



UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ASPECTOS HISTÓRICO- ASTRONÓMICOS

Los descubrimientos de Galileo

The use of ICT for teaching historical-astronomical aspects: Galileo's discoveries

UXÍO PÉREZ-RODRÍGUEZ, MARÍA LORENZO-RIAL, NURIA CASTIÑEIRA-RODRÍGUEZ Y MERCEDES VARELA-
LOSADA
Universidade de Vigo, España

KEYWORDS

*Astronomy education
Computer simulations
History of astronomy
ICT
Galileo*

ABSTRACT

When considering the implementation of activities related to the teaching of astronomical aspects, there are obvious practical problems that do not help to develop an adequate school science activity. ICT are a very useful tool for overcoming these difficulties, since they make it possible to reproduce celestial phenomena and experiment with them. The aim of this article is, in particular, to reflect on the usefulness of computer simulations for teaching historical-astronomical aspects. As an example of their possibilities, simulations that can be used to visualise various astronomical phenomena discovered by Galileo Galilei are presented.

PALABRAS CLAVE

*Enseñanza de la Astronomía
Simulaciones informáticas
Historia de la Astronomía
TIC
Galileo*

RESUMEN

A la hora de plantearse la realización de actividades relacionadas con la enseñanza de los aspectos astronómicos, se presentan problemas prácticos evidentes que no ayudan a desarrollar una adecuada actividad científica escolar. Las TIC son un instrumento de gran utilidad para sortear estas dificultades, dado que permiten reproducir los fenómenos celestes y experimentar con ellos. El objetivo de este artículo es, en concreto, reflexionar sobre la utilidad de las simulaciones informáticas para la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos. Como muestra de sus posibilidades se presentan simulaciones que pueden realizarse para visualizar diversos fenómenos astronómicos descubiertos por Galileo Galilei.

Recibido: 12/ 10 / 2022

Aceptado: 23/ 12 / 2022

1. Introducción

De la misma manera que la ciencia es una construcción humana que se genera a través de una actividad científica realizada en grupos de trabajo específicos, el aprender a mirar y a hablar sobre ciencia tiene lugar a través de la actividad científica escolar (Izquierdo et al., 1999). En este sentido, aquí se parte de la idea de que uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias es interpretar los fenómenos físico-químicos y naturales y para ello es necesario que el alumnado aprenda a describir los fenómenos que observa, pero, sobre todo, debe ser capaz de explicarlos (Álvarez, 1997). Por su parte, y como indican Sanmartí & Izquierdo (2001) y Pujol (2007), para que la actividad científica escolar sirva para aprender es necesario –entre muchas otras consideraciones– plantear preguntas y promover observaciones y experimentos que tengan sentido para quienes aprenden y que sirvan al alumnado para poner a prueba sus ideas, así como para generar otras nuevas.

Sin embargo, a la hora de plantearse la realización de actividades relacionadas con la enseñanza de aspectos astronómicos, se presentan problemas prácticos evidentes (Solbes & Palomar, 2011) que no ayudan a desarrollar una actividad científica escolar adecuada. En primer lugar, una gran parte de los fenómenos celestes de interés se produce durante la noche, fuera del horario lectivo, lo cual dificulta, por ejemplo, el llevar a cabo experiencias de observación guiada. Por otra parte, muchos sucesos astronómicos se desarrollan con lentitud, y para la observación de otros es preciso poseer instrumental especializado.

En este sentido, las TIC son un instrumento de gran utilidad para sortear estas dificultades, dado que permiten reproducir los fenómenos celestes y experimentar con ellos (Bakas & Mikropoulos, 2003; Barab *et al.*, 2000; Kaltcheva & Nenkova, 2021; Miftah & Surya, 2019; Pérez & Álvarez, 2007; Prasad, 2018; Santos *et al.*, 2019; Sierra, 2000; Alonso-Sainz, 2022; Cabaleiro Pedrero *et al.*, 2020). Así, en otros lugares (Pérez & Álvarez, 2007; Pérez & Álvarez, 2009; Pérez *et al.*, 2009a, 2009b) hemos presentado actividades relacionadas con la enseñanza de la Astronomía que pueden llevarse a cabo mediante simulaciones informáticas para desacreditar las afirmaciones de la astrología, realizar una exploración guiada del Sistema Solar, ilustrar las consecuencias de los movimientos de la Tierra y la Luna o colaborar a alcanzar un nivel adecuado de desarrollo de la competencia digital, entre otras finalidades.

2. Método

El objetivo de este artículo es reflexionar sobre algunas posibles utilidades de las simulaciones informáticas para la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos, los cuales se hallan presentes en los diferentes decretos de currículo. Con tal fin, se ofrece una panorámica de las problemáticas relevantes a tener en cuenta, se reflexiona sobre las posibilidades para tratar esta temática en el aula, se enumeran las ventajas destacables de las simulaciones por computadora con tal fin, se describen algunos programas libres y gratuitos que pueden ser empleados y se muestra un ejemplo concreto de su utilización.

