de la trayectoria de la Tierra es pequeña. En el dibujo está muy exagerada; si hubiéramos mantenido las proporciones no veríamos ninguna diferencia entre la elipse y una circunferencia. Esta diferencia en la proximidad al Sol entre A y B, a pesar de ser del orden de 5 millones de kilómetros, no representa ningún cambio sustancial en la radiación recibida por la Tierra en A o B, de modo que no tiene ninguna influencia sobre las estaciones.

Las ideas de las niñas y los niños en relación con el modelo Tierra-Sol

Igual que ocurre con los fenómenos astronómicos que se han presentado en el apartado anterior, los niños y las niñas también son capaces de generar explicaciones en relación con el fenómeno de la estacionalidad, tan evidente en latitudes medias de ambos hemisferios, como es el caso de Cataluña. Los niños y las niñas que viven en estas localidades tienen la experiencia directa de que en verano y en invierno no se dan las mismas condiciones meteorológicas y, por lo tanto, están en disposición de plantearse cuál es la razón que provoca estos cambios y generar sus propias explicaciones (Driver, 1999; Sneider, Bar y Kavanagh, 2011).

Los niños y las niñas entre 4 y 7 años no suelen hacer referencia al movimiento de traslación de la Tierra para explicar la estacionalidad, como sí hace el alumnado de mayor edad de primaria. Probablemente, esto sea debido a que los niños y las niñas más pequeños no generan modelos intuitivos espontáneos sobre el movimiento de traslación porque no disponen de ninguna experiencia directa que pueda actuar como evidencia clara de

la existencia de este movimiento. Por eso, las explicaciones que generan sobre los cambios estacionales (frío en invierno y calor en verano) no apelan a razones astronómicas, sino a razones puramente meteorológicas: “En invierno hace frío porque nieva y hay niebla” o “En verano hace calor porque hace mucho sol”.

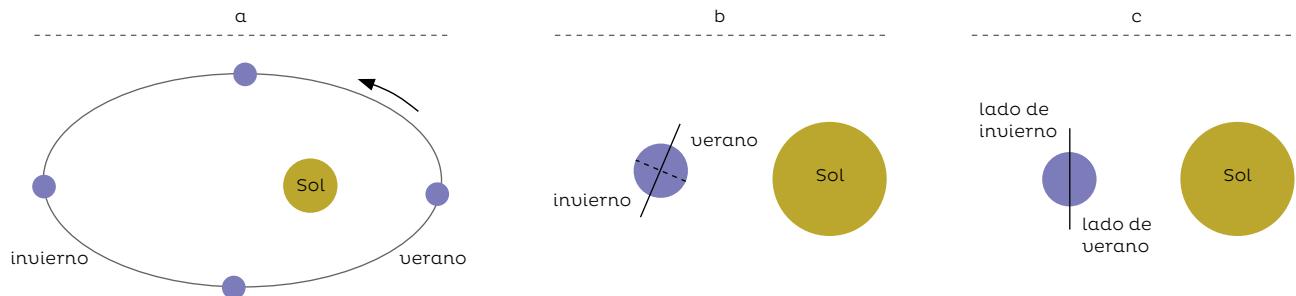
Cuando los niños y las niñas reciben información de la escuela, o de su entorno, sobre el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol y sobre la órbita elíptica que caracteriza este movimiento, es cuando empiezan a generar explicaciones sobre la estacionalidad que se basan en las representaciones mentales que construyen sobre este movimiento y los efectos que este pueda tener en el calentamiento de la superficie terrestre. Como saben que la principal diferencia entre invierno y verano es que el primero es mucho más frío que el segundo, y también saben, por su experiencia directa, que estar cerca de una fuente de calor genera una sensación de calor mayor que estar alejado, muy fácilmente pueden vincular estos dos hechos y generar una explicación de la estacionalidad en la que la causa sea la diferencia en la distancia de la Tierra al Sol en verano y en invierno. Por eso dicen cosas como “Es verano cuando la Tierra está más cerca del Sol” y, en cambio, “Es invierno cuando la Tierra está más lejos del Sol” (figura 10a). Como se puede deducir de lo que hemos expuesto, esta explicación no es nada ingenua, sino que es construida a partir de la voluntad de explicarse las causas de un fenómeno usando informaciones y conocimientos que los niños y las niñas tienen al alcance y consideran indiscutibles. Además, los dibujos que han observado en la mayoría de libros de texto, o de libros divulgativos de ciencia, que suelen mostrar una órbita elíptica muy exagerada, contribuyen a reforzar la validez de esta explicación inicial basada en la distancia relativa de la Tierra al Sol.

Como maestros, tenemos que esperar que a la pregunta “¿Por qué en Cataluña hace más calor en verano que en invierno?” el alumnado responda mayoritariamente apelando a la proximidad o la lejanía de la Tierra respecto al Sol. Algunos estudios incluso han mostrado que cuando se introduce el hecho de que el eje de rotación de la Tierra está inclinado, muchos niños y niñas consideran que el hemisferio que “mira más al Sol” está más próximo al Sol y se calienta más y, en cambio, el hemisferio que “mira menos al Sol” está menos próximo a él y, por lo tanto, se calienta menos (figura 10b). Probablemente, esta interpretación que hacen los niños y las niñas, y que no responde a la explicación científica canónica, sea porque en realidad lo que están intentando hacer es encajar nueva información (la inclinación del eje terrestre) con la causa que consideran más plausible para explicar la estacionalidad, que, como hemos dicho, es la distancia relativa de la Tierra al Sol a lo largo del año.

Para intentar que salgan de esta explicación inicial, es importante que los maestros aporten hechos que promuevan el cuestionamiento de la causa que suelen defender, es decir, la distancia relativa entre la Tierra y el Sol en verano y en invierno. Por eso, puede ser útil introducir el dato de que en el mismo momento que en el hemisferio norte es invierno, en el hemisferio sur es verano, y viceversa. También será importante que los alumnos busquen información bibliográfica sobre las distancias reales de la Tierra al Sol durante los dos solsticios. Esto permitirá conocer que justo cuando la Tierra está más cerca del Sol (perihelio) es en nuestro solsticio de invierno y, en cambio, nuestro solsticio de verano se da cuando la Tierra está más lejos del Sol (afelio).

Aun así, dar a conocer estos dos hechos muy probablemente no conducirá directamente a que los niños y las niñas cambien sus explicaciones, sino que más bien les

Figura 10.



Explicación de la estacionalidad basada en la distancia.

Explicación de las estaciones basada en el hemisferio que “mira más” al Sol.

Explicación de las estaciones basada en la rotación.

generará desconcierto, porque son dos datos incoherentes con su explicación inicial y todavía no disponen de ningún modelo alternativo en el que puedan encajar de manera coherente sus razonamientos. Por eso la maestra o el maestro deberá introducir un nuevo modelo basado en la inclinación del eje de rotación de la Tierra y centrarse en analizar los importantes efectos que eso tiene sobre el calentamiento de la superficie terrestre en latitudes diferentes. Debatir sobre todo esto es lo que permitirá a los niños y las niñas ir construyendo un nuevo modelo mental para explicar la estacionalidad.

No queríamos acabar este apartado sin mencionar la posibilidad de otra explicación de la estacionalidad que algunos estudios han puesto de manifiesto, a pesar de no ser muy frecuente (Sherin, Krakowski y Lee, 2012). Se trata de vincular la causa de la estacionalidad a la rotación de la Tierra, de manera que algunos niños y niñas consideran que en la cara de la Tierra que está orientada hacia el Sol es verano, mientras que en la parte contraria es invierno (figura 10c).

En la figura 10 se muestran todos los modelos explicativos que suelen manifestar los niños y las niñas y que hemos descrito a lo largo de este apartado.

Ideas que hay que trabajar sobre el sistema Sol-Tierra y el movimiento de traslación

Desde nuestro punto de vista, las ideas más importantes para construir un modelo mental más sofisticado del sistema Tierra-Sol y del movimiento de traslación son las siguientes:

Idea 1. La Tierra gira alrededor del Sol siguiendo una órbita en forma de elipse. El momento en el que el Sol

y la Tierra están más próximos corresponde al invierno del hemisferio norte.

Idea 2. El eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de la eclíptica y esta inclinación es siempre la misma.

Idea 3. La sucesión de estaciones viene provocada por la inclinación del eje de rotación y no por la distancia relativa de la Tierra al Sol durante la traslación.

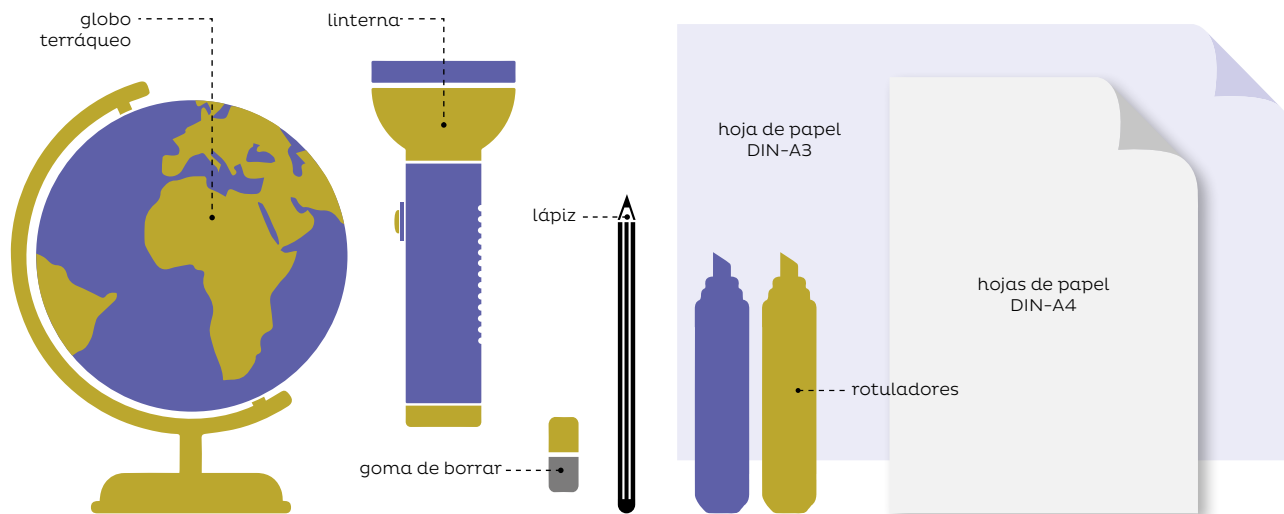
Idea 4. La inclinación del eje de rotación provoca que durante el solsticio de verano del hemisferio norte los rayos de sol incidan muy perpendicularmente en la Tierra y llegue mucho más calor por unidad de superficie. Durante el solsticio de invierno pasa lo contrario: inciden menos perpendicularmente y llega menos calor por unidad de superficie.

Idea 5. La inclinación del eje de rotación provoca que haya cambios anuales en la duración relativa del día y la noche. En el hemisferio norte, durante el solsticio de verano hay más horas de luz solar diarias y durante el solsticio de invierno hay menos horas de luz solar diarias.

	Actividad 1. Exploración de ideas	Actividad 2. Construimos el modelo Tierra-Sol	Actividad 3. ¿Por qué en Cataluña hace más frío en invierno y más calor en verano?	Actividad 4. ¿Por qué en los polos hay épocas del año en las que no ven la luz?
Idea 1. La Tierra gira alrededor del Sol siguiendo una órbita en forma de elipse. El momento en el que el Sol y la Tierra están más próximos corresponde al invierno del hemisferio norte.				
Idea 2. El eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de la eclíptica y esta inclinación es siempre la misma.				
Idea 3. La sucesión de estaciones viene provocada por la inclinación del eje de rotación y no por la distancia relativa de la Tierra al Sol durante la traslación.				
Idea 4. La inclinación del eje de rotación provoca que durante el solsticio de verano del hemisferio norte los rayos de sol incidan muy perpendicularmente en la Tierra y llegue mucho más calor por unidad de superficie. Durante el solsticio de invierno ocurre lo contrario.				
Idea 5. La inclinación del eje de rotación provoca que haya cambios anuales en la duración relativa del día y la noche. En el hemisferio norte, durante el solsticio de verano hay más horas de luz solar diarias y durante el solsticio de invierno hay menos horas de luz solar diarias.				

