



HERRAMIENTAS VIRTUALES DE SIMULACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA DIURNA EN FUTUROS MAESTROS DE PRIMARIA.

VIRTUAL SIMULATION TOOLS IN TEACHING SUN-EARTH SYSTEM ASTRONOMY IN FUTURE PRIMARY TEACHERS.

Manel Ibáñez Plana; m.ibanez@macs.udl.cat

Assumpta Estrada Roca; aestrada@matematica.udl.cat

Iván Barbero Sola; ibarbero@pip.udl.cat

Universitat de Lleida

RESUMEN

Este trabajo presenta el impacto de la incorporación de herramientas virtuales de simulación de libre distribución combinadas con un modelo instruccional constructivista y dialógico en la docencia de la astronomía diurna en la formación universitaria de los futuros maestros de Primaria. La implementación se evalúa mediante un diseño cuasi experimental. La evaluación consiste en pruebas individuales pre/post test y la elaboración grupal de una secuencia didáctica. El pre-test muestra la igualdad inicial entre grupos así como el desconocimiento por parte de los estudiantes de los conceptos básicos en astronomía diurna. A pesar del tamaño reducido de la muestra participante concluimos que las herramientas virtuales y el modelo instruccional han contribuido a mejorar la instrucción tradicional.

PALABRAS CLAVE: herramienta de simulación, astronomía diurna, ciencias, formación inicial y maestros de Primaria.

ABSTRACT

This study presents the impact of the inclusion of virtual simulation tools combined with and dialogical constructivist instructional model in teaching Sun-earth system astronomy at university to future Primary teachers. The implementation is evaluated using a quasi-experimental design. Pre/post-test and development of a teaching sequence were used to measure change in participants understanding. The pre-test shows the initial equality between groups and ignorance in the basics of astronomy. Despite the small size of the participant we conclude that the virtual tools and the instructional model have given proper results.

KEYWORDS: Simulation tool, astronomy, sciences, initial formation and pre-service Primary teachers.

1. INTRODUCCIÓN

‘Si los futuros maestros desconocen que el Sol se sitúa al Sur del lugar al mediodía solar, es que hemos perdido el Norte’ me comentaba una maestra de Primaria con 20 años de experiencia profesional. Afirmaciones como la anterior y las evidencias recogidas sobre el analfabetismo científico de los estudiantes del grado de Educación Primaria sobre el sistema Tierra-Sol incentivaron nuestra creatividad al abordar la didáctica de la astronomía diurna en la materia de ciencias experimentales. Seguimiento de sombras de gnómones, construcción de relojes de Sol, indagación con la Tierra Paralela, medición de la radiación solar incidente mediante paneles fotovoltaicos, han sido algunos de los recursos didácticos ensayados a lo largo de los últimos cursos obteniendo resultados de aprendizaje desalentadores. Las dificultades para comprender el modelo Tierra-Sol son evidentes y ya han sido ampliamente comunicadas (Trumper, 2006; Lelliot y Rollnick, 2010) también entre los escolares de educación Primaria (Navarro, 2011; Vílchez-González y Ramos-Tamajón, 2015). Según Navarro (2011) sólo un tercio de los alumnos del último ciclo de primaria saben que la trayectoria diaria del Sol tiene forma de arco con extremos en el horizonte y poco más de la mitad que el día comienza y acaba con el Sol en el horizonte. En cuanto a los ciclos anuales, según un estudio cualitativo basado en 127 entrevistas conformes con la metodología de los mapas evolutivos, una gran mayoría de los alumnos de primaria no ha diferenciado distintas culminaciones a lo largo del año y ninguno, distintas posiciones del orto y el ocaso. Al plantear la diferenciación de la duración del día o de la culminación del Sol a lo largo del año, ambas suelen ser de carácter discreto (generalmente tres o cuatro niveles) y su integración responde a la conocida oposición verano-invierno. Es decir, piensan que la duración de los días o la culminación del Sol es esencialmente uniforme en cada estación y que ambos parámetros toman valores extremos en verano e invierno e intermedios en primavera y otoño.