En este sentido, como muestra de las posibilidades de estas aplicaciones, se presentan simulaciones que pueden realizarse para visualizar diversos fenómenos astronómicos descubiertos por Galileo Galilei. Así, se muestran dibujos y publicaciones originales de dicho pensador sobre las imperfecciones de la Luna, los satélites de Júpiter, las fases de Venus... y se simulan dichos fenómenos con los programas Stellarium y Celestia.

3. Resultados y discusión

La utilización didáctica de la vertiente histórica de la Astronomía es de utilidad para la enseñanza de múltiples contenidos educativos relacionados con el estudio de los cielos. Con estos fines pueden llevarse a cabo actividades diversas en estos niveles académicos para abordar estos aspectos, no sólo con el fin de dar a conocer las concepciones astronómicas de la antigüedad, sino también para concienciar al alumnado de la importancia que los fenómenos celestes tenían en épocas pretéritas y hacer ver las motivaciones que impulsaron a las gentes del pasado a interesarse por estos acontecimientos, así como ayudar a relacionar estas motivaciones con las actuales.

Conviene reiterar que con este tipo de experiencias es posible también perseguir hacer frente a problemas comunes en la enseñanza de los aspectos astronómicos más tradicionales. Así, por ejemplo, innumerables estudios (Atwood & Atwood, 1996; Kavanagh *et al.*, 2005; Philips, 1991; Trumper, 2003; Varela, 2015; etc.) han mostrado que el alumnado tiene serios problemas para comprender los movimientos combinados del sistema Tierra-Sol-Luna y las consecuencias que de ellos se derivan (estaciones, eclipses, fases lunares...). En este sentido, es obligado señalar que desde esta perspectiva no se deben descuidar aspectos importantes de la educación científica como la aplicación en la resolución de problemas y en investigaciones sencillas de estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias; la búsqueda, selección y empleo de información sobre temas científicos utilizando diferentes fuentes y medios; la comprensión de la importancia de utilizar los conocimientos provenientes de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas; la comprensión y utilización de estrategias y conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para la interpretación de los fenómenos naturales, etc.

Por lo que respecta a la utilización didáctica de la Historia de las Ciencias y las Técnicas (HCT), esta puede ser de utilidad para superar las referidas dificultades (Álvarez, 2000, 2007; Álvarez *et al.*, 2013), al enfrentar al

alumnado con los mismos problemas que se abordaron en el pasado y proporcionarle herramientas –informáticas en este caso– para buscar soluciones para ellos o para reproducir las respuestas a las que se llegó. Al presentar los problemas astronómicos de interés en los contextos en los que tratan de ser resueltos puede comprobarse que las aproximaciones al estudio de los cielos que se llevaron a cabo en el pasado distaron de ser ingenuas, al tiempo que se desarrollan competencias científicas, capacidades viso espaciales y un largo etcétera. Asimismo, esta introducción de la HCT es interesante para poner de manifiesto la existencia de mujeres astrónomas, las cuales han tenido un papel importante en el desarrollo de este ámbito del conocimiento (Álvarez *et al.*, 2003).

Es importante recalcar que aquí no se propone abordar la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos únicamente a través de simulaciones informáticas, en la línea de algunas visiones simplistas, que ven en el uso de las TIC el fundamento de renovaciones radicales de la educación, tal como señala Gil (1998). Es conveniente llamar la atención contra estas expectativas, que terminan generando frustración (Gil *et al.*, 2000), y no caer en el error de convertir el recurso en método. Antes bien, la adecuada elección de objetivos, contenidos, actividades y métodos de evaluación, siempre teniendo en cuenta el grupo-clase y todo el contexto educativo, son imprescindibles para un buen diseño didáctico (Sanmartí, 2000). La introducción de la HCT en la enseñanza de la Astronomía no debe renunciar a la utilización de modelos de aula, textos históricos u observaciones planificadas. Asimismo, el análisis explícito de distintos modelos históricos puede constituir una herramienta para una enseñanza en la que el alumnado construya su propio conocimiento (Jiménez, 2004).

3.1. La utilización didáctica de la HCT

En los materiales escolares de uso habitual existen numerosas referencias a aspectos histórico-científicos (Pereira & Amador, 2007), afirmación ésta que también es aplicable, en particular, a los temas relacionados con la Astronomía de los libros de texto empleados en Galicia (Pérez *et al.*, 2009a). Sin embargo, en palabras de Nieto-Galán, éstas referencias no suelen corresponder más que a “una historia de la ciencia aproblemática, ideal para conmemoraciones, aniversarios y pequeñas introducciones sobre los antecedentes ‘correctos’ de cada lección en los libros de texto” (Nieto-Galán, 2007, p. 85).

No es éste el modelo didáctico del empleo de la HCT que se propone aquí. La construcción del conocimiento a lo largo de los tiempos es un proceso complejo, con avances, retrocesos y múltiples desarrollos paralelos –cada uno con sus propias peculiaridades–, a la vez que multidisciplinar, altamente dependiente de los contextos en los que se produce y con muchos y muchas más protagonistas que lo que se acostumbra a presentar. En este sentido, es claro que no puede presentarse al alumnado toda la información histórica que sería necesaria para abordar en profundidad los contenidos concretos a trabajar, y por lo tanto es preciso llevar a cabo una transposición didáctica. La simplificación de modelos a efectos didácticos puede y debe hacerse –por ello hablamos de ciencia escolar, para distinguirla de la propia de las comunidades científicas–, pero simplificar un contenido no implica la necesidad de presentarlo de manera simplista.