Actividad 1

EXPLORACIÓN DE IDEAS



Material para un grupo de cuatro personas

4 hojas DIN-A4, 1 hoja DIN-A3, lápiz, goma de borrar, rotuladores, 1 globo terráqueo, 1 linterna potente.

Las ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 3. La sucesión de estaciones viene provocada por la inclinación del eje de rotación y no por la distancia relativa de la Tierra al Sol durante la traslación.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Iniciaremos la investigación sobre las causas de las estaciones con una pregunta que conduzca al alumnado a generar una explicación sobre los cambios estacionales que se observan en zonas geográficas como Cataluña. Lo que perseguimos es que para responder

a la pregunta el alumnado tenga que usar sus modelos mentales sobre el sistema Tierra-Sol y sus movimientos, y que movilicen todas las informaciones y conocimientos de los que disponen. Una pregunta que cumple esta función es "¿Cómo explicarías que en Cataluña en verano hace más calor que en invierno?". Esta es una buena pregunta porque expone un hecho que el alumnado conoce perfectamente, que no tiene una respuesta cerrada y que, en esta fase inicial de la secuencia didáctica, contribuirá a movilizar todos los conocimientos que hemos citado anteriormente. En caso de que partamos de preguntas que hayan hecho los niños y las niñas, seguramente será necesario reajustarlas para que persigan estos mismos objetivos y se parezcan a la pregunta que hemos puesto de ejemplo.

Es importante que cada miembro del grupo haga el esfuerzo de pensar en cómo respondería la pregunta. Por eso, daremos la consigna de pensar durante un rato y

responderla en la hoja DIN-A4 que se habrá repartido previamente. Esta respuesta individual debería darse sin manipular ni el globo terráqueo ni la linterna. Es muy importante que sugiramos a niños y niñas que dibujen para ayudar a ilustrar y complementar su explicación.

Con el fin de favorecer la construcción conjunta de conocimiento, podemos seguir la estructura 1-4. De manera que, una vez que hayan respondido individualmente, propondremos que debatan las respectivas respuestas con los cuatro miembros del grupo. Hay que advertir al alumnado que el objetivo final de la actividad es generar una sola explicación conjunta, aunque en la puesta en común final pueden recordar las discrepancias que consideren significativas en las explicaciones que los diferentes miembros del grupo hayan aportado. En el momento del trabajo conjunto de los cuatro miembros, dejaremos que puedan manipular el globo terráqueo y la linterna (que simulará el Sol) como apoyo al proceso de exposición de cada una de las explicaciones individuales. Por eso, en esta fase será interesante que la clase esté poco iluminada. Pediremos que el producto final que elaboren, y que presentarán en una hoja DIN-A3, sea una explicación escrita que dé respuesta a la pregunta inicial, que tendrá que ir obligatoriamente acompañada de dibujos que la ilustren y complementen.

Durante la fase de debate en grupo adoptaremos un rol de orientador, clarificando la actividad, sugiriendo maneras de representar las ideas, velando para que la dinámica propuesta se lleve a cabo con corrección, atendiendo a las preguntas del alumnado, etcétera. Nunca introduciremos nueva información ni daremos pistas que orienten a los niños y las niñas a la respuesta correcta.

La actividad se cerrará con la exposición oral de las explicaciones y dibujos realizados por parte del niño o

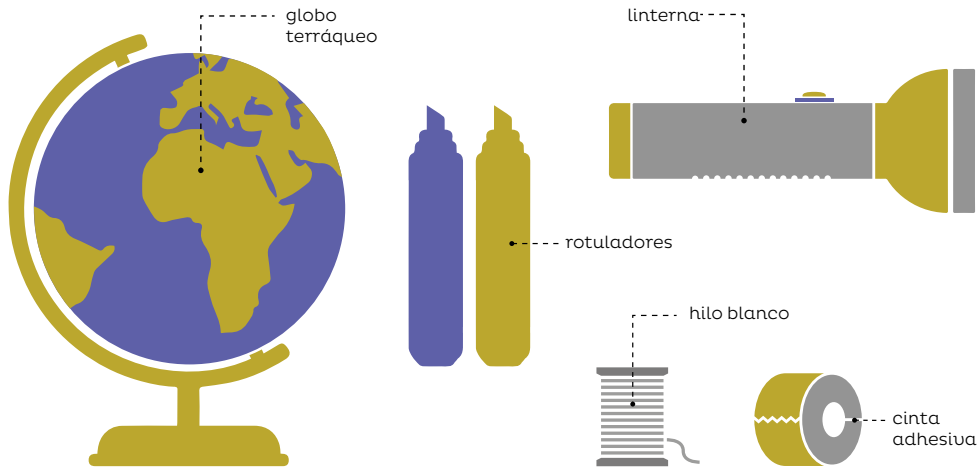
niña que actúe de portavoz del grupo. Durante la presentación también vamos a permitir que usen el globo terráqueo y la linterna si así lo consideran oportuno los respectivos portavoces. Los dibujos presentados los dejaremos colgados en el aula, para así poder volver a ellos más adelante. Durante la presentación de cada portavoz pediremos al resto de alumnado que piense posibles preguntas o aclaraciones y que las formulen al finalizar la presentación.

Cuando cada grupo haya hecho su presentación y aclarado las dudas que se hayan generado, propondremos guiar una conversación en la cual se promueva el intercambio de ideas entre grupos (“¿En qué se parece/difiere vuestra propuesta a/de la propuesta de...?”), que ponga énfasis en posibles incertidumbres iniciales (“¿Qué dudas o incertidumbres tenéis en vuestra explicación?”) o que haga pensar en las evidencias que justifican algún elemento de la explicación (“¿Qué os hace pensar que...?” o “¿En qué os basáis para decir...?”).

El objetivo final de la actividad no es llegar a un consenso final único y general para toda la clase, sino que lo que perseguimos es que se hagan explícitas las ideas que provienen de los propios niños y niñas. En caso de que en la exposición final aparezcan diferentes tipos de explicaciones, agruparemos aquellas que propongan causas similares, por ejemplo, las que hacen referencia a la distancia Tierra-Sol como causa o bien las que apelan a la incidencia de los rayos solares, etc. Puede ser muy interesante que, una vez hecha esta clasificación, escribamos a un lado qué evidencias tenemos que vayan a favor de la explicación propuesta (por ejemplo, siempre que estás más cerca de una fuente de calor, tienes más calor) y qué evidencias tenemos que vayan en contra (por ejemplo, cuando en un hemisferio es verano, en el otro es invierno y viceversa).

Actividad 2

CONSTRUIMOS EL MODELO TIERRA-SOL



Material para un grupo de cuatro personas

1 globo terráqueo, 1 linterna potente (o retroproyector o proyector de diapositivas), hilo blanco, cinta adhesiva, rotuladores.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 1. La Tierra gira alrededor del Sol siguiendo una órbita en forma de elipse. El momento en el que el Sol y la Tierra están más próximos corresponde al invierno del hemisferio norte.

Idea 2. El eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de la eclíptica y esta inclinación es siempre la misma.

Las ideas de los niños y las niñas

Tenemos que partir de la base de que, dondequiera que vivan, los niños y las niñas no tienen una percepción directa del movimiento de la Tierra alrededor del Sol. No hay nada que puedan observar con facilidad que les permita concluir que la Tierra se desplaza por el espacio, a diferencia de lo que ocurre con respecto al ciclo día-noche. Por eso, es difícil que los niños y las niñas hablen del movimiento de traslación de la Tierra antes de conocerlo por la influencia de la escuela o del entorno sociocultural.

También cabe tener en cuenta que, aunque posiblemente los niños y las niñas de ciclo medio y superior conozcan la existencia del movimiento de traslación de

la Tierra en torno al Sol, es muy probable que no sean capaces de describirlo correctamente. Así, es muy fácil que el alumnado no sepa que la órbita es una elipse poco excéntrica, de modo que (a escala astronómica) no hay demasiada diferencia entre la posición en la que la Tierra está a más distancia del Sol (afelio, aproximadamente 152,10 millones de kilómetros) y el punto en el que está más cerca (perihelio, aproximadamente 147,09 millones de kilómetros). Finalmente, es probable que no sepan que el eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto al plano de la eclíptica (el plano que contiene la órbita de la Tierra alrededor del Sol), y que todo esto tiene importantes consecuencias, por un lado, en la duración relativa del día y la noche a lo largo del año y, por otro, en el calentamiento de la superficie terrestre, debido a la diferente inclinación de los rayos que llegan del Sol en distintas épocas del año.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

El objetivo final de esta actividad es introducir y familiarizar al alumnado con un modelo simulado del movimiento de traslación de la Tierra en torno al Sol. Una vez construido este modelo, lo podrán utilizar como base para generar explicaciones sobre la estacionalidad u otros fenómenos relacionados que identificaremos en actividades posteriores.

Esta actividad consta de tres tareas que describimos a continuación.

1. Presentación del modelo

La primera tarea la iniciaremos presentando a todos los grupos el material que se utilizará: el globo terráqueo (para simular la Tierra), una linterna potente o

equivalente (para simular el Sol), hilos blancos, cinta adhesiva y rotuladores, para medir la duración relativa del día y la noche sobre el globo terráqueo.

Una vez presentado el material, realizaremos una demostración del movimiento de traslación de la Tierra en torno al Sol. En primer lugar, dejaremos la linterna encima de una mesa y moveremos el globo terráqueo a su alrededor, en un mismo plano, describiendo una elipse. Comentaremos que este es el movimiento de traslación y que la Tierra tarda un año en realizarlo. Remarcaremos cuatro posiciones clave de la Tierra: los dos solsticios (verano e invierno) y los dos equinoccios (primavera y otoño). También subrayaremos que el eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto al plano de la eclíptica, de manera que este plano y el del ecuador terrestre forman un ángulo de aproximadamente $23,5^\circ$, que es el que ya suele tener el globo terráqueo respecto de la superficie donde esté colocado. Finalmente, indicaremos que el eje de rotación no cambia de dirección durante el movimiento de traslación, de manera que siempre apunta al mismo lugar.

Acto seguido explicaremos al alumnado que, para entender bien los cambios que se producen en la Tierra durante el movimiento de traslación, nos fijaremos en cómo queda iluminada la Tierra en las cuatro posiciones remarcadas anteriormente (los dos solsticios y los dos equinoccios). Es muy importante que aprendan a iluminar bien el globo terráqueo, para así poder recoger correctamente los datos. Exponemos a continuación cómo hacerlo.

La figura 11 muestra cómo queda iluminada la Tierra durante el solsticio de invierno. Como se puede ver en la figura, durante el solsticio de invierno la línea que separa la parte iluminada de la esfera terrestre de la

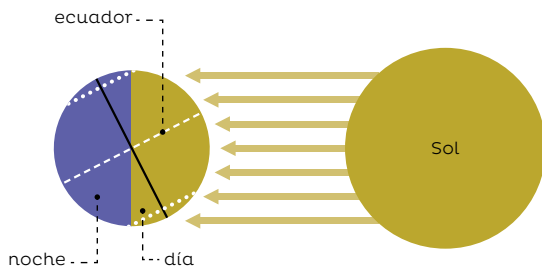


Figura 11. Iluminación de la Tierra durante el solsticio de invierno.

parte oscura es tangente a los dos círculos polares, por lo que todas las áreas que están más al sur del círculo polar antártico quedan iluminadas, mientras que las que están más al norte del círculo polar ártico están a oscuras. Pediremos al alumnado que mueva el globo terráqueo o la linterna, hasta que la Tierra quede iluminada de esta manera. En caso de que no lo consigan, los ayudaremos.

Recuperamos la figura 9 para representar el solsticio de verano: solo habrá que mover el globo terráqueo, media elipse, de forma que quedará en la posición opuesta a la que muestra en la figura 11. Debemos tener en cuenta que el eje de rotación no cambia de posición, por lo que, si en la figura apuntaba a la izquierda, en la nueva posición también apuntará en la misma dirección. Igual que ocurría antes, la línea que separa la parte iluminada de la esfera terrestre de la parte oscura debe ser tangente a los dos círculos polares. Sin embargo, ahora todas las áreas que están más al sur del círculo polar antártico quedarán a oscuras, mientras que las que están más al norte del círculo polar ártico quedarán iluminadas (véase la figura 12). Avisaremos a los niños y las niñas de que muevan la Tierra, o la linterna, hasta que el globo quede iluminado de esta manera. En caso de que no lo consigan, los ayudaremos.