Por todo ello dos de los aspectos clave a considerar en este estudio son:

1. El aprendizaje del modelo Sol-Tierra y las causas de las estaciones presentan una gran dificultad intrínseca, incluso para los estudiantes de bachillerato, asociada en parte a las destrezas geométricas proyectivas requeridas, la capacidad de imaginar y operar el sistema en tres dimensiones y de vincular la perspectiva local con la espacial (Lanciano y Camino, 2008).
2. El aprendizaje mediante indagación en el dominio de la astronomía diurna requiere ampliar la escala temporal y espacial de trabajo, ello conlleva una constancia y una dedicación difíciles de practicar con la organización de la docencia en la universidad actual.

Después de diversos intentos de intervención, la introducción este curso de herramientas virtuales de simulación de libre distribución combinadas con un modelo instruccional constructivista y dialógico basado en la espiral del conocimiento de Wells (1999) ha dado resultados que consideramos interesante compartir en este trabajo.

La implementación de programas de simulación ha sido extensamente explotada en otros campos de la didáctica de las ciencias (Rutten et al., 2012; Smetana y Bell, 2012). Frente a los libros de texto clásicos el contexto de aprendizaje generado por estas herramientas ofrece incuestionables ventajas como que los estudiantes pueden explorar sistemáticamente situaciones hipotéticas, interactuar con sistemas muy simplificados de una realidad compleja, trabajar en escalas de tiempo o espaciales imposibles en el contexto escolar y plantearse indagaciones en un entorno realista. El descubrimiento por parte del estudiante de que sus predicciones son confirmadas por las siguientes

simulaciones, cuando el estudiante comprende las causas, conduce a un refinamiento conceptual de la comprensión de los fenómenos (Windschitl y Andre, 1998). Las simulaciones astronómicas pueden dar apoyo a auténticas prácticas de indagación más o menos dirigidas como ya ha sido estudiado en educación primaria (Sun et al., 2009) y secundaria (Schneps y otros, 2014; Plummer et al., 2014; Persson y Eriksson, 2016).

A pesar de las bondades de las herramientas virtuales, son muy pocos los trabajos dedicados a la formación en astronomía de los futuros maestros de educación primaria. Únicamente sobre las fases lunares, Bell y Trundle (2010) comparan tres instrucciones basadas en la formación de maestros aplicando programas informáticos y Ucar (2014) también aborda la investigación sobre las herramientas digitales.

La disponibilidad, relativamente reciente, de *Stellarium* (www.stellarium.org) y de *Nebraska Astronomy Applet Project* (astro.unl.edu/naap) como herramientas de libre disposición nos llevó a ensayar su implementación en nuestras clases. El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia y los resultados preliminares de evaluación de una estrategia de instrucción en el aula, basada en modelos virtuales y trabajo colaborativo sobre el sistema Sol-Tierra.

2. HERRAMIENTAS VIRTUALES APLICADAS

Stellarium es un programa que permite usar un ordenador personal como un planetario virtual. Calcula la posición del Sol y de la Luna, de los planetas y de las estrellas y muestra cómo aparecería el cielo a un observador, dependiendo de su ubicación y de la hora. Muestra el movimiento aparente del Sol en tiempo real o acelerado para cualquier localidad (incluso desde la Luna). También puede mostrar las constelaciones y simular fenómenos astronómicos como lluvias de meteoros y eclipses solares y lunares. *Nebraska Astronomy Applet Project* ofrece laboratorios en línea de introducción a la astronomía. Cada laboratorio consta de materiales de fondo y uno o varios simuladores que los estudiantes utilizan en su trabajo a través de una guía para el estudiante. Dos de los laboratorios son del nivel e interés adecuados para nuestra materia: *Basic Coordinates and Season'* y *Motions of the Sun*. Las dos herramientas de simulación seleccionadas se complementan ofreciendo características diferentes e imprescindibles. *Stellarium* destaca por ser un simulador de la realidad donde se pueden hacer observaciones tan reales como las del patio exterior del centro educativo (incluso sobre el paisaje local) ofreciendo la ventaja de poder determinar las coordenadas de la posición del Sol, habilidad excesivamente dificultosa de realizar en campo para nuestros estudiantes. Añadir que las experiencias planteadas se pueden localizar en cualquier punto del planeta y momento del año. Por otra parte, los laboratorios de *Nebraska Astronomy Applet Project* ofrecen el modelo científico que explica las observaciones y permiten trabajar el seguimiento de las sombras en cualquier lugar del planeta y en el instante deseado.

