

***Eppur si muove*: una secuencia contextualizada de indagación y comunicación científica sobre el sistema astronómico Sol-Tierra**

Jordi Domènech Casal

Grupo LIEC, Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Universitat Autònoma de Barcelona, España. jdomen44@xtec.cat

[Recibido en junio de 2014, aceptado en diciembre de 2014]

Se describe el desarrollo de una actividad de indagación sobre el sistema astronómico Sol-Tierra articulada alrededor de varios referentes contextuales (objetos, términos de vocabulario, espacios) que el alumno debe manipular e interpretar. Como parte de la actividad, se usan andamios didácticos de distintos tipos (lingüísticos, de análisis, estructuradores) para enseñar al alumnado a investigar y comunicar científicamente. La experiencia promueve la contextualización de los modelos científicos de rotación y traslación de la Tierra, y su conexión con sus fenómenos observables asociados.

Palabras clave: contexto; vídeo; astronomía; indagación; reloj de sol.

Eppur si muove: a contextualized sequence of inquiry and scientific communication on the Sun-Earth astronomic system.

An inquiry sequence on the Sun-Earth astronomic system is described. The sequence starts from several contextual references (objects, words, spaces) that are manipulated and interpreted by the students. Through the didactic sequence, students learn to research and communicate science using several scaffolding strategies (language, analysis, structure), and relate the scientific models of rotation and traslation with observable phenomena in a real context.

Keywords: context; video; astronomy; inquiry; sundial.

Introducción

A pesar de la proyección de futuro que tiene el estudio de la astronomía, ésta se encuentra poco representada en el currículum de educación secundaria obligatoria (ESO)¹, y su enseñanza suele presentar un enfoque excesivamente descriptivo y teórico sobre los movimientos de los planetas, lo que provoca que el alumnado tenga dificultades en transferir los modelos científicos del Sistema Solar al análisis de hechos cercanos y observables (Navarro, 2011, Cardenete, 2010). En el caso concreto del sistema Sol-Tierra, los esfuerzos del profesorado por conectar con la realidad observable suelen referirse a contextos o fenómenos insólitos o poco cercanos al alumnado (eclipses, mareas,...) y suele producirse de modo ilustrativo², sin implicar un conflicto cognitivo. Otros autores describen que en la enseñanza de las ciencias este tipo de aproximaciones disociadas del contexto del alumnado, además de provocar desmotivación, no redundan en una mejor comprensión científica del mundo que les rodea (Pozo y Gómez, 2010, Sanmartí *et al*, 2011) y promueven el mantenimiento de

¹ En el currículum de ESO, la astronomía está presente sólo en 1º de ESO.
[http://www.xtec.cat/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/8b44caf1-0290-44b6-86ee-b2beeb9f3abf/ciencias_naturalesa_eso.pdf]

² Aunque no es objeto de esta experiencia, cabe añadir que además las ilustraciones de los libros de texto suelen promover concepciones erróneas en lo que refiere a la distancia entre planetas, al representar los distintos planetas y sus distancias en distintas escalas.

concepciones erróneas, en este caso sobre el comportamiento del sistema Sol-Tierra (Cardenete, 2010, Camino, 1995).

En cambio, el trabajo a partir de conflictos cognitivos en contexto, en el que el alumnado participa en la elaboración de modelos científicos o la interpretación de datos mediante el método científico constituye una vía idónea para promover un aprendizaje significativo (Hodson, 1994, Caamaño, 2012, Orts, 2012), que sea realmente transferible a nuevas situaciones o contextos. En este sentido, la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), propone la creación de secuencias didácticas estandarizadas (Bogner, Boudalis y Sotiriou, 2012) que atiendan a los distintos procesos científicos:

- 1) Formular preguntas investigables.
- 2) Dar prioridad a la observación.
- 3) Analizar la observación.
- 4) Formular una explicación basada en las observaciones.
- 5) Conectar la explicación con los modelos y conocimientos científicos.
- 6) Comunicar y justificar la explicación.
- 7) Reflexionar sobre el proceso.