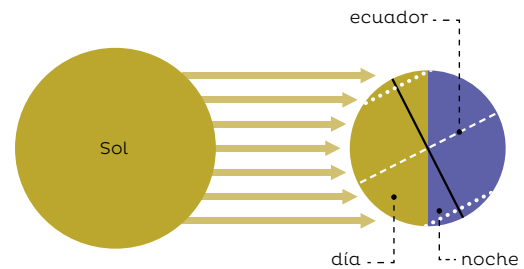
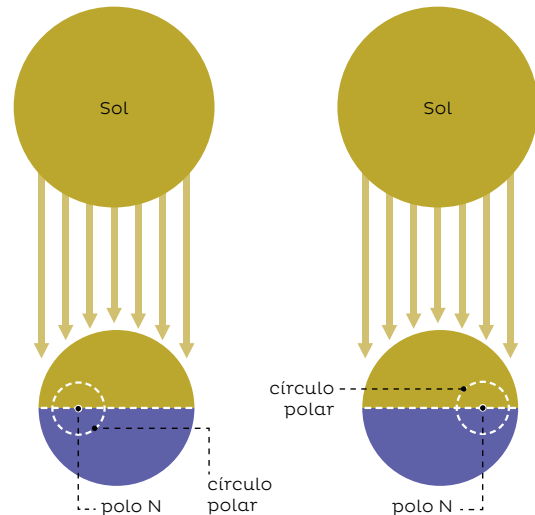


Figura 12. Iluminación de la Tierra durante el solsticio de verano.

Para representar lo que ocurre durante los equinoccios, detendremos la Tierra entre un solsticio y otro, y haremos que nos quede una mitad de la esfera iluminada y la otra mitad a oscuras (figura 13).

Figura 13. Iluminación de la Tierra durante los equinoccios vista desde el polo norte.



Una vez que todo el alumnado esté familiarizado con la colocación de la Tierra, ya estaremos en disposición de realizar observaciones sobre el modelo simulado de traslación (tarea 3), pero primero habrá que aprender a medir la duración relativa del día y la noche (tarea 2).

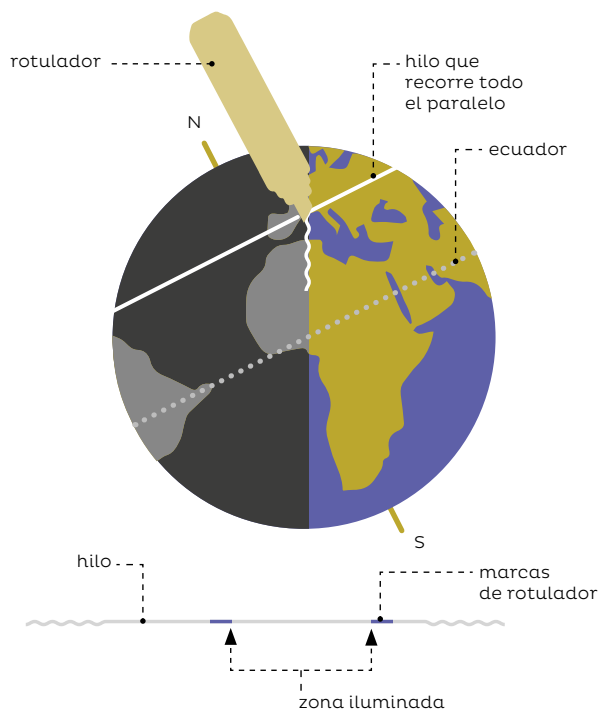
2. Medir la duración relativa del día y la noche sobre el modelo

Para medir la duración relativa del día y la noche, pediremos a todos los grupos que coloquen el globo terráqueo en la posición de solsticio de invierno (o cualquier otra que el maestro prefiera). Manteniendo esta posición, pediremos que pongan el dedo sobre Cataluña y que, sin levantarlo del globo terráqueo, simulen el movimiento de rotación, moviendo la Tierra en el sentido contrario de las agujas del reloj. Les haremos notar que, durante la rotación, el dedo ha quedado un rato iluminado (la duración del día) y un rato a oscuras (la duración de la noche).

Les explicaremos que encima del globo terráqueo podemos medir la duración relativa del día y la noche, usando hilos blancos. Indicaremos que peguen un hilo de color blanco en Cataluña y que, siguiendo el paralelo correspondiente a esta latitud, den toda la vuelta al globo terráqueo hasta llegar a la posición inicial figura 14. Explicaremos que este es el recorrido total que realiza ese punto geográfico durante un día (aproximadamente 24 horas). Les haremos notar que una parte del recorrido del hilo está iluminado y otra parte está a oscuras: la longitud de la parte iluminada representará la duración del día y la longitud de la parte oscura representará la duración de la noche. Para saber si dura más el día que la noche, haremos que marquen con un rotulador los dos puntos de la circunferencia del hilo en que se produce la transición de claro a oscuro. Después,

tendrán que quitar el hilo y observar cuál de los dos segmentos que han obtenido es más largo.

Figura 14. Medir la duración del día y la noche.



Practicaremos un poco este método para adquirir habilidad. Es importante que se aseguren de colocar el hilo formando un círculo que siga un paralelo, es decir, que sea paralelo al círculo que indica el ecuador o los trópicos sobre el globo terráqueo.

3. Cambios en la duración relativa del día y la noche a lo largo del año

Una vez familiarizado con el movimiento de traslación y con el método para medir la duración relativa del día y la noche, propondremos al alumnado que realice las observaciones que detallamos a continuación y que recoja los datos obtenidos en su libreta de ciencias.

Observación 1. Colocaremos el globo terráqueo en el solsticio de invierno y lo iluminaremos correctamente. A partir de ahí preguntaremos: 1a) Durante el solsticio de invierno, ¿cuál de los dos hemisferios está orientado más directamente al Sol? 1b) En Barcelona, ¿qué dura más, el día o la noche? ¿Y en un punto que esté por encima del ecuador? ¿Y en Buenos Aires?

Observación 2. Colocaremos el globo terráqueo en el solsticio de verano y lo iluminaremos correctamente. A partir de ahí preguntaremos: 1a) Durante el solsticio de verano, ¿cuál de los dos hemisferios está orientado más directamente al Sol? 1b) En Barcelona, ¿qué dura más, el día o la noche? ¿Y en un punto que esté por encima del ecuador? ¿Y en Buenos Aires?

Observación 3. Colocaremos el globo terráqueo en el equinoccio de primavera y lo iluminaremos correctamente. A partir de ahí preguntaremos: 1a) Durante el equinoccio de primavera, ¿cuál de los dos hemisferios está orientado más directamente al Sol? 1b) En Barcelona, ¿qué dura más, el día o la noche? ¿Y en un punto que esté por encima del ecuador? ¿Y en Buenos Aires?

Observación 4. Colocaremos el globo terráqueo en el equinoccio de otoño y lo iluminaremos correctamente. A partir de ahí preguntaremos: 1a) Durante el equinoccio de otoño, ¿cuál de los dos hemisferios está orien-

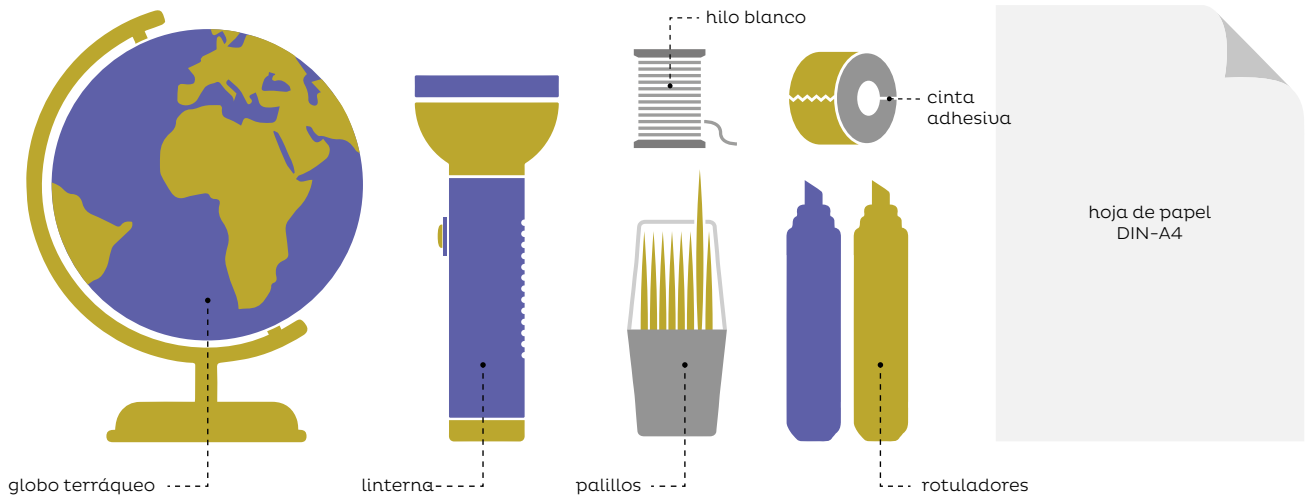
tado más directamente al Sol? 1b) En Barcelona, ¿qué dura más, el día o la noche? ¿Y en un punto que esté por encima del ecuador? ¿Y en Buenos Aires?

Los datos que cada grupo habrá recogido en las observaciones anteriores deberían compartirse con toda la clase con dos finalidades: por una parte, comprobar que los resultados obtenidos son los mismos (y en caso contrario debatir sobre qué ha podido pasar) y, sobre todo, describir los patrones de duración relativa del día y la noche en cada una de las posiciones observadas. Esto permitirá determinar que (a) durante el solsticio de verano el día es mucho más largo que la noche en el hemisferio norte (Cataluña), mientras que en el hemisferio sur (Buenos Aires) la noche dura más que el día; (b) que en el solsticio de invierno el día es más corto que la noche en el hemisferio norte, pero el día dura más que la noche en el hemisferio sur; y (c) que, en el ecuador, día y noche duran lo mismo tanto en un solsticio como en el otro. Otro patrón interesante que remarcar es que, en ambos equinoccios, día y noche duran lo mismo en cualquiera de los puntos en que se han realizado las observaciones (de hecho, esta afirmación es válida para cualquier punto del planeta). También es muy interesante observar qué ocurre en las latitudes comprendidas entre los círculos polares y los polos correspondientes, pero lo dejaremos para la actividad 4.

Todos estos datos pueden ser finalmente contrastados con la experiencia real del alumnado o con datos obtenidos en internet sobre la duración relativa del día y la noche en diferentes localizaciones geográficas y en diferentes épocas del año.

Actividad 3

¿POR QUÉ EN CATALUÑA HACE MÁS FRÍO EN INVIERNO Y MÁS CALOR EN VERANO?



Material para un grupo de cuatro personas

1 globo terráqueo, 1 linterna potente, dibujos y explicaciones de la actividad 1, hilo blanco, cinta adhesiva, palillos, hojas DIN-A4, rotuladores.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 3. La sucesión de estaciones viene provocada, en última instancia, por la inclinación del eje de rotación

y no por la distancia relativa de la Tierra al Sol durante la traslación.

Idea 4. La inclinación del eje de rotación provoca que durante el solsticio de verano del hemisferio norte los rayos de sol incidan muy perpendicularmente en la Tierra y llegue mucho más calor por unidad de superficie. Durante el solsticio de invierno pasa lo contrario: inciden menos perpendicularmente y llega menos calor por unidad de superficie.

Idea 5. La inclinación del eje de rotación provoca que haya cambios anuales en la duración relativa del día y la noche. En el hemisferio norte, durante el solsticio de verano hay más horas de luz solar diarias y durante el solsticio de invierno hay menos horas de luz solar diarias.

Las ideas de los niños y las niñas

Como ya se ha comentado anteriormente, los niños y las niñas suelen atribuir la causa de los cambios de temperatura observados entre invierno y verano a que la Tierra, durante su movimiento de traslación, está más cerca del Sol en algún momento (verano) y más lejos del Sol en algún otro momento (invierno). Esta es la explicación más frecuente entre los niños y las niñas sobre la estacionalidad.