3. MODELO INSTRUCCIONAL APLICADO

El modelo instruccional asume que el aprendizaje se da mediante diálogos en contextos de resolución de problemas en los cuales el sujeto ha de interactuar con otros mediante el uso de herramientas. La espiral de Wells (1999) intenta representar el proceso de aprendizaje y, para que este proceso se desarrolle, propone la secuenciación del aprendizaje en cuatro fases.

Dado que se dedican 12 horas de clase a formación en astronomía diurna la concreción de las fases y su temporización quedan distribuidas de la siguiente forma:

Fase de experiencia (F1, 2 horas). Se pretenden activar los conocimientos previos del alumnado mediante un pre-test, motivar el interés mediante la visualización en video de actividades realizadas por escolares de primaria, dejar claros los objetivos respecto a la temática a aprender y hacer que pueda explicitar lo que sabe al respecto compartiendo en grupos el análisis de los materiales visionados.

Fase de información (F2, 4 horas). Esta fase supone el incremento de información que complete o ponga en duda los conocimientos previos de los estudiantes. Incluyen la instrucción guiada sobre conceptos de astronomía elemental para todo el grupo incorporando actividades reales con los gnómones y la Tierra Paralela. Al grupo experimental se le introducen las herramientas de simulación con el objetivo de ejemplificar los conceptos elementales.

Fase de construcción del conocimiento (F3, 4 horas). Se trabaja con las herramientas virtuales (grupo experimental) o con recursos convencionales (grupo control) en grupos colaborativos (3 alumnos) dedicándose a la resolución de dos cuestiones asignadas del listado de 'Cuestiones de indagación' (anexo III). Debido al número de grupos colaborativos, cada una de las 10 cuestiones propuestas en el anexo III es resuelta por más de un grupo y los resultados son compartidos en el aula. Ello implica la construcción dialógica del conocimiento con otros, esto es, el proceso activo de creación de significado.

Fase de apropiación (F4, 2 horas). Haber participado en el proceso de creación de significado compartido sobre el objeto indagado permite realizar una atribución de sentido que mejora la explicación dada en un momento inicial de la experiencia personal. En esta fase se plantea representar y compartir la nueva realidad apropiada presentando en un diagrama el proceso de resolución de una de las cuestiones planteadas.

4. METODOLOGÍA

Este trabajo se ha desarrollado en el curso académico 2014-2015 con 90 estudiantes de 2º curso del grado de Educación Primaria, distribuidos en dos grupos naturales para seguir un modelo instruccional análogo, 30 son del Doble grado de Educación Infantil/Primaria y 60 del grado de Primaria tradicional.

De los 90 estudiantes involucrados en el estudio sólo el 6% habían realizado el bachillerato en ámbitos científico-técnicos. La mayoría sólo habían recibido formación en asignaturas de ciencias experimentales durante la educación secundaria obligatoria.

Como grupo experimental se tomaron los 30 estudiantes del Doble grado de Educación Infantil/Primaria que realizaron la formación aplicando las herramientas virtuales anteriormente descritas en las horas correspondientes a las clases prácticas asignadas en la materia. Los 60 estudiantes del grado de Primaria tradicional forman el grupo control que recibe las mismas horas de formación práctica sin introducir las herramientas virtuales y trabajando también en dos grupos de 30 estudiantes, según organización propia de la Universidad, con lo que se consigue igualar la distribución grupal y horaria para los grupos implicados en el estudio.

Por consiguiente se ha llevado a cabo una investigación cuasi experimental, con un grupo experimental ($N_e=30$) y un grupo de control ($N_c=60$). Para la evaluación de la propuesta se miden los resultados de la experiencia mediante dos herramientas: unos test pre/post instrucción individual y una secuencia didáctica en equipos de 3 personas.

A. *Pre/post test*

La evaluación individual se basa en un pre-test y un post-test (anexos I y II) sobre astronomía diurna. El pre-test se plantea a los estudiantes durante la primera semana del cuatrimestre (F1, febrero 2015) y el post-test al final del mismo (F4, junio 2015). La prueba pre-test consta de 10 preguntas breves y el post-test de 4 cuestiones, en ambas pruebas se valora el acierto y se realizaron tanto al grupo control como al experimental. El cuestionario utilizado en el pre-test (anexo I) se diseñó sobre la base de cuestiones relacionadas con los fenómenos día y noche y las estaciones. Un tercio de las cuestiones hacen referencia a la observación directa del entorno mientras que el resto requiere de aplicar el modelo Tierra-Sol para la comprensión de los fenómenos en otras localidades del planeta. El cuestionario post-test (anexo II) es de dificultad muy superior al inicial, entendiéndose que debiera constatarse progresión en el aprendizaje tanto en el grupo experimental como en el grupo control, pretende obtener una comparación relativa entre ellos.