Teniendo en cuenta todo lo expresado anteriormente, convendría señalar que la introducción de la historia de las ciencias y de las técnicas se ha de hacer atendiendo a dos vertientes: la didáctica y la cultural (Álvarez, 2000, 2007). El carácter didáctico ha de ayudar a la comprensión de los problemas de aprendizaje del alumnado, haciendo surgir sus representaciones a partir, por ejemplo, de un texto histórico, un instrumento antiguo o de la interpretación de una experiencia. El trabajo con textos histórico-científicos puede permitir desarrollar las habilidades cognitivas lingüísticas necesarias para hacer evolucionar las operaciones mentales que se manifiestan a través del lenguaje (Jorba *et al.*, 1998). La resolución de problemas relativos a situaciones de la vida real –del pasado en este caso– puede resultar de utilidad para contribuir a la adquisición de habilidades transferibles a diversos ámbitos del conocimiento. Por otra parte, el carácter cultural puede ofrecer una perspectiva acerca del papel desempeñado por las ciencias y las técnicas en la formación de las sociedades y de los valores implicados en la orientación de las investigaciones. Si se consigue la articulación de los objetivos didácticos y culturales –separados aquí a efectos analíticos– la introducción de la HCT puede contribuir, como ya se ha indicado anteriormente, a motivar al alumnado para el estudio de las ciencias y su reflexión sobre ellas. Reflexionar sobre las condiciones de elaboración del saber puede propiciar unas representaciones más abiertas de las disciplinas escolares y de los saberes científicos.

Una revisión de los currículos de los diferentes niveles educativos de las enseñanzas obligatorias y postobligatorias, así como de los materiales escolares empleados en estas etapas, permite identificar algunos contenidos, criterios de evaluación, aspectos transversales y capacidades y competencias relacionadas con los aspectos histórico-astronómicos o que se pueden abordar o facilitar mediante la utilización didáctica de la HCT. Entre los núcleos temáticos hallados se cuentan el interés de las culturas antiguas por el estudio de los cielos con el fin de identificar regularidades útiles para determinar los momentos de siembra y cosecha, elaborar calendarios u orientarse, así como las discusiones sobre la forma de la Tierra y su lugar en el universo o las invenciones científicas de utilidad para el género humano (por ejemplo, el gnomon y el telescopio dentro de los inventos astronómicos). Por otra parte, la introducción de la HCT permite asimismo realizar actividades mediante las que se pueda comprobar el papel que las mujeres han tenido en el desarrollo de esta disciplina, a la que han

realizado contribuciones importantes. Además, a través de la realización de pequeñas investigaciones o de la interpretación de experiencias pueden desarrollarse diversas competencias, e indudablemente la enseñanza de la HCT contribuye a la formación de la cultura científica y técnica, estudiando las relaciones CTS e interrogándose sobre qué es la ciencia.

Como ya se ha anticipado, aquí no se propone abordar la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos únicamente a través de simulaciones informáticas. Las serias dificultades que el alumnado tiene para asimilar los contenidos astronómicos, encontradas en multitud de investigaciones, obligan a tener en cuenta la importancia de seleccionar cuidadosamente los métodos a emplear, las actividades a realizar y su secuencia, teniendo muy en cuenta los prerrequisitos de aprendizaje concretos y los conocimientos, ideas previas, habilidades y actitudes del alumnado. Para ayudarle a construir su conocimiento es importante ser consciente de las representaciones de las que parte.

Para llevar a cabo esta introducción de una perspectiva histórica en la enseñanza de algún aspecto científico en general y astronómico en particular se pueden emplear diversos recursos como los que –sin afán de exhaustividad– se citan a continuación. La elección de unos u otros dependerá de la metodología didáctica empleada, del grupo-clase y, obviamente, del nivel educativo:

- Utilización de textos históricos, adaptados si es necesario.
- Análisis de instrumentos de observación antiguos, imágenes de tablillas o calendarios, orientaciones astronómicas de edificaciones...
- Construcción de modelos en el aula.
- Análisis de biografías.
- Realización de observaciones planificadas, construyendo -si es factible- los instrumentos necesarios para ello.
- Análisis explícito de modelos históricos.
- Utilización de las TIC. En el siguiente apartado se detallarán algunas de las posibilidades que permite esta alternativa.

3.2. Simulaciones informáticas y otras aplicaciones de las TIC

La utilización de simulaciones informáticas en la enseñanza de la Astronomía ha sido objeto de diversas investigaciones que han tratado de comprobar su utilidad (Barab *et al.*, 2000; Baxter & Preece, 2000; LoPresto, 2004). Los resultados muestran que este recurso puede ser útil, pero no apuntan a ningún tipo de necesidad de una revolución tecnológica radical en la enseñanza.