También es posible que algunos niños o niñas apelen a que la Tierra está inclinada, por lo que hay una parte que “mira más” al Sol que otra. En este caso usan igualmente la idea de distancia relativa de la Tierra al Sol, pero sin hacer ninguna referencia al movimiento de traslación. Finalmente, hay algunos niños o niñas que consideran que cuando es verano en la cara de la Tierra que mira al Sol, es invierno en la que no mira al Sol, vinculando, por lo tanto, la estacionalidad con el movimiento de rotación.

Normalmente, los niños y las niñas no disponen de otras hipótesis alternativas, de modo que para acercarlos a una explicación más científica sobre las causas de la estacionalidad habrá que introducirlos en el modelo de traslación y enseñarles a analizar algunos de los efectos que tiene para la iluminación de la superficie terrestre que el eje de rotación de la Tierra esté inclinado (véase la actividad 2).

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Iniciaremos la actividad con la recuperación de las respuestas y los dibujos que los diversos grupos hayan realizado en la actividad 1 y recordaremos los principales tipos de explicaciones que se han puesto de manifiesto. Seguramente, la mayoría de grupos habrán propuesto la mayor distancia de la Tierra al Sol durante el invierno (y la menor distancia Tierra-Sol durante el verano) como la causa que provoca la estacionalidad.

Una vez recuperadas las explicaciones iniciales, la dinámica que se propone para esta actividad se basa en (a) plantear evidencias que permitan afirmar o refutar la explicación basada en la distancia; y (b) utilizar el modelo de traslación introducido en la actividad 2 para explicar la estacionalidad en Cataluña.

¿Es buena la explicación de la estacionalidad basada en la distancia?

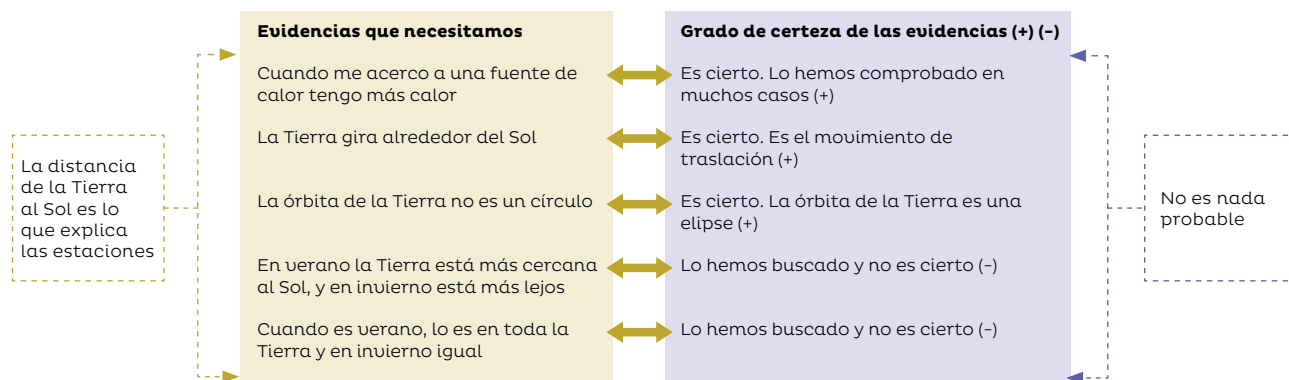
En primer lugar, explicaremos que, cuando los científicos evalúan sus explicaciones, lo hacen a partir de diferentes criterios, y que uno muy importante es que tengan evidencias claras de los supuestos en que se fundamenta la explicación. Por eso, pediremos que nos digan cuáles son las evidencias que necesitarían para que la explicación de la distancia fuera válida, a partir de la pregunta “¿Qué debería ocurrir realmente en el movimiento de la Tierra y el Sol que nos hiciera pensar que la explicación [de la distancia] es la mejor explicación que tenemos?”, o una cuestión similar.

Puede que esta pregunta no sea fácil de comprender para el alumnado debido a la poca costumbre que tienen de reflexionar sobre las afirmaciones que hacen

cuando explican, por lo que seguramente tendremos que insistir formulando la pregunta de distintas formas o bien exponiendo algunos ejemplos que clarifiquen la petición, como “Lo que debería ocurrir es que la trayectoria que la Tierra hace en torno al Sol no fuera un círculo porque, si lo fuese, entonces siempre estaría a la misma distancia y nuestra explicación no sería válida”, o bien “Lo que debería ocurrir es que, siempre que un objeto se acercase a una fuente de calor, se calentara más, porque si eso no ocurriera nuestra explicación no sería válida”, “Lo que debería ocurrir es que la Tierra realmente girara alrededor del Sol”, “Lo que debería ocurrir es que, cuando la Tierra estuviera más cerca del Sol, fuera verano y, cuando estuviera más lejos, fuera invierno”, “Lo que debería ocurrir es que, cuando fuera verano, fuese verano en toda la Tierra y, cuando fuera invierno, fuese invierno en toda la Tierra”. El objetivo de esta labor es que con las aportaciones del alumnado se llegue a construir una lista de evidencias necesarias parecida a la que acabamos de presentar.

Una vez que tengamos la lista de evidencias necesarias, les pediremos que, con los conocimientos científicos que ya tienen o bien buscando información, confirmen o refuten cada una de las evidencias de la lista. Con toda esta información proponemos completar un esquema como el de la figura 15. A la izquierda, apuntamos la explicación que estamos poniendo a prueba; en la primera columna, las evidencias que dan validez a nuestra explicación y que queremos comprobar y, en la segunda columna, el grado de certeza de cada una de las evidencias anteriores a partir del conocimiento ya disponible o la información buscada. En esta segunda columna, el signo (+) indica que tenemos un alto grado de certeza de aquella evidencia y el signo (-) que el grado de certeza es muy bajo o nulo. Finalmente, valoramos el conjunto de resultados de esta segunda columna y emitimos un juicio final sobre si la causa propuesta es nada, poco, bastante o muy probable (véase un ejemplo en la figura 15).

Figura 15. Esquema para exponer y valorar evidencias.



En el caso que hemos puesto de ejemplo, el juicio final es que la causa de la distancia no es nada probable, porque al menos una evidencia clave (que en verano estamos más cerca del Sol que en invierno) hemos comprobado que era falsa.

Con lo que hemos hecho hasta ahora, habremos visto que la distancia relativa de la Tierra al Sol a lo largo del año no explica la existencia de las estaciones. A partir de ahí, en la segunda parte de la actividad, propondremos usar el modelo de traslación, junto con todos los demás conocimientos que se han introducido en la actividad 2, y probar si son útiles para explicar la estacionalidad.

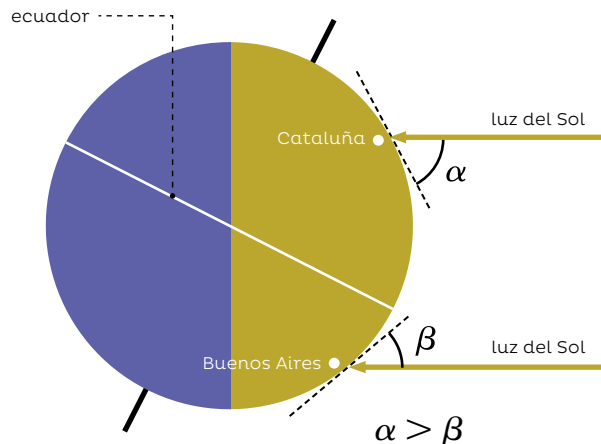
Recordaremos al alumnado que lo que queremos explicar es “¿Por qué en verano hace más calor que en invierno?”. Pediremos que coloquen el globo terráqueo en posición de solsticio de verano y preguntaremos: “De lo que estáis viendo ahora mismo, o de lo que hemos trabajado en la actividad 2, ¿qué os parece que puede ayudarnos a explicar que ahora sea verano en Cataluña?”. Es posible que algunos niños o niñas consideren la posibilidad de que la mayor duración del día con respecto a la noche durante el solsticio de verano (y las semanas anteriores y posteriores) tenga que ver con que “Si hay más horas de Sol, esta parte de la Tierra [p. ej. Cataluña] se calentará más”. En caso de que esta idea no aparezca, podemos introducirla y ponerla en consideración de los niños y las niñas para que juzguen si la consideran plausible y útil para la explicación que queremos construir. En la misma línea argumental, podemos preguntar “¿Que durante el solsticio de verano el día sea más corto que la noche en el hemisferio sur puede ayudar a explicar que cuando en Cataluña es verano, en Buenos Aires sea invierno?”.

Manteniendo el globo terráqueo en la posición de solsticio de verano, haremos que observen que, además

de la duración relativa del día y la noche, parece que el hemisferio norte “mire más” al Sol que el hemisferio sur. Ya hemos dicho que a veces los niños y las niñas interpretan esta diferente orientación de los dos hemisferios con respecto al Sol como una prueba de que uno está más cerca del Sol que el otro; por eso, es importante que les hagamos ver que la distancia real de Cataluña o de Buenos Aires respecto al Sol es prácticamente la misma.

A partir de aquí propondremos representar un haz de rayos de luz que van del Sol (linterna) a la Tierra, usando un palillo de pincho, y sucesivamente simularemos que este haz incide sobre Cataluña y sobre Buenos Aires (figura 16).

Figura 16. Diferencias en el ángulo de incidencia de un haz de luz en los dos hemisferios. Corresponde al verano del hemisferio norte.



Hecha la simulación, preguntaremos: “En el hemisferio norte, ¿el haz de luz incide muy perpendicularmente o con mucha inclinación?” y “¿Ocurre lo mismo en el hemisferio sur?”. Daremos la consigna de que sitúen el globo terráqueo en la posición correcta de solsticio de invierno y preguntaremos: “Y en esta posición, ¿qué ocurre con la incidencia de los haces de luz en cada hemisferio?”, “¿Ocurre lo mismo que durante el solsticio de verano?”. Hechas las observaciones, preguntaremos: “¿Estas observaciones pueden ayudarnos a responder la pregunta que estamos investigando?”.

Si los niños y las niñas tienen dificultades para relacionar los diferentes ángulos de incidencia de los haces de luz, según los hemisferios y los solsticios, podemos proponerles otra observación. Se trata de tomar la linterna y colocarla perpendicularmente a una hoja DIN-A4 que hayamos dejado encima de una mesa. Pedimos

que hagan un círculo en la superficie que haya quedado iluminada. Posteriormente, pedimos que vuelvan a enmarcar la superficie iluminada, pero ahora habiendo previamente inclinado la linterna (figura 17).

Realizada la observación anterior, proponemos al alumnado relacionar lo que ha observado con el grado de calentamiento de la superficie en una y otra circunstancia y preguntamos: “Cuando los rayos inciden perpendicularmente, ¿la superficie se calentará mucho?” e “¿Y cuando inciden de manera más inclinada? ¿Por qué?”. También habrá que relacionar esta observación con lo que ocurre entre la superficie terrestre y los haces de luz que inciden en ella: “¿Veis alguna relación entre esta observación y el calentamiento de la superficie terrestre?”.

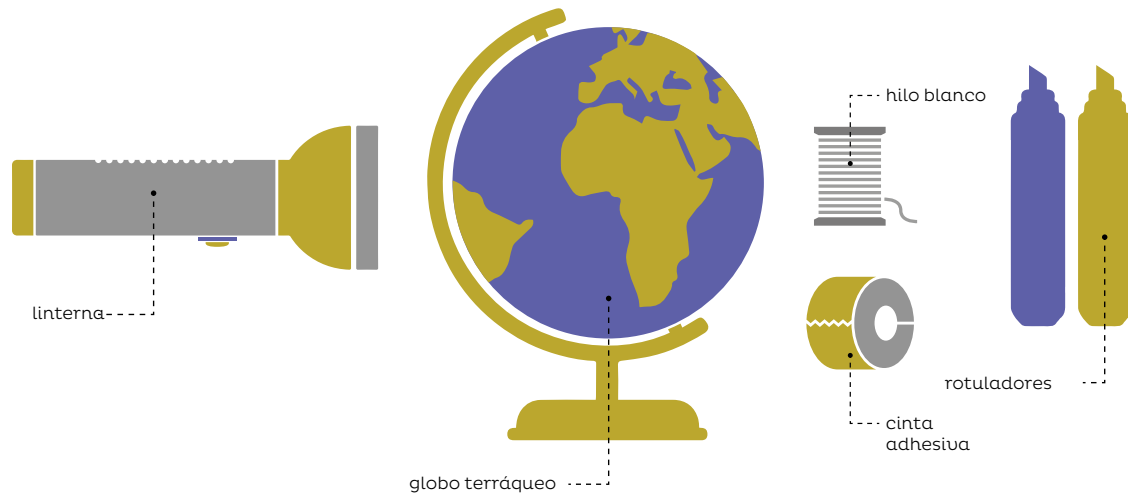
Para terminar la actividad, habría que recopilar toda la información que poco a poco se ha ido introduciendo. Preguntaremos: “Con todo lo que hemos hecho en esta actividad, ¿cómo explicaríais que en Cataluña haga más calor en verano que en invierno?”.