B. *Secuencia didáctica*

La otra tarea evaluativa corresponde a la fase 4 del modelo instruccional y consiste en la creación de una secuencia de indagación, se plantea con posterioridad a la formación (F3). Abierta y orientada hacia la elaboración de una secuencia didáctica propia se comunican a los estudiantes siguientes indicaciones: 'Vuestro objetivo es diseñar y desarrollar una indagación astronómica en un aula de ciclo superior de Primaria a desarrollar en un máximo de 4 sesiones. Tenéis que redactar la planificación de cada una de las sesiones. En cuanto a los contenidos se pueden abordar el movimiento aparente del Sol, las sombras, las estaciones y la energía solar en edificios e instalaciones. Se debe detallar el desarrollo de las sesiones planteando que harán los niños. Podéis utilizar cualquier recurso disponible para la instrucción'.

Para el análisis de estas secuencias se clasificaron las propuestas según los contenidos desarrollados en cuatro categorías: Movimiento aparente del Sol, sombras, radiación solar y variabilidad estacional. Aunque estas categorías son artificiales se han definido como herramienta de trabajo en el análisis de las secuencias didácticas. La integración de los contenidos de las cuatro categorías dota de una visión coherente del ámbito de la astronomía diurna a los estudiantes. La tabla del anexo IV presenta para cada una de estas categorías una propuesta de progresión de contenidos a lo largo de la enseñanza obligatoria escalonada en 5 niveles, donde el último es el nivel de referencia a alcanzar al final de la educación Secundaria obligatoria. El nivel 3 puede corresponder al que debería plantearse alcanzar en acabar la etapa de educación Primaria. Esta progresión es una propuesta de los autores realizada a partir de la revisión bibliográfica y no ha sido rigurosamente validada ya que esta metodología pretende únicamente ofrecer una comparación relativa entre el grupo control y el grupo experimental.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. *Pre/post test*

Las ideas de los estudiantes antes de la instrucción se plantea evaluarlas con el cuestionario del anexo I. Los resultados obtenidos se presentan en la figura 1. El acierto medio para las 10 cuestiones obtenido para el grupo experimental es 34,0% y para el grupo control 32,4%.

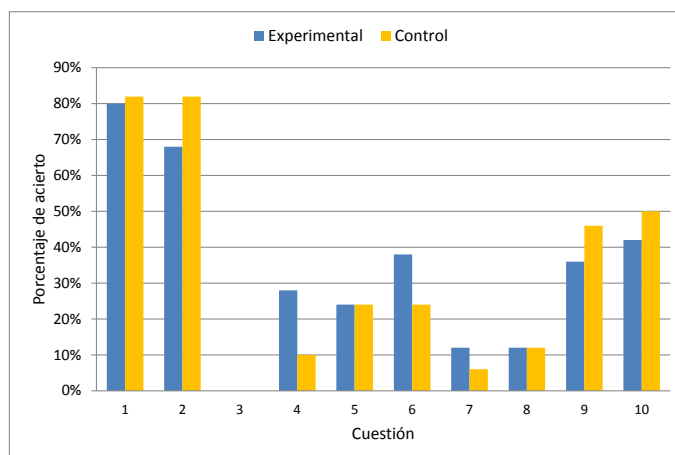


Figura 1. Porcentaje de acierto en el pre-test.

Los resultados obtenidos son similares a los citados por otros autores para niveles anteriores al universitario. En las cuestiones iniciales planteadas en el anexo I nuestros estudiantes sólo superan claramente las preguntas 1 y 2 relacionadas con la observación de sombras en el lugar y aproximadamente la mitad de los estudiantes responden correctamente a las preguntas 9 y 10 relacionadas con las diferentes posiciones del orto a lo largos del año. Los resultados ponen en evidencia las dificultades en describir el movimiento aparente del Sol en el propio lugar y no digamos en otra localización del planeta. Un ejemplo dramático es la cuestión 3 en la que ninguno de los estudiantes responde que la culminación del Sol en el cenit del lugar sólo puede ocurrir en la zona intertropical. No es un consuelo pero encontramos resultados similares en España (Martínez y Martínez, 2005) y el extranjero. Frede (2006) cita, en un estudio con maestros de Primaria en formación en Francia, que sólo el 16% explicaban de forma adecuada la existencia de estaciones.