Sierra (2000) ha elaborado un listado de las ventajas destacables de las simulaciones computerizadas para la enseñanza de las ciencias. Siguiendo esta enumeración, y adaptándola para el caso concreto de la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos en general, pueden señalarse, entre otras, las siguientes aplicaciones de estas simulaciones:

- Permiten reproducir fenómenos difícilmente observables de manera directa en la realidad por motivos de peligrosidad (no se puede, por ejemplo, mirar directamente al Sol sin un filtro apropiado), de la escala temporal en la que se producen (la mayoría de los movimientos celestes de interés se producen con lentitud, no se puede retroceder en el tiempo para presenciar los acontecimientos celestes tal como se veían en la antigüedad...), de escala espacial (en la realidad no se puede variar con facilidad el lugar de observación, y en ocasiones nos podría interesar ver el cielo tal como aparecería desde otros sitios para, por ejemplo, comprobar que no se ven las mismas estrellas desde diferentes latitudes) o de carestía de los instrumentos necesarios (telescopios, satélites...). La posibilidad de poner al alumnado en el lugar de las personas de la antigüedad –tanto en el aspecto espacial como temporal- es de indudable utilidad para abordar el estudio de los aspectos histórico-astronómicos en su contexto.
- El alumnado puede poner a prueba sus ideas previas acerca de los fenómenos. Así, si por ejemplo una alumna cree que el Sol siempre sale por el Este y se pone por el Oeste tendrá la oportunidad de poner a prueba esta hipótesis, comprobando como dicha afirmación sólo se cumple con cierta exactitud dos días al año, lo que complica el orientarse.
- El alumnado puede comprender mejor el modelo utilizado para explicar un fenómeno, al observar y comprobar, de forma interactiva, la realidad que representa. Si se pide que mediante una simulación se haga un seguimiento de los planetas se podrá comprobar, por ejemplo, que su movimiento aparente se ajusta al predicho por el sistema ptolemaico.
- Pueden modificarse a voluntad distintos parámetros y condiciones iniciales, lo que ayuda a extraer conclusiones propias a partir de diferentes situaciones. Pedir al alumnado que vaya variando la fecha y la latitud de observación, a la vez que tabula la altitud máxima del Sol o la duración del día permite extraer conclusiones acerca de los cambios estacionales en iluminación, temperatura o duración del día teniendo en cuenta las variables independientes correspondientes.

- La simulación evita enfrentarse a cálculos numéricos complejos, lo que permite concentrarse sólo en aspectos determinados que sean de interés en un momento concreto. Así, es complicado calcular la fecha en la que tendrá lugar un eclipse, pero los programas astronómicos pueden realizar los cálculos necesarios e informar de las fechas y lugares en las que han sido, son y serán visibles estos eventos, para luego experimentar con ellos.
- Las simulaciones ofrecen una amplia variedad de datos relevantes que facilitan la verificación cualitativa y cuantitativa de leyes científicas. De esta manera, puede pedirse que se observen y registren mediante la simulación los periodos orbitales de algunos planetas y que se empleen dichos datos en combinación con las distancias planetarias al Sol –halladas por ejemplo mediante una búsqueda a través de la Red- para poner a prueba las predicciones de la Tercera Ley de Kepler. La utilización de una hoja de cálculo puede constituir un instrumento adicional que evite tener que realizar los pesados cálculos pertinentes.
- Los problemas con un trasfondo matemático complejo pueden ser tratados, haciéndolos asequibles para el alumnado. Si, por ejemplo, se desea poner a prueba de forma sencilla la precisión de los libros de horas medievales a la hora de predecir las fases lunares ello puede hacerse mediante la simulación, sin necesidad de tener que llevar a cabo los complejos cálculos que de otra manera serían necesarios para realizar esta tarea.

Las TIC ofrecen, por supuesto, muchas otras alternativas además de las simulaciones, las cuales no es posible describir aquí. Por poner algún ejemplo, en multitud de páginas web se hallan recursos interesantes como telescopios on-line, catálogos estelares o de otros objetos como galaxias y nebulosas, fotografías e información acerca de planetas del sistema solar, descripciones de actividades que se pueden llevar a cabo, etc. En diversas experiencias y estudios se han empleado otras posibilidades que permite la web 2.0 como el podcasting, los blogs, Google Maps, realidad aumentada o la participación en comunidades virtuales (Fluke, 2008; Gay *et al.*, 2007; Price, 2007; Tarng *et al.*, 2018; Tian *et al.*, 2019). Y, obviamente, el uso de simulaciones relacionadas con aspectos físicos cinemáticos o dinámicos (véase por ejemplo Amadeu & Leal, 2013) puede ser también de utilidad.