Según el papel del alumnado y el grado de apertura en cada uno de estos pasos, los proyectos ECBI pueden clasificarse como estructurados (el alumnado aplica los experimentos propuestos por el profesorado), guiados (el alumnado elige entre varias opciones propuestas) o abiertos (el alumnado toma las decisiones libremente). El proyecto C3³ de ECBI que desarrollamos en el centro educativo tiene por objetivo hacer que el alumnado conozca la naturaleza del conocimiento científico, desarrolle habilidades científicas (sacar conclusiones de datos, diseñar experimentos...) y adquiera el hábito y actitud de posicionarse científicamente ante los fenómenos. En el marco de este proyecto, para mejorar la contextualización de los modelos científicos sobre el sistema Sol-Tierra, se ha desarrollado y testado con el alumnado una secuencia didáctica siguiendo la metodología de aprendizaje mediante la indagación.

Diseño y desarrollo de la secuencia didáctica

La actividad, aplicada con un grupo de 31 alumnos de 1º de ESO, ha durado 4 semanas no intensivas (se ha realizado en paralelo con otras actividades) y a lo largo de su implementación se han ido mejorando las propuestas hasta la versión definitiva.



Figura 1. La actividad y sus materiales se ofrecen para su descarga o aplicación con el alumnado en <https://sites.google.com/site/etepursimuove/>

Los objetivos de aprendizaje de la actividad son:

- a. Usar evidencias para extraer conclusiones sobre los movimientos de la Tierra.
- b. Usar modelizaciones para interpretar y dar sentido a las observaciones en un modelo científico.

³ Proyecto Creación del Conocimiento Científico (C3) [<https://sites.google.com/a/xtec.cat/c3/home>]

- c. Entender y diseñar experimentos y registrar datos astronómicos.
- d. Contextualizar vocabulario específico (solsticio, equinoccio, rotación, traslación,...).
- e. Conocer el proceso histórico de creación del conocimiento científico sobre el sistema Sol-Tierra.

La actividad se ha llevado a cabo alternando distintas organizaciones sociales del aula siguiendo el protocolo TPoP (cada una con su objetivo pedagógico en la secuencia didáctica⁴):

Proyecto: trabajo autónomo en equipos de dos alumnos, orientado a la indagación, el trabajo colaborativo y la negociación de significados.

Portfolio: elaboración individual de un portfolio-diario de aprendizaje, en papel, en el que el alumno anota los elementos (ideas y conceptos que aprende/le llaman la atención) y las evidencias de su proceso (gráficos o esquemas que muestren su proceso). 3 sesiones de 10 minutos, distribuidas a lo largo del proyecto.

Talleres: 2-3 Sesiones de 15 minutos en gran grupo en las que el profesor explica (transmisión de contenidos, procesos o modelos) algún aspecto teórico, *sin explicitar su relación con el proyecto*.

Etapla 1: Observamos las evidencias y formulamos preguntas investigables

En esta primera etapa, se lleva a cabo un taller introductorio sobre los movimientos de la Tierra y la Luna, partiendo del uso de maquetas-modelo.



Figura 2.- Partiendo de la conversación, creando distintas configuraciones, se propone la pregunta “¿Qué sucede si...?”, mantra indagativo que permite conectar el comportamiento del modelo de esferas con acontecimientos observables (día, noche, luna llena, invierno...), y un ejercicio inicial del vocabulario.

Se presenta inicialmente la controversia científica sobre los modelos geocéntrico y heliocéntrico, contextualizando la expresión atribuida a Galileo Galilei “*Eppur si muove*” (*Sin embargo, se mueve*)

⁴ El protocolo TPoP (Taller, Portfolio, Proyecto) pretende dar consistencia al aprendizaje basado en problemas (ABP) o mediante la indagación, facilitando la introducción de modelos teóricos y el meta-aprendizaje del alumnado, sin eliminar la componente investigadora de las actividades. No explicitar la relación de los talleres con el proyecto es clave para promover la transferencia de un modelo abstracto a un contexto concreto. [<http://blogcienciasnaturals.wordpress.com/2014/04/19/equilibrio-entre-proyectos-y-contenidos-protocolo-tpop-pan-y-chocolate/>]

que habría sido pronunciada por el mismo en relación a la Tierra al ser obligado por la Santa Inquisición a retractarse de su posición pro- heliocentrismo. Ambos modelos son expuestos con el uso de esferas de varios tamaños, representando el Sol, la Tierra y la Luna, y los movimientos de traslación y rotación. A medida que avanza la presentación, se incorporan en el discurso los términos de vocabulario que se instrumentalizarán durante la actividad (equinoccio, órbita, perihelio, eclíptica...), y se anotan paulatinamente, resultando una ficha de vocabulario que se mantiene visible en el aula durante toda la actividad, como referente de aula⁵.