Figura 17. Diferencias en la superficie iluminada según la inclinación de los haces de luz que inciden en ella.



Actividad 4

¿POR QUÉ EN LOS POLOS HAY ÉPOCAS DEL AÑO EN LAS QUE NO VEN LA LUZ?



Material para un grupo de cuatro personas

1 globo terráqueo, 1 linterna potente, hilo blanco, cinta adhesiva, rotuladores.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 2. El eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de la eclíptica y esta inclinación es siempre la misma.

Idea 5. La inclinación del eje de rotación provoca que haya cambios anuales en la duración relativa del día

y la noche. En el hemisferio norte, durante el solsticio de verano hay más horas de luz solar diarias y durante el solsticio de invierno hay menos horas de luz solar diarias.

Las ideas de los niños y las niñas

No existen estudios específicos sobre esta pregunta, pero es fácil pensar que les sea difícil responderla si se formula sin haber hecho las actividades 2 y 3 de este mismo apartado. La dificultad puede radicar en que estamos hablando de zonas geográficas muy alejadas de su experiencia directa y, también, de que lo que se

pide explicar no sea reconocido como tal por los niños y las niñas.

En caso de que esta actividad se realice en el orden propuesto en este capítulo, puede que observemos que los niños y las niñas intenten usar el modelo introducido en la actividad 2 para construir una explicación adecuada.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Damos el material a cada grupo e iniciamos la actividad formulando la pregunta que da título a la actividad, “¿Por qué en los polos hay épocas del año en las que no ven la luz?”, y dejamos que el alumnado elabore sus respuestas después de pensar un poco.

En caso de que las respuestas no sean claras, o estén alejadas de la explicación que se persigue, proponemos que midan la duración relativa del día y la noche en los dos polos usando el método que se ha introducido en la actividad 2. Pedimos que realicen el cálculo para el solsticio de verano y para el solsticio de invierno, y que con los datos recogidos intenten de nuevo dar respuesta a la pregunta inicial.

Para dar más solidez a la respuesta, planteamos el siguiente interrogante: “Si el eje de rotación de la Tierra, en vez de estar inclinado, estuviera perpendicular, ¿también ocurriría lo mismo?”. Una vez que hayan realizado sus predicciones, proponemos que las comprueben. Para ello pediremos que saquen el globo terráqueo de su soporte. Con el globo terráqueo en las manos, pediremos que lo aguanten de manera que el eje de rotación quede perpendicular al plano de la eclíptica (figura 18).

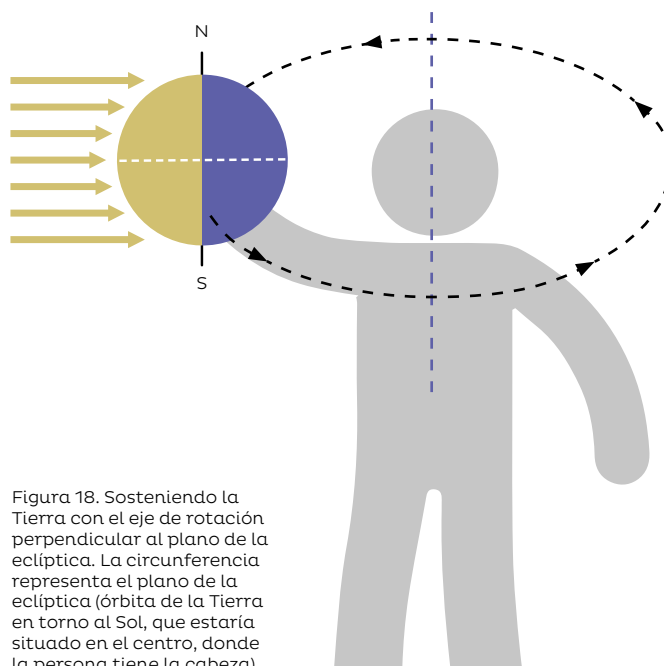


Figura 18. Sosteniendo la Tierra con el eje de rotación perpendicular al plano de la eclíptica. La circunferencia representa el plano de la eclíptica (órbita de la Tierra en torno al Sol, que estaría situado en el centro, donde la persona tiene la cabeza).

Una vez que todos los grupos hayan situado su globo terráqueo y lo hayan iluminado, pediremos que recojan información sobre la duración relativa del día y la noche en un punto situado entre el círculo polar ártico y el polo norte y en otro punto situado entre el círculo polar antártico y el polo sur, tanto durante el solsticio de verano como el solsticio de invierno. Preguntaremos: “¿Qué habéis observado que ocurría en el solsticio de verano?”, “¿Y en el solsticio de invierno?”, “¿Cómo responderíais ahora a la pregunta que decía que, si el eje de rotación de la Tierra, en vez de estar inclinado, estuviera perpendicular también ocurriría lo mismo?”.

Cuando el problema es explicar el aspecto y los movimientos de la Luna

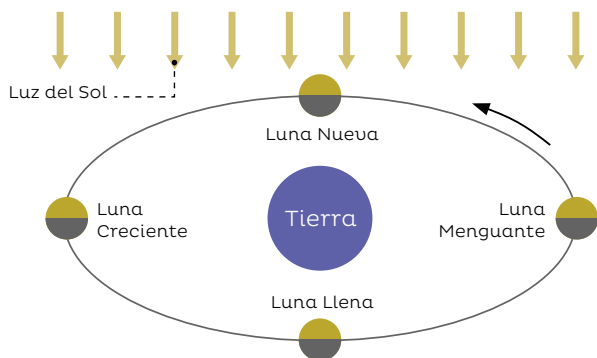
Comprender el sistema Sol-Tierra-Luna

La posición relativa del Sol, la Tierra y la Luna es la que provoca que desde la Tierra veamos la Luna total, parcialmente o nada iluminada.

Para entender por qué vemos las diferentes fases de la Luna, podemos imaginar el Sol y la Tierra fijos en una posición en el espacio, y la Luna girando en torno a la Tierra. Esto es una buena aproximación, ya que el periodo de traslación de la Tierra en torno al Sol es muy largo comparado con el periodo de traslación de la Luna en torno a la Tierra.

Con esta imagen, si situamos la Luna entre la Tierra y el Sol, desde la Tierra veremos solo la cara no iluminada de la Luna, lo que denominamos *Luna Nueva*. Situando la Luna al otro lado de la Tierra, veremos ahora toda la Luna totalmente iluminada, es lo que llamamos *Luna Llena*. Cuando la Luna se sitúa en las posiciones intermedias entre las dos anteriores es cuando observamos las fases creciente y menguante de la Luna.

Figura 19. Las fases de la Luna.



Para entender fácilmente los eclipses hay que entender bien las fases de la Luna, ya que de nuevo es la disposición relativa del Sol, la Tierra y la Luna la responsable de los eclipses de Sol y de Luna.

La Tierra y la Luna siguen órbitas que tienen entre ellas una inclinación de unos 5° . El hecho de que la Tierra, el Sol y la Luna no estén trasladándose sobre el mismo plano hace que no siempre haya eclipses. Si la trayectoria de la Luna en torno a la Tierra no estuviera inclinada respecto a la trayectoria de la Tierra en torno al Sol, habría dos eclipses al mes: cada vez que la Luna pasara entre la Tierra y el Sol (Luna nueva), habría un eclipse de Sol y, cuando la Tierra estuviera entre la Luna y el Sol, siempre habría un eclipse de Luna. Es decir, en la fase de Luna Llena siempre habría un eclipse de Luna y en la fase de Luna Nueva siempre se produciría un eclipse de Sol.

Hay que destacar la excepcionalidad de que, en un eclipse de Sol, la Luna cubre exactamente el diámetro del Sol. Si la Luna tuviera otro tamaño, o su distancia a la Tierra fuera diferente, los diámetros aparentes del Sol y la Luna podrían ser muy diferentes, y quizás la Luna nunca llegaría a tapar completamente el Sol. En este caso, un eclipse de Sol lo veríamos como un pequeño disco negro (la Luna) que va pasando por delante del Sol.

Otro aspecto que destacar es por qué hay más eclipses de Luna que de Sol. Esto tiene que ver con los tamaños de los tres astros implicados:

a) **Eclipses de Luna:** la Tierra es mucho mayor que la Luna y proyecta una sombra de gran diámetro. No es necesario que el Sol, la Tierra y la Luna queden exactamente alineados, la sombra de la Tierra es ancha y fácilmente podrá cubrir la Luna o parte de ella.

b) **Eclipses de Sol:** la Luna tiene un diámetro aparente muy similar al Sol; por lo tanto, para que la Luna tape el Sol es necesario que los tres astros estén rigurosamente alineados. Este hecho es mucho menos frecuente que el primero.

En la última actividad propuesta trabajaremos los cráteres de la Luna. Los cráteres de la Luna son la característica dominante de su geografía. En su mayoría son cráteres de impacto, pero también hay algún cráter volcánico (como el cráter Hyginus). Un cráter de impacto no es más que los restos de impactos de cuerpos sólidos (rocas, asteroides, meteoritos...), cuerpos que orbitan por el sistema solar y que, en un momento dado, han caído sobre la superficie de la Luna. Existen grandes cráteres, creados por la colisión de grandes objetos, pero también hay muchos más que son menores, producidos por objetos más pequeños. A pesar de ser pequeños, generalmente llegan a altas velocidades en la superficie lunar, lo que pone en juego grandes cantidades de energía. Por eso son capaces de crear los cráteres, que no son más que agujeros en la superficie del astro.

Esta actividad se centra en los cráteres de impacto, y en el estudio de tres características observables de la geografía de la Luna: (a) por una parte, hay muchos más cráteres pequeños que grandes; (b) en general, los cráteres mayores tienen superpuestos cráteres más pequeños y no al revés; y (c) vemos en la Luna muchísimos más cráteres que en la Tierra.

Si la Luna está tan cerca de la Tierra, ¿cómo explicamos estas diferencias? ¿Por qué no vemos tantos cráteres en la Tierra? Veámoslo:

(a) Los asteroides son fragmentos de materiales que orbitan por el espacio, que eventualmente colisionan

entre ellos y que, fruto de estos choques, se rompen en fragmentos más pequeños. Por la fragmentación de las rocas en las colisiones, tendremos una mayor abundancia de rocas pequeñas y, al haber más rocas pequeñas moviéndose por el sistema solar, es lógico que la Luna haya recibido más impactos de objetos pequeños que de objetos grandes.

(b) Hace unos 4.000 millones de años, cuando la Tierra y la Luna se acababan de formar, hubo un periodo de tiempo (el “gran bombardeo tardío”) en el que los planetas más interiores del sistema solar sufrieron una cantidad muy elevada de impactos de grandes asteroides, restos de la formación del sistema solar. Por este motivo, los grandes cráteres que se formaron son, en general, los más antiguos. Como los impactos posteriores han sido comúnmente menores, se encuentran muchos cráteres menores superpuestos a los de mayor diámetro.