En cualquier caso, es preciso reiterar, una vez más, que aquí no se propone el uso de las TIC como herramienta exclusiva para abordar la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos. La utilización de textos históricos (Álvarez *et al.*, 2003), de instrumentos de observación (Ten & Monrós, 1984, 1985) o de imágenes de objetos antiguos relacionados con la Astronomía (tablillas babilónicas, relojes de sol, libros de horas, calendarios...) son sólo algunas de las opciones disponibles. Y, sobre todo, la construcción de modelos por parte del alumnado puede ser de gran utilidad. Los movimientos aparentes de los cuerpos celestes son altamente complejos, y la comprensión del origen de fenómenos en apariencia sencillos como las estaciones requiere no sólo ser capaz de atender a un mismo tiempo a diversos movimientos combinados de los astros, sino también conseguir apreciar sus consecuencias en el firmamento. Es fácil decir que la Tierra gira alrededor del Sol (pero véase Lanciano, 1998) y que, a su vez, la Luna gira en torno a nuestro planeta, pero no es sencillo comprender de qué manera estos movimientos son la causa de las fases lunares, de las estaciones, los eclipses o las peculiaridades de los distintos calendarios. Los estudios anteriormente citados acerca de las serias dificultades que el alumnado tiene a la hora de enfrentarse a estos fenómenos son buena prueba de ello. La utilización de modelos en el aula (desde el uso simples pelotas o personas que hagan las veces de cuerpos celestes hasta la construcción de representaciones a escala del Sistema Solar) permite conocer los agentes implicados en el fenómeno objeto de estudio, y las simulaciones informáticas permiten el tener la posibilidad de experimentar con las consecuencias visibles de estos movimientos. O, alternativamente, las simulaciones posibilitan mostrar unos acontecimientos celestes a los que se debe buscar una interpretación en un contexto histórico determinado.

Existen numerosas aplicaciones informáticas que permiten llevar a cabo las simulaciones en cuestión, algunas de ellas de pago y otras muchas gratuitas. Entre estas últimas es obligado hacer referencia al menos a dos simuladores astronómicos, Stellarium y Celestia, ambos programas multiplataforma open source:

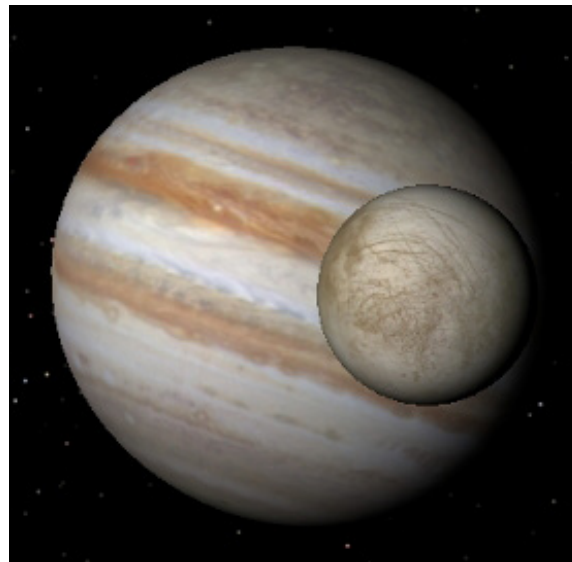
- Stellarium (Figura I) es un programa que recrea en la pantalla un planetario, mostrando el cielo tal como se ve desde la ubicación que se elija y en el momento que se desee. Es muy versátil a la vez que vistoso, intuitivo y fácil de manejar, por lo que puede emplearse tanto en Educación Primaria y Secundaria como en niveles universitarios. Puede descargarse desde la página <http://www.stellarium.org/es/>.
- Celestia (Figura II), por su parte, es un programa pensado para viajar por el espacio, explorando el Sistema Solar, la Vía Láctea y el resto de galaxias en tres dimensiones. Su página web es <http://www.shatters.net/celestia/>.

Figura 1. Las constelaciones Acuario y Capricornio mostradas con Stellarium.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Imagen de Celestia en la que aparecen Júpiter y su satélite Europa.

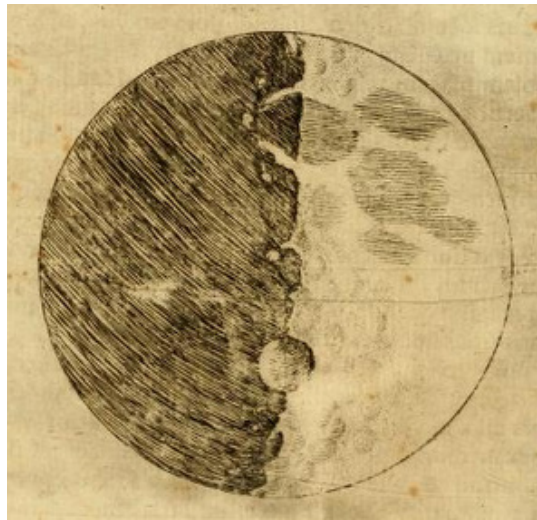


Fuente: elaboración propia

3.3. Simulando los descubrimientos de Galileo

Con estas aplicaciones informáticas pueden, por ejemplo, simularse algunos de los fenómenos astronómicos descubiertos por Galileo Galilei (1564-1642) a comienzos del siglo XVII (North, 2001, 2008) –hallazgos que, en algunos casos, fueron también realizados más o menos simultáneamente por otras personas- que contribuyeron al cambio de las ideas cosmológicas de la época. Algunos de ellos, como los de montañas y cráteres en la Luna (Figuras III y IV) y de manchas en el Sol (Figuras V y VI), daban pie a pensar que los cuerpos celestes no eran perfectos. El descubrimiento de los satélites de Júpiter (Figuras VII y VIII) sugería que había otros centros de rotación en el universo además de la Tierra, y el avistamiento de un ciclo completo de fases de Venus (Figuras IX y X) indicaba que este planeta daba vueltas en torno al Sol, algo incompatible con las teorías geocéntricas de Ptolomeo (c. 90-c. 168) o Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), aunque no con las semiheliocéntricas, siendo la más importante de estas la de Tycho Brahe (1546-1601).