El taller se cierra presentando el funcionamiento de un reloj solar (gnomon⁶) en el que se plantean las distintas preguntas y se formula la pregunta que origina la indagación:

1. ¿Qué factores hacen que la sombra del gnomon cambie?
2. ¿Qué sucede con la sombra a lo largo de las horas de un día?
3. ¿Qué sucede con la sombra lo largo de distintos días?

Durante la conversación aparece la duda relativa a la dirección de rotación y traslación del movimiento de la Tierra (dextrógiro/levógiro) y se propone a los alumnos diseñar conjuntamente un experimento para indagar, a partir de la sombra de un gnomon esta cuestión: *¿En qué sentido gira la Tierra sobre sí misma y alrededor del Sol?*

Etapa 2: Diseño de experimentos y predicción de un modelo.

Se propuso a los alumnos establecer una estación astronómica alrededor de una farola del recinto escolar, y hacer en ella el seguimiento de su sombra.



Figura 3. Mediante pinzas de tender fijadas en el suelo (en las que se anotó la hora y fecha de la muestra), se registra la posición de la sombra en los distintos tiempos previstos. Se delimitó con una cinta el espacio de desarrollo pausable de la sombra, estableciendo la estación astronómica, y se colgó en la farola-gnomon el horario de la toma de medidas y el nombre de sus responsables. Es importante aclarar al establecer la estación de medida la ubicación de norte, sur, este y oeste y qué importancia tiene eso para el experimento.

⁵ Mantener el referente de aula visible es indispensable para evitar introducir nuevo vocabulario que luego no es aplicado. Como el resto de fichas y materiales, la ficha de vocabulario está disponible en el sitio web de la actividad. [<https://sites.google.com/site/etepursimuove/>]

⁶ Recibe el nombre de gnomon el objeto alargado cuya sombra se proyecta para medir el paso del tiempo.

Se consensuó un calendario/horario con los alumnos (lunes, miércoles, viernes, a las 9, 11, 13, 15 h) a lo largo de tres semanas, incluyendo también alguna medida a las 17h y 19h, para completar los datos.

Cada alumno se responsabilizó de una de las medidas. En la discusión, se procuró incorporar términos específicos de diseño de experimentos, como *factor*, *tratamiento*, *hipótesis*, que se incorporaron también al referente de aula. En la discusión se estableció como hipótesis que en ambos movimientos (rotación y traslación) la Tierra gira en sentido contrario a las agujas del reloj. Es importante tener presente que, en la discusión, el profesor actúa como un modelo, representando *quasi-teatralmente* a los alumnos cómo se diseña un experimento.

A partir del modelo experimental propuesto, y una vez tomada la primera medida, se inicia el trabajo por proyecto, en el que cada pareja deberá completar autónomamente la investigación propuesta y comunicarla mediante un vídeo científico.

Como primer paso, se propone a los alumnos que por parejas, y con la ayuda de pequeñas esferas que modelizan el Sol y la Tierra, hagan una predicción de los resultados esperables a partir del modelo teórico, determinando dónde esperarían que se situara la sombra en cada uno de los días y horas previstos, teniendo en cuenta la hipótesis de partida. Como apoyo, se proporciona a los alumnos una ficha de análisis que guía la reflexión del modelo hacia la predicción.