(c) La Tierra tiene una atmósfera que la rodea. Cuando un objeto entra en la atmósfera a una velocidad muy alta (por ejemplo, 70 km/s), el roce con la atmósfera hace que se caliente mucho y se desintegre en parte (si es grande) o totalmente si es lo bastante pequeño (es el caso de las estrellas fugaces). Solo este hecho ya protege la superficie terrestre de multitud de impactos meteoríticos. De entre los objetos que llegan a impactar en la superficie, los procesos climáticos, la erosión y la vegetación contribuyen a la progresiva desaparición del cráter que han formado. Aunque los procesos activos en la superficie terrestre destruyen rápidamente los cráteres, hay catalogados unos 190, con tamaños que van desde unos pocos metros hasta kilómetros. Uno de los más conocidos es el Meteor Crater, situado en Arizona, de 1,2 km de diámetro. Todos estos elementos erosivos son inexistentes en la Luna, que no tiene atmósfera que la proteja de los impactos, ni procesos

activos que borren los cráteres; por este motivo, todo objeto que caiga en la Luna llegará a su superficie y su marca (cráter) perdurará.

Un último, y destacable, hecho sobre la Luna es que el periodo de rotación de la Luna sobre su eje es el mismo que su periodo de traslación en torno a la Tierra. Estos dos giros combinados tienen el efecto que desde la Tierra siempre estamos viendo el mismo lado de la Luna.

Las ideas de las niñas y los niños en relación con el modelo Tierra-Sol-Luna

La investigación en didáctica de las ciencias ha puesto de manifiesto que para los niños y las niñas la comprensión de las fases de la Luna no es nada fácil (Kavanagh, Agan y Sneider, 2009). La mayoría de los estudios coinciden en mostrar que un gran número de escolares confunden las fases de la Luna y los eclipses, por lo que muchos piensan que las fases de la Luna están causadas por la proyección de la sombra de la Tierra sobre la superficie lunar. Este es seguramente el resultado más concluyente de la investigación.

Además de la confusión en la explicación causal de las fases de la Luna, la investigación también ha mostrado que el alumnado de primaria (pero no solo este) no dispone de un buen conocimiento descriptivo de cómo vemos la Luna desde la Tierra en las diferentes fases (excepto la Luna Llena) y, sobre todo, de cómo se produce la secuencia de fases (en qué orden, con qué periodicidad, etc.).

Las investigaciones centradas en evaluar el éxito de propuestas sobre la enseñanza de las fases de la Luna indican de que la comprensión mejora mucho usando modelos de enseñanza que ofrezcan oportunidades para explicitar, evaluar y reflexionar sobre sus propias

ideas. También se ha subrayado la importancia de implicarlos en la observación directa del cielo nocturno e introducirlos en el uso de modelos tridimensionales sobre los movimientos y posiciones relativas del sistema Sol-Tierra-Luna. Algunos estudios también recomiendan introducir el estudio de las fases de la Luna una vez que el alumnado haya trabajado a fondo la modelización de los movimientos Tierra-Sol y se haya habituado a combinar las observaciones de los fenómenos como si estuvieran en la Tierra y como si fueran observadores externos al sistema, observándolo desde el espacio.

Ideas que hay que trabajar sobre el sistema Sol-Tierra-Luna

Desde nuestro punto de vista, las ideas más importantes para trabajar a través del sistema Sol-Tierra-Luna son las siguientes:

Idea 1. La falta de atmósfera en la Luna posibilita que los cuerpos rocosos lleguen fácilmente a la superficie y formen cráteres que, debido a la ausencia de procesos erosivos, no cambian a lo largo del tiempo.

Idea 2. Desde la Tierra siempre vemos la misma cara de la Luna, porque el tiempo que la Luna tarda en girar en torno a la Tierra es el mismo tiempo que tarda en dar una vuelta sobre sí misma.

Idea 3. Las fases de la Luna están determinadas por la posición de la Luna en relación con la Tierra y el Sol.

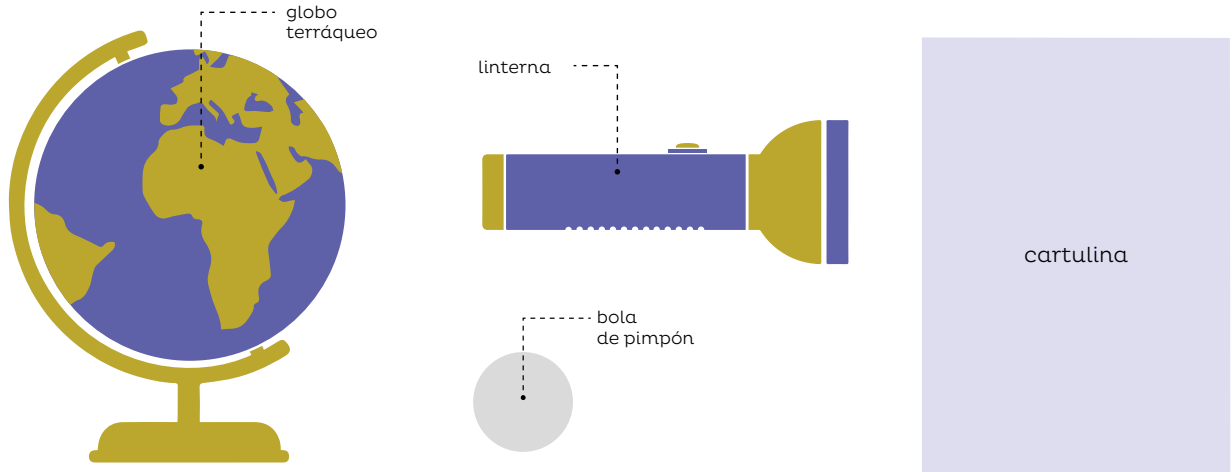
Idea 4. Los eclipses solares se producen debido a que la Luna pasa entre el Sol y la Tierra.

Idea 5. Los eclipses de Luna se producen porque la Tierra pasa entre la Luna y el Sol.

	Actividad 1. Exploración de ideas sobre la forma de la Luna	Actividad 2. Las fases de la Luna	Actividad 3. Investigamos los eclipses	Actividad 4. Los cráteres de la Luna
Idea 1. La falta de atmósfera en la Luna posibilita que los cuerpos rocosos lleguen fácilmente a su superficie y formen cráteres que, debido a la ausencia de procesos erosivos, no cambian a lo largo del tiempo.				
Idea 2. Desde la Tierra siempre vemos la misma cara de la Luna, porque el tiempo que la Luna tarda en girar en torno a la Tierra es el mismo tiempo que tarda en dar una vuelta sobre sí misma.				
Idea 3. Las fases de la Luna están determinadas por la posición de la Luna en relación con la Tierra y el Sol.				
Idea 4. Los eclipses solares se producen debido a que la Luna pasa entre el Sol y la Tierra.				
Idea 5. Los eclipses de Luna se producen porque la Tierra pasa entre la Luna y el Sol.				

Actividad 1

EXPLORACIÓN DE IDEAS SOBRE LA FORMA DE LA LUNA



Material para un grupo de cuatro personas

Correo electrónico de un niño de Australia, globo terráqueo, bola de pimpón, cartulina, linterna.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 3. Las fases de la Luna están determinadas según la posición de la Luna en relación con la Tierra y el Sol.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

1. Presentación de la investigación sobre cómo cambia el aspecto de la Luna

Presentaremos una pregunta para cuya respuesta sea necesaria la representación del sistema Sol-Tierra-

Luna. Explicaremos una situación en la que un niño australiano nos ha enviado un correo electrónico para que lo ayudemos a hacer unos deberes en los que debe investigar si en todo el mundo se ve la misma fase de la Luna a la vez.

.....
Hello,

My name is Andrew. I am 10 years old and I live in Australia. Can you help me in my homework? We are studying the moon phases at school and my teacher asked us to inquiry whether or not the moon phase is the same all over the world. So, I decided to send some mails to schools from different countries.

Right now we have a full moon in Australia. Can you

tell me which moon phase do you have in Barcelona?

Thank you very much to help me in my homework.

Best wishes.

Andrew

Hola!

Me llamo Andrew. Tengo 10 años y vivo en Australia. ¿Podéis ayudarme con los deberes? Estamos estudiando las fases de la Luna en la escuela y mi maestro nos ha pedido que investiguemos si en todo el mundo se ve la misma fase de la Luna. Por lo tanto, he decidido enviar correos electrónicos a las escuelas de diferentes países.

Ahora mismo, tenemos Luna Llena en Australia. ¿Podéis decirme qué Luna tenéis en Barcelona esta noche?

Muchas gracias por ayudarme con los deberes.

Un saludo.

Andrew

Puesto que las fases de la Luna son las mismas en cualquier punto del planeta, tendremos que adaptar el correo de tal modo que la fase que dice Andrew que tiene en Australia coincida con la que habrá en Barcelona a la noche siguiente de realizar esta actividad con los niños y las niñas. Hay que tener en cuenta que en Australia

la Luna la verán al revés de como la vemos nosotros (es decir, "boca abajo").

2. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el funcionamiento del sistema Sol-Tierra-Luna

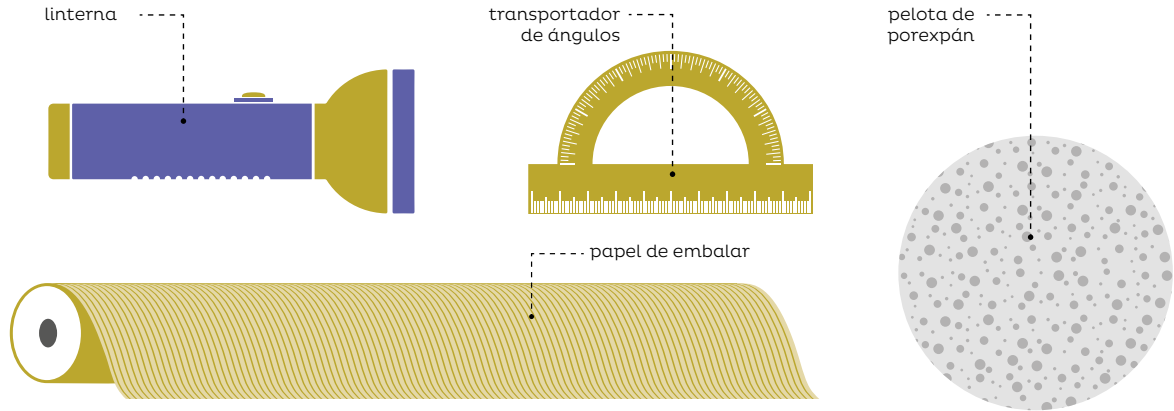
Explicaremos a los niños y las niñas que al día siguiente se dará una respuesta a Andrew. Aunque en estos momentos en Australia sea de noche y Andrew pueda ver la Luna, en Cataluña todavía faltan horas para que oscurezca. Por lo tanto, hasta que no sea de noche no le podremos dar una respuesta definitiva. Proponemos, no obstante, intentar actuar como científicos y predecir si la fase de la Luna que tendremos esta noche en Cataluña será la misma que ha visto Andrew en Australia. Aunque existan calendarios lunares fácilmente consultables, intentamos que sean ellos quienes hagan la predicción a partir de sus razonamientos.

Podemos recordar las cuatro fases principales de la Luna. Dejaremos que piensen y daremos algún material de apoyo a cada grupo, como un globo terráqueo, una linterna y una pelota de pimpón que represente la Luna. Pediremos que apunten la predicción y la explicación de la predicción que han hecho en una cartulina. Dejaremos unos momentos para que cada grupo comunique su predicción y su explicación al resto de la clase.

Finalmente, preguntaremos a los niños y las niñas que esa noche observen la Luna y dibujen o hagan una fotografía de qué fase tiene. Pediremos que lleven los dibujos para el día siguiente con el fin de comprobar si su predicción ha sido correcta o no.

Actividad 2

LAS FASES DE LA LUNA



Material para un grupo de cuatro personas

Foco de luz blanca, bola de porexpán o pelota blanca, un transportador de ángulos, papel de embalar.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 2. Desde la Tierra siempre vemos la misma cara de la Luna, porque el tiempo que la Luna tarda en girar en torno a la Tierra es el mismo tiempo que tarda en dar una vuelta sobre sí misma.

Idea 3. Las fases de la Luna están determinadas por la posición de la Luna en relación con la Tierra y el Sol.

Las ideas de los niños y las niñas

Una de las ideas frecuentes de los niños y las niñas es que la Luna se ve de noche, no de día. Con respecto a

la razón por la que la Luna se nos presenta en las diferentes fases, habitualmente no hay ninguna explicación clara más allá de alguna vaga relación con la luz del Sol.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

La actividad propone observar los cambios en las fases de la Luna y construir una maqueta que permita reproducirlas y comprenderlas mejor.