Figura 3. Las imperfecciones de la Luna en el Sidereus Nuncius de Galileo. Antes que él, Thomas Harriot (c. 1560-1621) había realizado la primera representación telescópica de la luna, aunque no publicó sus dibujos.



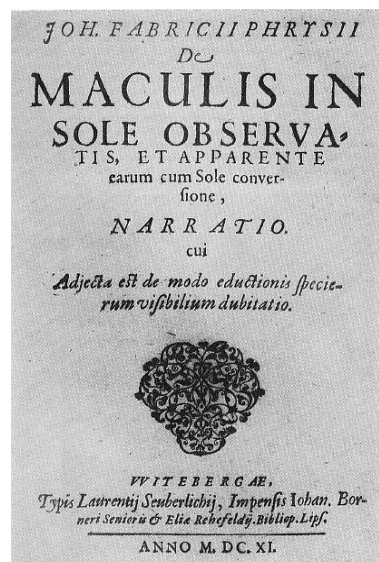
Fuente: Siderevs nuncivs magna, longeque admirabilia spectacula pandens... Venecia, apud T. Baglionum, 1610. Imagen de dominio público.

Figura 4. La Luna, vista con Celestia. Obsérvese que el terminador (el límite entre la parte iluminada y la oscurecida) no es una línea recta, lo que muestra que el satélite no es una esfera perfecta.



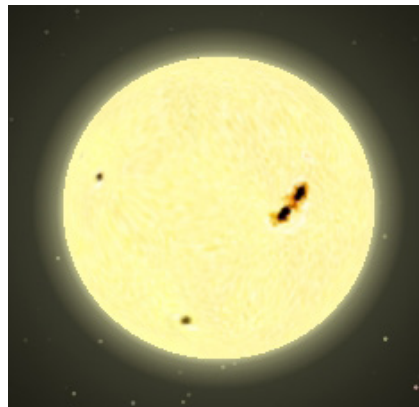
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Portada del libro De Maculis in sole observatis et apparente earum cum Sole conversione, Narratio (1611), de Johannes Fabricius, en el cual aparece la primera referencia impresa sobre las manchas solares, aunque tanto Thomas Harriot como Galileo las observaron unos meses antes que Fabricius.



Fuente: Imagen de dominio público.

Figura 6. El Sol con sus manchas. Imagen de Celestia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Manuscrito de Galileo con sus observaciones de los satélites jovianos.



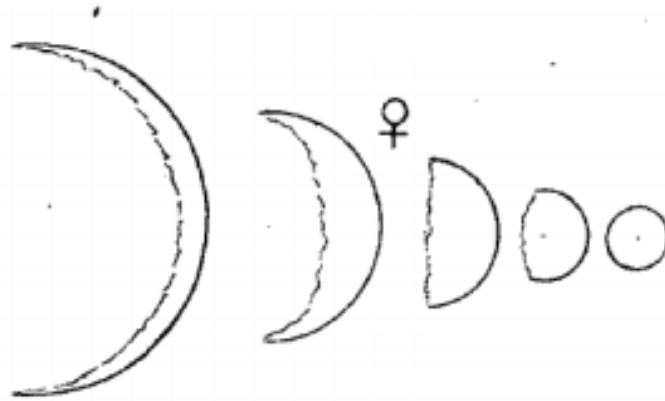
Fuente: Borrador de una carta a Leonardo Donato, Dogo de Venecia, Agosto de 1609, y Notas sobre las Lunas de Júpiter, Enero 1610. University of Michigan, Harlan Hatcher Graduate Library's Special Collections. Imagen de dominio público.

Figura 8. Júpiter con sus cuatro satélites principales, mostrados con Stellarium.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Diagrama de Il saggiatore de Galileo en el que describe sus observaciones del ciclo de fases del planeta Venus.



Fuente: Il saggiatore: nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano... Roma: appresso Giacomo Mascardi, 1623. Imagen de dominio público.

Figura 10. Venus en cuarto creciente. Imagen creada con Stellarium.



Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

En el presente artículo se reflexiona sobre posibles utilidades de las simulaciones informáticas para la enseñanza de aspectos astronómicos, tratando de aunar la vertiente científica, didáctica y cultural, utilizando la historia de la ciencia como nexo de unión de todas ellas. Ello constituye un intento de minimizar los problemas existentes en la comprensión e interpretación de determinados fenómenos y salir al paso de las inexactitudes en las que incurren no pocos libros de texto. El empleo de estas simulaciones puede tener múltiples utilidades como el reproducir fenómenos difícilmente observables, poner a prueba sus ideas previas sobre estos, modificar parámetros y condiciones iniciales, poner en valor las aproximaciones al estudio de los cielos que se llevaron a cabo en el pasado, etc., que son de suma utilidad en el contexto de la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos. Como ejemplo se han presentado simulaciones que pueden realizarse para observar diversos fenómenos astronómicos descubiertos por Galileo, del cual se muestran fuentes originales.

En la experiencia de quienes firman este artículo, actividades de este tipo resultan motivadoras para el alumnado y propician una reflexión sobre la construcción de los saberes científicos y sobre las preocupaciones y la realidad de la época objeto de estudio. No obstante, el modelo didáctico que aquí se presenta todavía se debe desarrollar y concretar detectando las ideas previas del alumnado, avanzando en la modelización, explicación, justificación y argumentación de los fenómenos estudiados, en la inclusión de la perspectiva de género, así como en la evaluación de los aprendizajes que se pretenden con las actividades propuestas. A ello se dedicará esta investigación en un futuro inmediato.

Referencias

- Alonso-Sainz, E. (2022). Las TIC en la etapa de educación infantil: una mirada crítica de su uso y propuesta de buenas prácticas como alternativa educativa. *Vivat Academia, Revista de Comunicación*, 155, 241-263. <https://doi.org/10.15178/va.2022.155.e1371>
- Álvarez, M. (1997). Comprensión y expresión oral y escrita en Ciencias de la Naturaleza (3º de ESO). *Investigación e innovación en la didáctica de las ciencias. V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias*, (extra), 231-233.
- Álvarez, M. (2000). Papel de la historia de las ciencias en la enseñanza de la química: situación actual y perspectivas. En M. Limón *et al.*, *Aspectos Didácticos de Física y Química* (pp. 29-69), 9. ICE Universidad de Zaragoza.
- Álvarez, M. (2007). ¿Qué historia de la ciencia enseñar? Orientaciones para la formación docente. En M. Quintanilla (Comp.), *Historia de la Ciencia. Aportes para la Formación del Profesorado* (pp. 65-80). Arrayán.
- Álvarez, M., Arias, A., Pérez, U., & Serrallé, F. (2013). La historia de las ciencias en el desarrollo de competencias científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 213-233.
- Álvarez, M., Nuño, T., & Solsona, N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid: Síntesis.
- Amadeu, R., & Leal, J. P. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 177-188. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285788>
- Atwood, R. K., & Atwood, V.A. (1996). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Causes of Seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 553-563. <https://bit.ly/3wyE5Xp>
- Bakas, C., & Mikropoulos, T. (2003). Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, 25(8), 949-967. <https://doi.org/10.1080/09500690305027>
- Barab, S., Hay, K. E., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719-756. <https://bit.ly/3G553Jc>
- Baxter, J. H., & Preece, P.F.W. (2000). A comparison of dome and computer planetaria in the teaching of astronomy. *Research in Science and Technological Education*, 18(1), 63-68. <https://doi.org/10.1080/02635140050031046>
- Cabaleiro Pedrero, M., Rodríguez Terceño, J. y Sarmiento Guede, J. R. (2020). Las TIC como herramienta de investigación: analizando las técnicas de Programación Neurolingüística. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 52, 1-15. <https://doi.org/10.15198/seeci.2020.52.1-15>
- Fluke, C. J. (2008). Virtual field trips: using Google Maps to support online learning and teaching of the History of Astronomy. *Astronomy Education Review*, 7(2), 74-96. <http://dx.doi.org/10.3847/AER2008022>
- Gay, P., Price, A., & Searle, T. (2007). Astronomy Podcasting: A Low-Cost Tool for Affecting Attitudes in Diverse Audiences. *Astronomy Education Review*, 5(1), 36-52. <http://dx.doi.org/10.3847/AER2006003>
- Gil, D. (1998). El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90. <https://doi.org/10.35362/rie1801092>
- Gil, D., Carrascosa, J., & Martínez, F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En F. J. Perales & P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 11-34). Marfil. <https://bit.ly/3wllUgH>
- Izquierdo, M., Espinet, M., Garcia, M.P., Pujol, R.M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, (extra de junio), 79-92. <https://bit.ly/3G6JHuV>
- Jiménez, M. P. (2004). El modelo de evolución de Darwin y Wallace en la enseñanza de la biología. *Alambique*, 42, 72-80. <http://hdl.handle.net/11162/21791>
- Jorba *et al.* (Ed.) (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Bellaterra (Barcelona): ICE UAB.
- Kaltcheva, N., & Nenkova, M. (2021). Teaching introductory astronomy using virtual observations. *Physics Education*, 56(6), 065015. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac1c47>
- Kavanagh, C., Agan, L., & Sneider, C. (2005). Learning about phases of the Moon and eclipses: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, 4(1), 19-52. <http://dx.doi.org/10.3847/AER2005002>
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2) 173-182. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51253>
- Lopresto, M. (2004). Teaching the Scientific Method in Introductory Astronomy. *Astronomy Education Review*, 2(2), 138-145. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2003AEdRv...2b.138L/doi:10.3847/AER2003020
- Miftah, R., & Surya, A. (2019). Development of Belajar Astronomi: an astronomy learning application for kids. *Sinkron*, 3(2), 79-88. <https://zhuanfou.com/download/4bcb4c1aa0f2?doi=doi>
- Nieto-Galán, A. (2007). Las 'Historias de la Ciencia' y sus adaptaciones a la enseñanza: un debate abierto. En M. Quintanilla (Comp.), *Historia de la Ciencia. Aportes para la formación del profesorado* (pp. 81-93). Arrayán.
- North, J. (2001). *Historia Fontana de la astronomía y la cosmología*. Fondo de Cultura Económica.