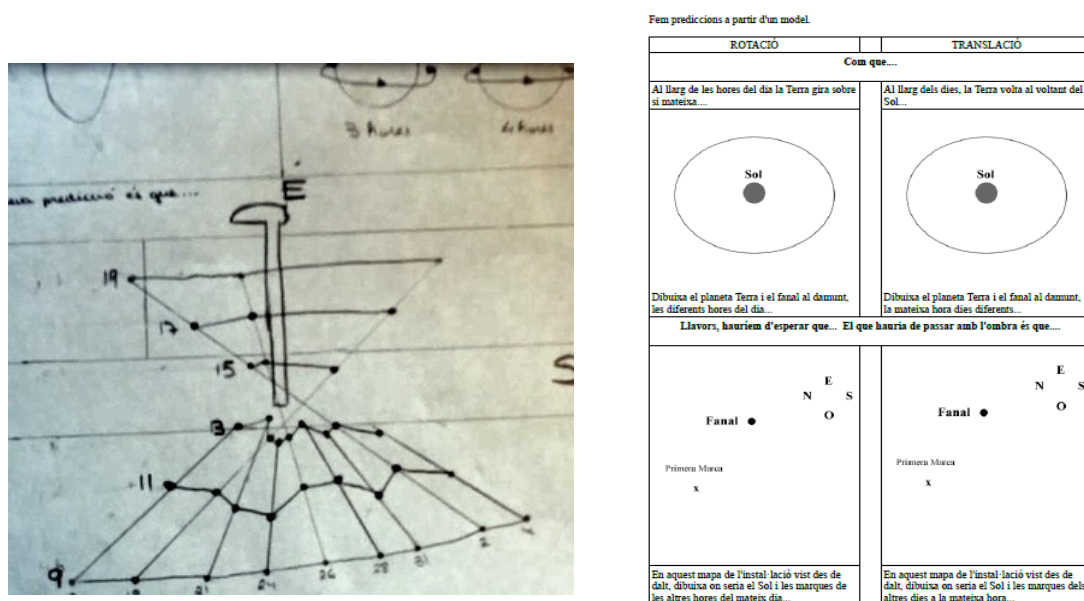


Figura 4. Imagen de la predicción elaborada por una de las parejas y la ficha de análisis. La ficha contiene iniciadores de frase (*Dado que...lo que debería suceder es que...*) que actúan como andamio didáctico para conectar el modelo con sus consecuencias y facilitar el estudio del movimiento, ya que ofrece una base para la orientación espacial, un aspecto que otros autores ya han identificado como obstáculo en el estudio escolar de sistemas astronómicos y sus fenómenos asociados (Camino, 1995).

Además de la ficha de análisis, otros elementos actúan de andamio: la discusión por parejas y el uso de esferas para “visualizar” y modelizar el comportamiento del planeta, y sus consecuencias en la posición de la farola (gnomon) y su sombra.

Etapa 3: Recogida de datos e interpretación en función de un modelo



Figura 5. Al cabo de 3 semanas, se unen entre sí las pinzas que marcan la posición de la sombra en distintos puntos de horario y calendario. Color lila para las que identifican un mismo día (rotación) y azul para las que identifican una misma hora (traslación).

En este punto, se pide a los alumnos que cada equipo adopte un sistema de su elección para registrar los datos (tomar fotografías, representar en un esquema,...) para poder trabajar con ellos.

La toma de datos abre la discusión sobre la fiabilidad de los datos (¿seguro que todos pusieron la marca a la hora fijada?), la pérdida de datos (días que estuvo nublado, y una de las pinzas en la que no se anotó la fecha), la importancia de registrar correctamente el contexto de los datos (marcar norte, sur, este y oeste) y el hecho que las observaciones astronómicas requieren tiempo.

Etapa 4: Comunicación científica de la investigación

En el último paso de la actividad se propone a los alumnos que elaboren, por parejas, un vídeo documental de tres minutos en el que expliquen el proceso y conclusiones de su investigación.

Además de constituir un paso clave en las dinámicas ECBI, comunicar científicamente es un paso clave en la elaboración de la modelos y razonamientos científicos, ya que las habilidades cognitivo-lingüísticas necesarias para describir, argumentar...están conectadas con sus habilidades de razonamiento científico correspondientes: analizar, razonar...

Esta relación entre razonamiento científico y habilidades comunicativas ha sido descrita en trabajos de otros autores (Sanmartí, 2008) sugiriendo que para un alumno que no domine los conectores gramaticales causales (así pues, por lo tanto, en consecuencia,...) es mucho más difícil construir mentalmente relaciones causales. Por ello, el trabajo con andamios didácticos lingüísticos incide en la mejora de los razonamientos científicos.

Éste es un proceso complejo para el que se les proporcionan andamios didácticos de distintos tipos.

Andamio 1: Estructura de un discurso científico

¿Qué partes debe tener el vídeo?

- 1) Introducción: Debe explicarse el tema de investigación e incorporar/definir todos los términos de vocabulario que vayamos a usar.
- 2) Objetivos: Describir a qué pregunta queremos responder: ¿Hacia qué lado gira la Tierra sobre sí misma y alrededor del Sol?
- 3) Hipótesis: Cuál consideramos que puede ser la respuesta a la pregunta: en el sentido opuesto a las agujas del reloj.
- 4) Experimento : Explicar qué medidas se han tomado, cómo se ha hecho, y hacer una predicción de los resultados que deberíamos obtener en caso que la hipótesis sea cierta.
- 5) Resultados: Mostrar y describir los resultados registrados (los cambios en la posición de la sombra).
- 6) Conclusiones: Explicar qué relación tienen los resultados obtenidos con los movimientos de rotación y traslación, y si nuestra hipótesis ha sido confirmada o descartada. Proponer qué sería interesante investigar a partir de este punto. En este apartado es especialmente importante usar algún tipo de modelo o maqueta para explicarse.