1. Observamos la Luna diariamente a lo largo del mes

Explicamos a los niños y las niñas que observaremos la Luna todos los días a lo largo de un mes entero. Cada día dibujaremos en un papel el aspecto de la Luna, anotando si la vemos por la tarde, mañana o noche. A veces, la observación deberá hacerse fuera del horario

escolar y tendrá que pedirse a los alumnos que realicen las observaciones desde su casa.

Podemos proponerles elaborar un calendario donde poner todos los días el dibujo que hayan hecho de la Luna.

Conviene constatar que pasados unos 29 días la Luna vuelve a estar en la misma fase que el primer día de observaciones.

2. Preparamos la maqueta

Proponemos aquí dos variantes para la maqueta.

En la primera, el alumnado asume el papel de Tierra. La maqueta puede ser un montaje similar al de la figura 20: una bola que representará la Luna y que hacemos girar a nuestro alrededor (nosotros seremos la Tierra). Si situamos un papel graduado a nuestros pies, podremos apuntar la manera como vemos la Luna por cada ángulo girado. Este círculo graduado lo podemos hacer con un papel de embalar sobre el que nos colocaremos y donde, con la ayuda de un transportador de ángulos, habremos marcado algunos ángulos destacados (0° , 45° , 90° , 135° , etcétera). Desde un punto fijo nos llegará luz del Sol, que será un foco de luz situado a cierta distancia.

Para no dar sombra con nuestro cuerpo a la Luna conviene sujetar la Luna un poco por encima de nosotros.

La segunda variante consiste en fijar la Tierra en un soporte externo a nosotros (figura 21). Puesto que no queremos recrear los eclipses, en vez de una bola es mejor dibujarla sobre la base (si utilizamos una bola, en algunos momentos Tierra y Luna se darán sombra). Situar-

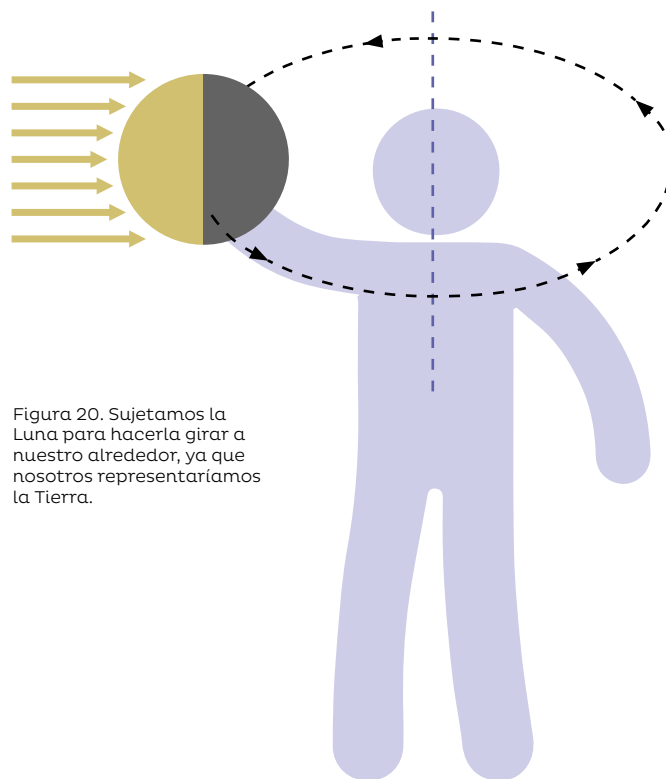


Figura 20. Sujetamos la Luna para hacerla girar a nuestro alrededor, ya que nosotros representaríamos la Tierra.

mos la Tierra en el centro y una bola que representará la Luna, que podremos ir situando en diferentes posiciones sobre un círculo centrado en la Tierra, tal como se indica en el dibujo. En este caso, para observar las fases de la Luna el alumnado hará el pequeño esfuerzo de situarse en el punto de vista de la Tierra, imaginando cómo se ve.

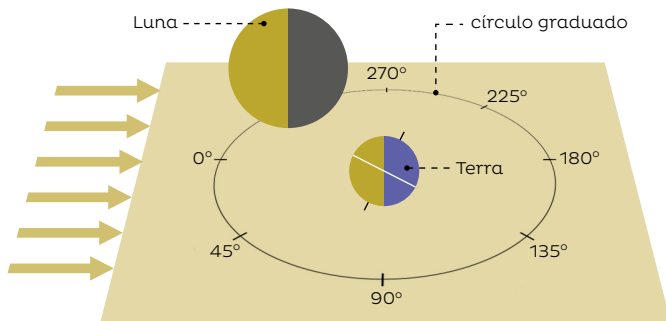


Figura 21. Maqueta para representar las fases de la Luna.

3. Observamos e interpretamos las fases de la Luna con la maqueta.

Con la primera maqueta el alumnado observa las fases sobre la bola directamente, asumiendo el papel de observador en la Tierra. Esto puede ser muy interesante, ya que ve en todo momento la fase y las situaciones relativas de la Tierra respecto al Sol y a la Luna.

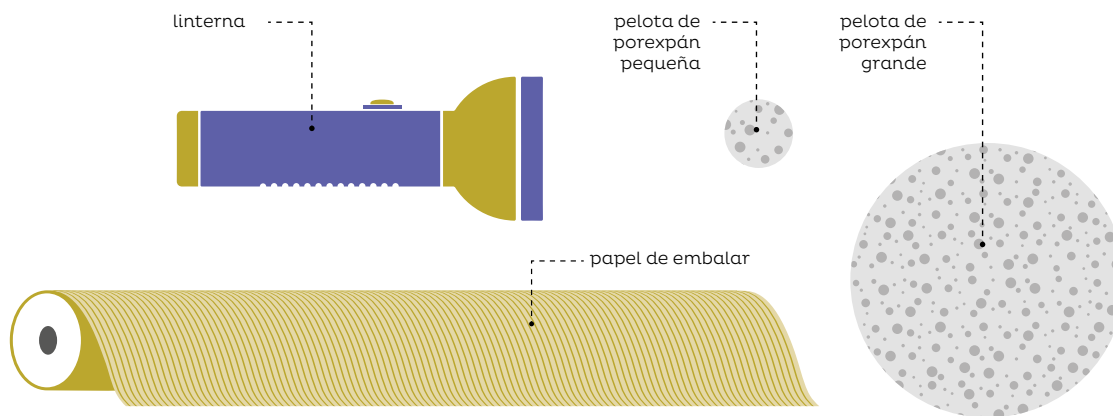
La segunda opción tiene el aspecto positivo de ver claramente desde fuera cómo están situados los tres astros. Quizás el uso de las dos representaciones conjuntamente puede ser una buena opción.

Es importante relacionar en todo momento las observaciones visuales de la Luna con las observaciones realizadas con la maqueta. Una tarea sería ir situando sobre la maqueta cada una de las fases dibujadas o fotografiadas por el alumnado, o al revés: proponer una posición en la maqueta y preguntar a cuál de las fotografías o dibujos hechos podría corresponder.

Una vez que se ha trabajado de esta manera, con modelos físicos, pueden utilizarse simuladores en el ordenador, ya que ahora los alumnos serán capaces de comprenderlos mejor y pueden ayudarlos a consolidar los conocimientos adquiridos.

Actividad 3

INVESTIGAMOS LOS ECLIPSES



Material para un grupo de cuatro personas

Foco de luz blanca, dos bolas, una más grande que actúa como Tierra y otra que representa la Luna (si se quiere que sean proporcionales, la bola de la Luna debe tener un cuarto del diámetro de la bola que representa la Tierra), papel de embalar.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 3. Las fases de la Luna están determinadas por la posición de la Luna en relación con la Tierra y el Sol.

Idea 4. Los eclipses solares se producen debido a que la Luna pasa entre el Sol y la Tierra.

Idea 5. Los eclipses de Luna se producen porque la Tierra pasa entre la Luna y el Sol.

Las ideas de los niños y las niñas

Se observa que hay una vaga idea de que, efectivamente, la sombra de la Tierra o de la Luna origina los eclipses, pero no suele acompañarse de la comprensión total del fenómeno. Es posible que la falta de comprensión de cómo se producen las fases de la Luna no ayude a comprender los eclipses. Relacionado con este hecho, se constata que no tienen la necesidad de asociar los eclipses a las fases de la Luna: solo puede tener lugar un eclipse de Luna cuando hay Luna Llena y un eclipse de Sol cuando hay Luna Nueva.

No hay explicación al hecho (a menudo desconocido) de que haya más eclipses de Luna que de Sol.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

La comprensión de los eclipses va muy vinculada a la comprensión de las fases de la Luna. Es conveniente, pues, trabajarlas antes que los eclipses.

La propia maqueta empleada para modelizar los eclipses puede utilizarse ahora.

Sobre la superficie de la maqueta situamos una bola central que será la Tierra. La bola que representará la Luna será más pequeña, si queremos mantener las proporciones reales, aproximadamente una cuarta parte del diámetro de la Tierra.

Este modelo es limitado como representación de los eclipses reales, ya que, con él, cada mes habría dos eclipses: de Luna con Luna Llena y de Sol con Luna Nueva. Como se ha explicado en el apartado anterior, podremos proporcionar una imagen más fiel si inclinamos unos 5° el plano de traslación de la Luna (en nuestro caso, la base de la maqueta), ya que de esta forma se hace visible que la alineación necesaria para provocar los eclipses no se produce cada mes.

1. Eclipse de Sol

Vamos situando la Luna en varias posiciones del círculo que representa la trayectoria de la Luna en torno a la Tierra. Si acercamos el ojo a la bola de la Tierra, la única posición en la que podremos ver que se oculta la luz del Sol es cuando la Luna pasa por delante, que corresponde justamente a la fase de Luna Nueva.

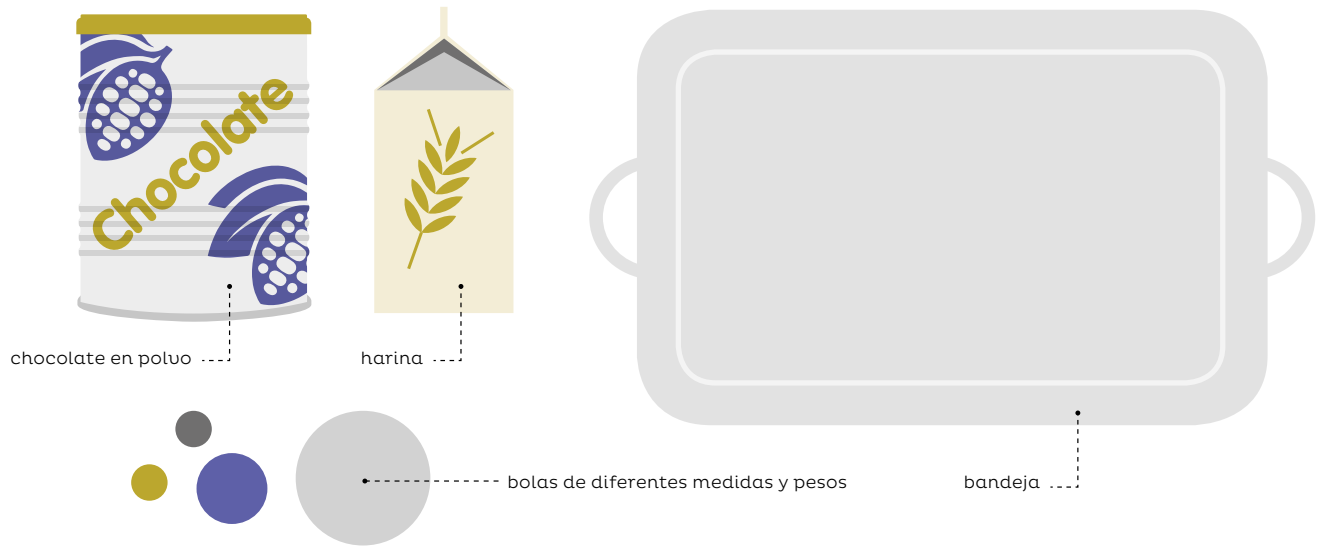
2. Eclipse de Luna

Sobre la maqueta podremos comprobar que solo cuando situamos la Luna en el lado opuesto al Sol podremos conseguir que la Tierra dé sombra a la Luna. Esto es lo que sería un eclipse de Luna y, como puede verse, solo puede producirse en la fase de Luna Llena.