- North, J. (2008). *Cosmos. An illustrated History of Astronomy and Cosmology*. The University of Chicago Press.
- Pereira, A. I., & Amador, F. (2007). A História de Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 1-26. <https://bit.ly/3wEsshi>
- Pérez, U., & Álvarez, M. (2007). Las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Astronomía: el programa Stellarium. *Boletín das Ciencias*, 64, 73-74. <https://bit.ly/3POFbWD>
- Pérez, U., & Álvarez, M. (2009). Desacreditando la Astrología mediante las Nuevas Tecnologías. *Alambique*, 60, 95-99. <https://bit.ly/3MFFlsm>
- Pérez, U., Álvarez, M., & Serrallé, F. J. (2009a). Los errores de los libros de texto de Primer Curso de ESO sobre la evolución histórica del conocimiento del universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 109-120. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132210>
- Pérez, U., Álvarez, M., & Serrallé, F. J. (2009b). Utilización de textos históricos y TIC en la enseñanza de la Astronomía: ¿la evidencia de los sentidos corrobora realmente que la Tierra es esférica? *Alambique*, 61, 57-64. <https://bit.ly/3Npy4BI>
- Pérez, U., Pérez, I., & Álvarez, M. (2007). Novas tecnoloXías e ensinanza da Astronomía: explorando o sistema solar e simulando fenómenos astronómicos sinxelos en 1º de ESO. *Revista de Investigación en Educación*, 4, 22-35. <https://bit.ly/388uKvQ>
- Pérez, U., Pérez, I., Álvarez, M., & Abilleira, P. (2008). El Planetario en el aula: mostrando las consecuencias de los movimientos de la Tierra y la Luna. *Geo-Temas*, 10, 83-86. <https://bit.ly/3LxymVS>
- Philips, W.C. (1991). Earth Science Misconceptions. *Science Teacher*, 58(2), 21-23.
- Prasad, K. (2018). Use of ICT to support science teaching and learning. *Ideal research review*, 60(1), 5-9. <https://bit.ly/3wGbL45>
- Price, A. (2007). New Media Technologies: Proposing An Integrated Approach. *Astronomy Education Review*, 6(1), 171-176.
- Pujol, R. M. (2007). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 239-266). Marfil. <https://bit.ly/38H9Rr0>
- Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique*, 29, 71-83. <http://hdl.handle.net/11162/24648>
- Santos, H. L., Lucas, L. B., Sanzovo, D. T., & Pimentel, R. G. (2019). The use of digital technologies for the teaching of Astronomy: a systematic review of literature. *Research, society and development*, 8(4), 1-24. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i4.812>
- Sierra, J. L. (2000). Informática y Enseñanza de las Ciencias. En F.J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 339-359). Marfil.
- Solbes, J., & Palomar, R. (2011). ¿Por qué resulta tan difícil la comprensión de la astronomía a los estudiantes? *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 25, 187-211. <https://bit.ly/3LDLYyM>
- Tarnag, W., Ou, K., Lu, Y., & Liou, H. H. (2018). A sun path observation systema based on augment reality and mobile learning. *Mobile information systems*, 2018, 5950732. <https://doi.org/10.1155/2018/5950732>
- Ten, A. E., & Monrós, M. A. (1984). Historia y Enseñanza de la Astronomía. Los primitivos instrumentos y su utilización pedagógica. I. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 49-56. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50694>
- Ten, A. E., & Monrós, M. A. (1985). Historia y Enseñanza de la Astronomía II. La posición de los cuerpos celestes. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), 47-56. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50822>
- Tian, K., Urata, M., Endo, M., Mouri, K., Yasuda, T., & Kato, J. (2019). Real-world oriented smartphone AR supported learning system based on planetarium contents for seasonal constellation observation. *Applied Sciences*, 9(17), 3508. <https://doi.org/10.3390/app9173508>
- Trumper, R. (2003). The Need for Change in Elementary School Teacher Training. A Cross-College Age Study of Future Teachers' Conceptions of Basic Astronomy Concepts. *Teaching and Teacher Education*, 19(3), 309-323. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(03)00017-9)
- Varela, M., Pérez, U., Álvarez, M., & Arias, A. (2015). Concepciones alternativas sobre Astronomía de profesorado español en formación. *Ciencia & Educaçao*, 21(4), 799-816. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150040002>