Andamio 2: Lista de vocabulario específico

Solsticio
Equinoccio
Traslación
Rotación
Eclíptica
Eje de rotación
Afelio
Perihelio
Órbita
Trayectoria
Factor
Tratamiento
Hipótesis

Andamio 3. Pautas lingüísticas [fragmento]

[...]

Conclusiones

- por lo tanto....ya que....
 - Como....entonces, esto significa que....
 -en consecuencia...porque....
 - La hipótesis es cierta/falsa, ya que...
 - Convendría investigar también si....
 - No sabemos si...pero podría investigarse haciendo...
- [...]

Andamio 4: Ejemplos de vídeos científicos realizados por otros alumnos en la web de X(p)erimenta, de la Fundació Catalana per a la Recerca:

<http://www.recercaenaccio.cat/aventures-cientifiques/xperimenta-la-ciencia-mes-jove/>

Andamio 5: Rúbrica de evaluación (desarrollada junto con los alumnos partiendo de los ítems siguientes)**¿Qué valoraremos?**

- En el vídeo se usa la estación astronómica y dos esferas para modelizar lo que explicamos.
- El vídeo sigue la estructura de comunicación científica propuesta (6 etapas, andamio 1)
- Las conclusiones se basan en los resultados del experimento y hacen referencia a ellos de manera clara.
- Se usan correctamente todos los términos del listado de vocabulario específico.
- Aspectos técnicos (luz, sonido).
- Edición y creatividad.



Figura 6. En los vídeos, creados y editados mediante *Smartphones*, los alumnos aplican el modelo científico de rotación y traslación terrestre a la explicación de los datos obtenidos en el experimento. En el proceso deben interpretar y apropiarse del modelo científico, conectando los términos del vocabulario específico, la instalación astronómica, los conceptos y el modelo con datos reales obtenidos en contexto. En la figura, imagen de uno de los vídeos, cuando se presenta la maqueta usada para la explicación de los resultados, representando el Sol, la Tierra y la farola (gnomon).

Es importante mencionar dos aspectos en lo referente al uso de los andamios didácticos: 1) en la medida de lo posible, conviene implicar al alumnado en la construcción de los andamios -como se hace con la rúbrica-, pues en la discusión se evidencian concepciones erróneas sobre la actividad o los parámetros o modelos que la rigen. 2) incorporar andamios didácticos con distintos niveles de abstracción/lenguajes es importante para atender a las distintas facilidades de los alumnos con distintos formatos de información (Domènech, 2013a). Es por esa razón que entre los andamios se incluyen textos, instalaciones, vídeos y objeto y se promueve su interconexión.

Al final de la secuencia didáctica, los materiales creados (ficha de análisis, vocabulario, etc.) son presentados y los vídeos son visionados en el aula y se discute su adecuación a los distintos criterios de evaluación, lo que da una oportunidad para detectar y corregir en grupo las concepciones erróneas.

Resultados y conclusiones

Desarrollo de habilidades científicas

A lo largo de la actividad, los alumnos han tomado parte de forma más o menos guiada en varias actividades que implican habilidades científicas básicas, como diseñar experimentos, realizar predicciones, sacar conclusiones de datos y comunicar científicamente. La actividad

sigue lo propuesto en experiencias anteriores, en las que se sugiere ir incrementando gradualmente el nivel de apertura de las actividades de indagación, de estructuradas a libres (Domènech, 2013b).