Los resultados del post-test (anexo II) se presentan en la tabla 2 y la figura 2. El acierto medio para las 4 cuestiones obtenido para el grupo experimental es 57,0% y para el grupo control 31,5%.

Grupo	N	Media	Desv. Estándar
Experimental	4	57,0	13,64
Control	4	31,5	12,28

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los resultados.

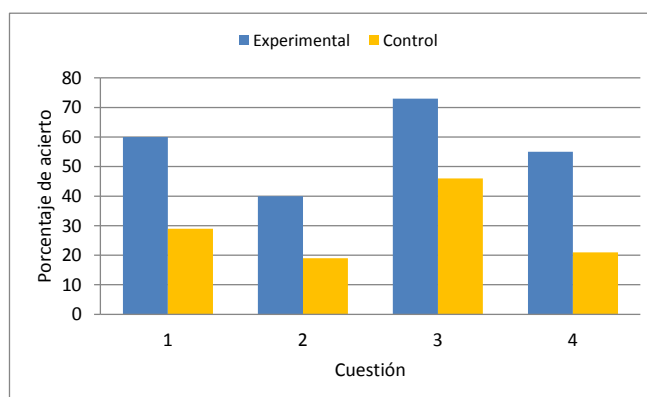


Figura 2. Porcentaje de acierto en cuestionario de evaluación final.

B. Secuencia didáctica

El análisis de esta producción podría ofrecer alguna información sobre el conocimiento didáctico en astronomía de los estudiantes pero el análisis que presentamos se centra exclusivamente en el conocimiento teórico. Los contenidos de las secuencias (10 del grupo experimental y 20 del grupo control) se han codificado de la siguiente forma. En una primera etapa se clasifican en las 4 categorías identificadas en anexo IV. Cuando la categoría no es tratada en los contenidos de la secuencia se indica con un 0. En una segunda etapa se valora el nivel más elevado que se plantea trabajar en las secuencias. La evaluación de las secuencias didácticas según su contenido se muestra en la tabla 3.

		Equipos de trabajo									
Experimental		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Mov. aparente		3	2	4	3	4	3	4	4	2	2
Sombras		2	1	2	0	1	2	3	2	2	1
Radiación solar		1	0	2	2	2	0	2	2	2	1
Var. estacional		3	3	4	4	4	4	4	3	4	3
Control		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Mov. aparente		3	2	2	3	2	2	2	2	4	2
Sombras		2	1	2	0	1	2	3	0	0	0
Radiación solar		0	0	1	1	1	0	1	1	2	1
Var. estacional		3	3	3	4	4	3	3	3	4	3
Control		XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Mov. aparente		2	2	3	3	3	3	2	2	2	2
Sombras		2	1	2	0	0	2	3	0	2	1
Radiación solar		0	0	0	1	2	0	0	1	0	1
Var. estacional		2	4	3	2	3	3	4	3	2	3

Tabla 3. Nivel de las actividades propuestas según categoría por cada equipo de trabajo.

Los resultados sugieren que, después de la formación recibida, prácticamente todos los grupos tienen la confianza necesarias para plantear una secuencia de actividades multi-sesión de un nivel adecuado a ciclo superior de Primaria (nivel 3) en alguna de las cuatro categorías definidas. Según el resumen de la tabla 4, la variabilidad estacional de los elementos del clima y su relación con la astronomía diurna es la opción en la que los estudiantes prefieren profundizar más en sus actividades. Por el contrario, la energía solar incidente y las sombras son las opciones que se trabaja en menos grupos y con un menor nivel tanto en el grupo experimental como en el grupo control. Estos resultados son consecuentes con las actividades planteadas en la *fase de construcción del conocimiento (F3)* y más concretamente con el listado de 'Cuestiones de indagación' (anexo III). Pero también lo son con las herramientas virtuales trabajadas ya que ninguna de las seleccionadas permite la simulación de la radiación solar a nivel energético. La incorporación de una tercera herramienta virtual, también disponible, dirigida a la cuantificación de la irradiancia solar incidente en diferentes planos, fechas y localidades fue descartada por la complejidad y la extensión temporal que la actividad descrita adquiriría.