Como se ha hecho en el estudio de las fases de la Luna, puede hacerse toda la explicación anterior pidiendo que el alumnado sujete y mueva las bolas que representan los astros. Los mismos razonamientos de antes son válidos con este modelo.

Actividad 4

LOS CRÁTERES DE LA LUNA



Material para un grupo de cuatro personas

Bandeja, harina, chocolate en polvo, bolas o piedras de diferentes tamaños y pesos.

Las ideas clave trabajadas con esta actividad

Idea 1. La falta de atmósfera en la Luna posibilita que los cuerpos rocosos lleguen fácilmente a su superficie y formen cráteres que, debido a la ausencia de procesos erosivos, no cambian a lo largo del tiempo.

Las ideas de los niños y las niñas

Por lo general, los alumnos y alumnas sobreentienden que los cráteres de la Luna han sido causados por meteoritos. Sin embargo, no hay explicación de por qué en la Luna vemos tantos y aquí en la Tierra, no. Implicita-

mente se da por válida la idea de que los meteoritos corren por el espacio exterior y, por lo tanto, caen en la Luna, pero no en la Tierra.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

La actividad tiene como objetivo reproducir la superficie lunar y entender cómo se ha formado el paisaje lunar repleto de cráteres.

1. Cómo preparar la bandeja donde crearemos los cráteres

La bandeja donde haremos los cráteres consta de una capa inferior de harina y, por encima, de una capa de chocolate en polvo. El principio es el siguiente: cuando un objeto impacte sobre la bandeja, se hundirá, crean-

do un cráter y expulsando material de las capas inferiores hacia la superficie, material que se verá sobre la capa de chocolate debido al color blanco de la harina. Al retirar cuidadosamente el objeto lanzado tendremos un cráter y las marcas del material eyectado. Conveniría que, antes de hacerlo con el alumnado, se pruebe con qué grosores de harina y chocolate se ven mejor los detalles. Puede empezarse con una capa de más o menos un dedo de grosor de harina y, por encima, una capa más fina de chocolate que recubra uniformemente toda la harina, e ir probando diferentes grosores hasta encontrar el montaje más adecuado al tamaño de los materiales que se tirarán sobre la superficie.

Hay que tener en cuenta que, después de algunos impactos, la harina y el chocolate se van mezclando, y no podrá reaprovecharse la misma harina para hacer otra prueba, de modo que, cuando se obtenga un buen paisaje de cráteres, será conveniente tomarle una fotografía.

2. Los cráteres en la bandeja

Cuando se tire una bola sobre la bandeja, esta se hundirá y expulsará harina hacia fuera, lo que provoca un hundimiento en el terreno y una elevación a su alrededor. El color tan diferenciado de la harina y el chocolate permite visualizar el flujo de la materia eyectada desde el punto del impacto, en forma de rastros blancos de harina sobre el chocolate. Este aspecto es el mismo que se observa en los cráteres de la Luna.

3. ¿Qué podemos observar en los cráteres creados en la bandeja?

En primer lugar, les haremos observar que todos los cráteres tienen una estructura similar: una depresión

central, unas paredes donde se amontona el material expulsado del centro y unos haces radiales de material expulsado que pueden llegar lejos del centro del cráter.

Podemos estudiar el efecto de varias variables:

(a) El peso del objeto que impacta. Observaremos que cuanto mayor es el peso, mayor será el cráter.

(b) El tamaño del objeto que impacta. Como antes, cuanto mayor tamaño, mayor será el cráter creado.

(c) La velocidad del objeto que impacta. Si un mismo objeto lo lanzamos sobre la bandeja a velocidades cada vez mayores, veremos que los cráteres y la cantidad de materia expulsada del centro también crecen.

(d) El ángulo con el que impacta el objeto. Si dejamos caer el objeto verticalmente, veremos que los rastros blancos de materia expulsada del centro tienen simetría circular, siendo más o menos iguales en todas direcciones. Si hacemos el lanzamiento sobre la bandeja con cierto ángulo, veremos cómo el material es eyectado preferentemente en la dirección en la que ha incidido el objeto

En todos los casos, para constatarlo, podemos medir la profundidad y el diámetro de los cráteres y la longitud de los rastros de material eyectado.

Puede ser útil tomar imágenes y sobre ellas marcar las longitudes, los diámetros, etcétera.

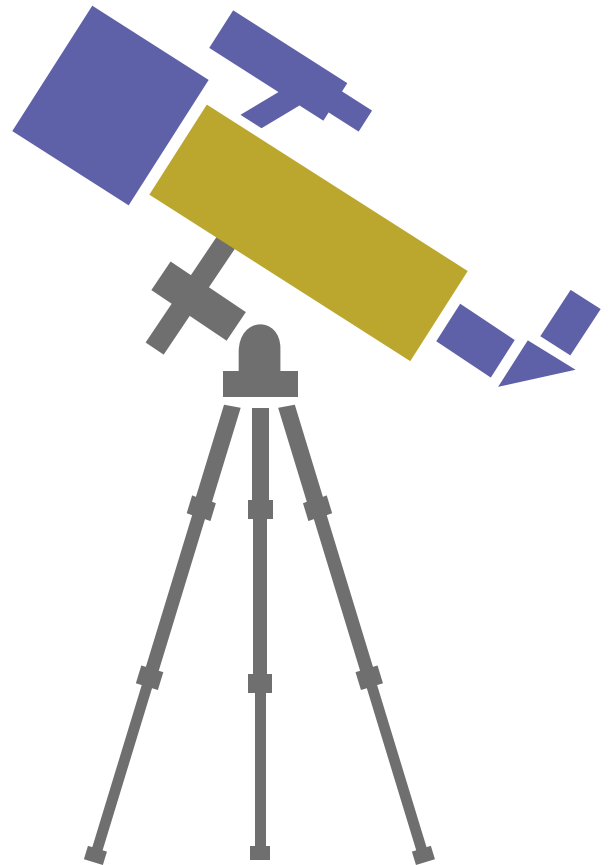
En un segundo paso, podemos buscar imágenes de cráteres de la Luna donde se vean algunos de los aspectos analizados: diferentes diámetros o profundidades, asimetría en los haces de materia eyectados..., que nos

darán una idea cualitativa de cómo fue el impacto que formó ese cráter.

Cuando consigamos crear un cráter grande sobre la bandeja, podemos lanzar algunos objetos pequeños y observar la superposición antes mencionada de cráteres pequeños y grandes.

4. ¿Cómo podemos crear un paisaje lunar con cráteres distribuidos aleatoriamente?

Un modo para crear un paisaje similar al de la Luna es sacar la bandeja al exterior un día de lluvia fina o poco intensa. Podemos sustituir la lluvia por gotas de agua pulverizadas sobre la bandeja. Sobre la bandeja incidirán gotas de diferentes tamaños que formarán cráteres distribuidos aleatoriamente por toda la superficie. Si conseguimos tener en la bandeja cráteres de tamaños variados, observaremos que los hay grandes y pequeños, y una tarea interesante es realizar el recuento del número de cráteres de un cierto tamaño: veremos que siempre contamos menos de tamaño grande, tal como observamos en la Luna.



Referencias bibliográficas

- Amat, A.; Martí, J.; Darné, I. (2018). *Investiguem com funciona el cos humà*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.
- Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. (2017). *Investiguem la matèria*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Institut Municipal d'Educació de Barcelona.
- Alemaný, C.; Ros, R. M. (2011). *Tierra paralela*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, EU-UNAWA. Barcelona.
- Driver, R. [et al.] (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria: investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid: Visor.
- Kavanagh, C.; Agan, L.; Sneider, C. (2009). "Learning about Phases of the Moon and Eclipses: A Guide for Teachers and Curriculum Developers". *Astronomy Education Review*, 4(1), p. 19-52. [Http://doi.org/10.3847/aer2005002](http://doi.org/10.3847/aer2005002)
- Kenyon, L.; Schwarz, C.; Hug, B. (2008). "The benefits of scientific modeling". *Science and children*, p 40-45.
- Martí, J. (2012). *Aprender ciencias a l'educació primària*. Barcelona: Editorial Graó.
- Nussbaum, J. (1979). "Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross age study". *Science Education*, 63, p. 83-93.
- Plummer, J. D. (2009). "A cross-age study of children's knowledge of apparent celestial motion". *International Journal of Science Education*, 31(12), p. 1571-1605. <http://doi.org/10.1080/09500690802126635>
- Sherin, B. L.; Krakowski, M.; Lee, V. R. (2012). "Some assembly required: How scientific explanations are constructed during clinical interviews". *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), p. 166-198. <http://doi.org/10.1002/tea.20455>
- Sneider, C.; Bar, V.; Kavanagh, C. (2011). "Learning about seasons: a guide for teachers and curriculum developers". *Astronomy Education Review*. [disponible a través de Google Scholar]
- Vosniadou, S. (1994). "Capturing and modeling the process of conceptual change". *Learning and Instruction*, 4 (1), p. 45-69.
- Vosniadou, S.; Brewer, W. F. (1992). "Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood". *Cognitive Psychology*, 24, p. 535-585. Recuperat de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001002859290018W>
- Vosniadou, S.; Brewer, W. F. (1994). "Mental models of the day/night cycle". *Cognitive Science*, 18, p. 123-183.

Índice

- 3 Presentación
- 4 Introducción
- 5 Investigar para comprender cómo funcionan los fenómenos astronómicos
- 9 **Cuando el problema es explicar cómo se mueve el Sol a lo largo de un día**
- 16 Actividad 1. ¿A dónde va el Sol cuando se pone? Exploramos las ideas que tienen los niños y las niñas sobre cómo se mueve el Sol en el cielo
- 18 Actividad 2. Cómo cambian la forma y la orientación de las sombras a lo largo del día
- 21 Actividad 3. Construimos el modelo de Tierra esférica y el movimiento de rotación
- 25 Actividad 4. Los colores del cielo. Cómo cambia el color del cielo a lo largo del día
- 28 **Cuando el problema es explicar por qué hay estaciones**
- 33 Actividad 1. Exploración de ideas
- 35 Actividad 2. Construimos el modelo Tierra-Sol
- 40 Actividad 3. ¿Por qué en Cataluña hace más frío en invierno y más calor en verano?
- 45 Actividad 4. ¿Por qué en los polos hay épocas del año en las que no ven la luz?
- 47 **Cuando el problema es explicar el aspecto y los movimientos de la Luna**
- 51 Actividad 1. Exploración de ideas sobre la forma de la Luna
- 53 Actividad 2. Las fases de la Luna
- 56 Actividad 3. Investigamos los eclipses
- 58 Actividad 4. Los cráteres de la Luna
- 61 Referencias bibliográficas

Créditos

Edita:

Ayuntamiento de Barcelona. Instituto Municipal de Educación de Barcelona
Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación (FCRI)
Fundación Bancaria "la Caixa"

Texto:

Victor Grau, Arnau Amat y Jordi Martí, miembros del grupo de investigación CODI (Conèixement i Didàctica) de la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

Coordinación:

Dirección de Promoción Educativa del Instituto Municipal de Educación de Barcelona

Colaboración:

Jordi Aloy, Área de Cultura y Divulgación Científica de la Fundación Bancaria "la Caixa"
Equipo educativo del Planetario Municipal de Barcelona

Agradecimientos:

A todos los docentes que han participado en el curso Los fenómenos astronómicos y a su alumnado. Sus preguntas, sus proyectos y sus comunicaciones nos han ayudado a escribir este libro.

Diseño gráfico, maquetación e ilustraciones:

Jordi Salvany

Barcelona, julio de 2019

© de la edición: Ayuntamiento de Barcelona

© de los textos y las imágenes: los autores nombrados

Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación (FCRI)

Paseo Lluís Companys, 23. 08010 Barcelona

Tel. 932687700

info@fundaciorecerca.cat

fundaciorecerca.cat

Instituto Municipal de Educación de Barcelona

Plaza de España, 5. 08014 Barcelona

Tel. 934023663

imebatencio@bcn.cat

barcelona.cat/educacio

Esta publicación se puede consultar en:

www.barcelona.cat/educacio

www.fundaciorecerca.cat

www.educaixa.com