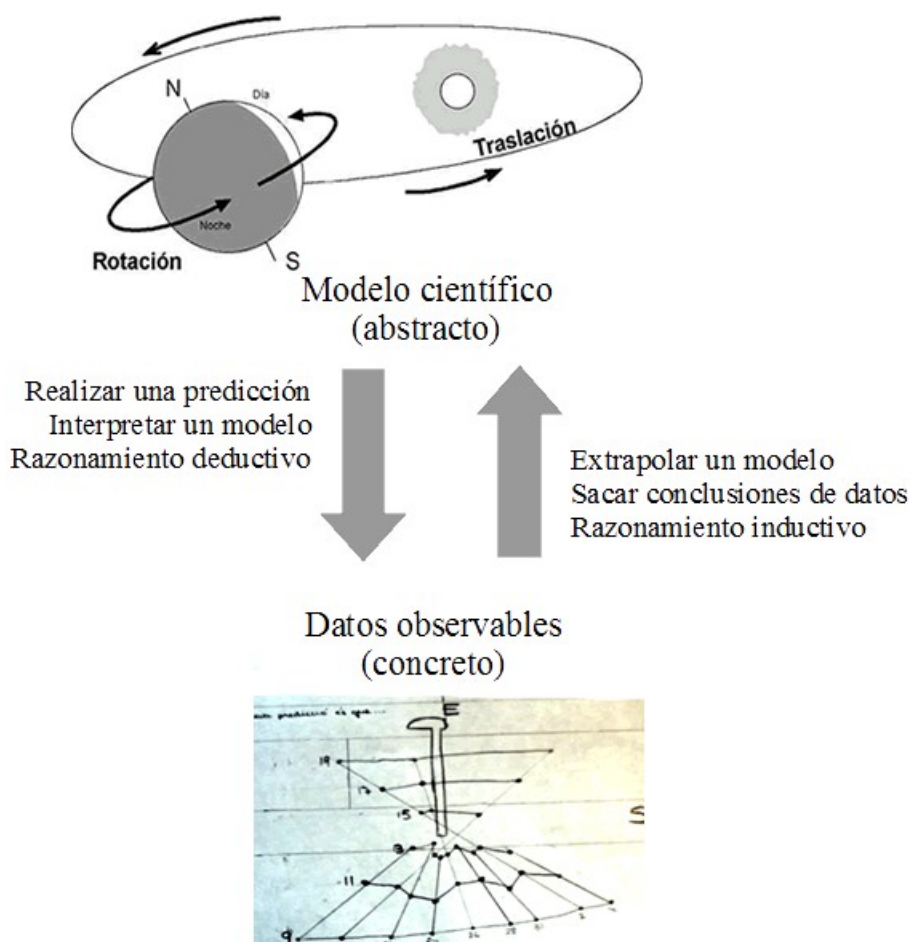


Figura 7. La actividad incentiva habilidades básicas de razonamiento científico, y promueve dos tipos de conexiones entre datos contextualizados y modelo científico: antes de **recoger** los datos se pide al alumnado que realice una predicción de lo que debería ocurrir si la hipótesis fuese cierta (razonamiento deductivo, del modelo científico a lo concreto) y una vez realizado, que saquen conclusiones a partir de los datos sobre el modelo (razonamiento inductivo, de lo concreto al modelo).

Los vídeos presentados han sido analizados y parte de ellos han sido enviados como participación al concurso X(p)erimenta, de vídeo científico escolar. Esta orientación hacia la comunicación científica, además de desarrollar las habilidades lingüísticas del alumnado en la creación de discursos científicos, provoca tres efectos: una mayor apropiación de los conceptos por parte de los alumnos, una mejora en su motivación y el desarrollo de la competencia de tratamiento de la información y digital. De hecho, la asociación de proyectos de investigación con la creación de productos audiovisuales es una combinación eficaz para la indagación y la sistematización de contenidos, que han estudiado otros autores (Manso y Ezquerra, 2014), y hemos aplicado en otras experiencias en el aula (Domènech, 2014b, Domènech, en publicación).

Los portfolios de los alumnos contienen comentarios afirmando que han mejorado sus habilidades en lo que respecta al diseño de experimentos y la identificación de hipótesis. En preguntas específicas de indagación en exámenes, el alumnado muestra un dominio inusual de los términos *tratamiento*, *factor* e *hipótesis* para describir experimentos y de los conectores

gramaticales para expresar razonamientos científicos, aunque éstos dos aspectos pueden ser debidos a otras actividades realizadas en paralelo.

Concepciones sobre el sistema Sol-Tierra

Como se ha dicho en el apartado anterior, la actividad ayuda a conectar los modelos científicos astronómicos con hechos observables. En particular, comparando las primeras sesiones desarrolladas en la estación astronómica (diseño del experimento) con las últimas (recogida de datos), se ha observado que los alumnos, al indicar con las manos los movimientos para describir el progreso de la posición de la sombra, dejan de señalar el Sol para indicar la dirección del movimiento de la Tierra en el suelo, lo que indica una mejor conexión del modelo científico con el contexto, pues es la Tierra, no el Sol, lo que se mueve.

Como contenidos colaterales, han aparecido inesperadamente en los portfolios de los alumnos menciones a la ubicación mediante los puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste) y otros elementos no tratados en profundidad en la actividad (eclipses, ángulo de incidencia de los rayos solares...), lo que indica que la actividad consigue movilizar conocimientos transversales o concepciones previas en la construcción de un nuevo modelo complejo y conectado con el contexto.

El trabajo con esferas representando el Sol y la Tierra tanto en el análisis como en la comunicación, ha sido descrito como muy útil por el alumnado participante, que muestra además una muy buena comprensión de los objetivos de la investigación.

Dinámicas y herramientas del trabajo por proyectos

Alternar en una misma actividad los tres niveles de aprendizaje descritos en la introducción, en forma de taller (transmisión de contenidos o habilidades), proyecto (indagación y construcción) y portfolio (sistematización y meta-aprendizaje) es una fórmula didáctica que estamos aplicando con éxito y tiene por objetivo acompañar al alumnado en un proceso de apropiación del aprendizaje.

En concreto, el trabajo con el portfolio han permitido que cada alumno dejara evidencia de su proceso de aprendizaje y tomara consciencia del proceso. En particular, ha sido muy interesante el momento en que alumnos que en la primera pausa portfolio habían anotado no entender algo pedían si debían modificarlo o añadir una nueva anotación “*Ahora sí entiendo...*”, pues es un modo de hacer evidente, también a sus ojos, sus progresos en la adquisición de los modelos científicos.

También en lo respectivo a los materiales y andamios didácticos, las distintas naturalezas de los materiales han permitido atender a la diversidad del alumnado. Junto con las maquetas de planetas, las listas de vocabulario, el formato vídeo, la estación astronómica forma parte de una aproximación en múltiples formatos al tema del sistema Tierra-Sol, permitiendo que cada alumno se acerque al proyecto desde el lenguaje más apropiado para él. En particular, hemos apreciado en ésta y experiencias anteriores que el uso de objetos reales como herramientas o andamios didácticos para interpelar un modelo científico (Domènech, 2014a, 2014b) facilita la conexión entre palabras, conceptos, objetos y contextos y promueve el desarrollo de ciclos rápidos hipótesis-experimento-conclusión (como sucede en el taller inicial “*Qué pasa si...?*”), algo importante para el desarrollo de habilidades y actitudes científicas y el trabajo en contexto (Flecha, 2013).

Ninguno de los 31 alumnos se ha desvinculado del proyecto (suelen “descolgarse” dos o tres alumnos en proyectos de este tipo), lo que indica que todos han recibido el soporte necesario para implicarse. En este sentido, la utilidad de los andamios didácticos propuestos

(organizaciones de aula, andamios lingüísticos, objetos, vídeos) ha quedado también patente en que son referenciados en los portfolios de los alumnos. Además, la presencia y visibilidad de la estación astronómica en el centro educativo ha sido un factor importante, pues ha generado conversaciones informales sobre el proyecto de los alumnos con alumnos de otras clases.

Propuestas de desarrollo

La actividad aprovecha los beneficios de conectar la indagación científica y la comunicación multimedia, ya aplicados en el marco del proyecto C3 en otras actividades sobre la taxonomía y los tropismos en las plantas (Domènech, 2013a, 2014b) o la tectónica de placas (Domènech, en prensa). La experiencia se ha realizado a fines de marzo, y ha coincidido con el cambio de hora, lo que ha supuesto una oportunidad para discutir las diferencias entre el tiempo solar y el tiempo solar medio y comentar el funcionamiento de los relojes de Sol.

La actividad permite ulteriores desarrollos a partir de nuevas preguntas: *¿Si la Tierra se mueve así, qué sucederá con las estrellas? ¿su movimiento aparente será igual en todas? ¿Qué itinerario debería seguir la estrella polar en el cielo? ¿Y la Luna?*

Estos nuevos puntos de partida pueden ser de especial interés, pues estudios de otros autores manifiestan que los alumnos suelen mostrar más dificultades para explicar científicamente el movimiento aparente de las estrellas y la Luna que los movimientos aparentes del Sol (Plummer *et al*, 2011).

Aunque interesantes, las opciones más complejas que abre la actividad (estudiar el plano de la eclíptica, la aceleración en equinoccios o solsticios, la distancia del Sol o radio de la Tierra mediante cálculos trigonométricos (Cardenete, 2011) son difíciles de aplicar por la poca presencia de la astronomía en los currículos de las materias de los niveles educativos superiores a 1º de ESO (en los que se desarrollan las herramientas matemáticas de geometría y trigonometría). El lector encontrará también de interés estudios sobre la transición entre distintos modelos explicativos del modelo Sol-Tierra (Sharp y Kuerbis, 2006, Vosniadou y Brewer, 1994) y otras secuencias didácticas de trabajo del sistema Sol-Tierra y Tierra-Luna a partir del estudio de datos observables (Navarro, 2011, Gavidia, 2014), problematización y construcción de conocimiento (Martínez-Sebastià y Martínez-Torregrossa, 2001) y materiales manipulables (Cardenete, 2011, Ros, 2014) y, más concretamente, orientaciones sobre el trabajo didáctico con relojes de Sol (Girbau, 2006).

Agradecimientos

El autor agradece al alumnado y profesorado del INS Vilanova del Vallès su colaboración. Este artículo se enmarca en la reflexión metodológica llevada a cabo en el grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grupo de investigación consolidado (referencia 2009SGR1543) de la Universitat Autònoma de Barcelona por AGAUR (Agència d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiado por la Direcció General de Investigació, Ministerio de Educación y Ciencia (referencia EDU-2012-38022-C02-02).

Referencias bibliográficas

- Bogner, F., Boudalis, A., Sotiriou, S. (Eds.) (2012). *Pathway. Best Practices of Inquiry-Based Science Education. Methods and Activities*. Epinoia, Pallini Attikis, Greece.
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 83-91.
- Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones, y las fases de la Luna. *Enseñanza de las ciencias*, 13(1), 81-96.

- Cardenete, S. (2011). Sol, Tierra y Luna. Movimientos relativos y sus consecuencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8, 512-518. Extraído de: <http://hdl.handle.net/10498/14560>
- Domènech, J. (2013a). Los andamios didácticos: oportunidades y amenazas: Análisis desde una experiencia con exposiciones orales. *Aula de Secundaria* 3, 24-29.
- Domènech, J. (2013b). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (3), 249-262.
- Domènech, J. (2014a). ¿Cómo lo medimos? Siete contextos de indagación para detectar y corregir concepciones erróneas sobre magnitudes y unidades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11(3), 398-409. Extraído de: <http://hdl.handle.net/10498/16591>
- Domènech, J. (2014b). Objectes, paraules i contextos. Una indagació multimèdia per a descodificar científicament el món de les plantes. *Aula de Secundaria*, en publicación.
- Domènech, J. (2015). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 186-197. Extraído de: <http://hdl.handle.net/10498/16932>
- Flecha, G. (2013). Materiales naturales para aprender sin prisa. *Cuadernos de pedagogía*, 419, 56-58.
- Gavidia, V. (2014). A vueltas con el "gnomon". Buscando soluciones a problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (3), 2, 631-647.
- Girbau, J. (2006) . Relojes de sol. *Materials matemàtics* (2006), 1-18.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313
- Manso, J., Ezquerro, A. (2014). Proyectos de investigación a través de la creación de audiovisuales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11(1), 54-67. Extraído de: <http://hdl.handle.net/10498/15712>
- Martínez Sebastià, B., Martínez-Torregrosa, J. (2001). La enseñanza por investigación del modelo Sol/Tierra para futuros profesores de primaria. Planificación, desarrollo y resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, 213-214.
- Navarro, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de astronomía diurna en primaria mediante “secuencias problematizadas” basadas en “mapas evolutivos”. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), 163–174.
- Orts, M. (2012). Luis Alberto Branda. Bevent de les fonts de l'ABP. *Guix, Elements d'Acció Educativa*, 388, 54-57.
- Plummer, J.D., Waskoa, K.D., Slagleb, C. (2011). Children Learning to Explain Daily Celestial Motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1963–1992.
- Pozo, J. I., Gómez, M.A. (2010). Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73-79.

- Ros, R.M. (2014) Sistema Terra-Lluna-Sol: Fases i eclipsis. *Recursos de Física*, 13, 6-8. [http://www.rrfísica.cat/num/num13/article_num=28&pos=6&total=8&art=149.html] Acceso: 30/09/14.
- Sanmartí, N. (2008) Escribir para aprender ciencias. *Ánula de Innovación Educativa*, 175, 29-32
- Sanmartí, N., Burgoa, B., Nuño, T. (2011) ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 62-69.
- Sharp, J., Kuerbis, P. (2006). Children's ideas about the solar system and the chaos in learning science. *Science Education*, 90 (1), 124–147.
- Vosniadou, S., Brewer, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.