		Experimental	Control
		N=10	N=20
Movimiento aparente	Media	3,1	2,4
	Desv. Estándar	0,88	0,60
Sombras	Media	1,6	1,2
	Desv. Estándar	0,84	1,06
Energía solar	Media	1,4	0,6
	Desv. Estándar	0,84	0,67
Variación estacional	Media	3,7	3,1
	Desv. Estándar	0,52	0,64

Tabla 4. Estadísticos de los niveles propuestos en las secuencias.

6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos y a pesar del tamaño reducido de la muestra participante podemos concluir que, en nuestro estudio y además en concordancia con investigaciones previas en otros dominios específicos, las herramientas virtuales pueden mejorar la instrucción tradicional en astronomía diurna de los estudiantes universitarios del grado de Educación Primaria.

Los resultados de las dos evaluaciones, post-test y secuencias didácticas, parecen indicar que la introducción de las herramientas virtuales ha servido para promover a un nivel conceptual y sugerimos que también actitudinal superior al grupo experimental respecto al grupo control, cuando habían mostrado en el pre-test su igualdad antes de iniciar la instrucción.

La mayor parte de la investigación sobre el uso didáctico de simulaciones se ha abordado sin tener en cuenta el impacto de las ayudas del profesor. Definitivamente, un factor clave en nuestra

experiencia sobre astronomía diurna que es necesario explorar en futuros trabajos. Suscribimos la afirmación de van Berkum y de Jong (1991) cuando expresan que a pesar de que la prestación de apoyos restringe a los estudiantes las posibilidades de explorar libremente el entorno de simulación, el andamiaje que proporciona el profesor mejora los aprendizajes.

Otra de las limitaciones del estudio es que las herramientas virtuales pueden ser aplicadas tanto en la instrucción como en la evaluación. En este caso no se ha realizado para plantear una comparación entre el grupo experimental y el control. De hecho las herramientas proporcionan una evaluación formativa continua al estudiante y creemos que este es uno de los factores, junto con la motivación, que favorece un aprendizaje más eficiente.

Finalmente, el dominio de las herramientas es uno de los valores intrínsecos de la actividad así como su accesibilidad. Con dispositivos tan interesantes como la Tierra Paralela nos encontramos siempre con dificultades de organización de la indagación por parte de los estudiantes, claramente resueltos en las simulaciones con ordenador donde cada equipo de trabajo puede acceder siempre a la herramienta, pausar y ajustar su propio ritmo de trabajo.

Por todo ello pensamos que es necesario continuar profundizando en este campo para llegar a conseguir una mejora sustancial en la formación científica de los estudiantes del grado de Educación Primaria.

7. REFERENCIAS

- BELL R.L. y TRUNDLE K.C. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers and Education* 54 (4) 1078–1088.
- FREDE, V. (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy. *Advances in Space Research* 38, 2237–2246.
- LANCIANO N. y CAMINO N. (2008). Del ángulo de la geometría a los ángulos en el cielo. Dificultades para la conceptualización de las coordenadas astronómicas acimut y altura. *Enseñanza de las Ciencias* 26(1), 77-92.
- LELLIOTT, A. y ROLLNICK, M. (2010). Big ideas: A review of astronomy education research 1974-2008. *International Journal of Science Education*, 32 (13), 1771-1799.
- MARTÍNEZ B. y MARTÍNEZ J. (2005). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Sun-Earth Model: A Proposal of a Teaching-Learning Sequence. *The Astronomy Education Review* 1(4), 121-126.
- 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.
- PERSSON R. y ERIKSSON U. (2016) Planetarium software in the classroom. *Physics Education*, 51(2), 15-21
- PLUMMER, J., KOCARELI, A. y SLAGLE, C (2014). Learning to Explain Astronomy Across Moving Frames of Reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1083-1106.

- RUTTEN N.; van JOOLINGEN W.R., VAN DER VEEN, J.T. (2012) The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education* 58 (1), 136–153.
- SCHNEPS M.H., RUEL J., SONNERT G., DUSSAULT M., GRIFFIN M. y SADLER P. (2014) Conceptualizing astronomical scale: Virtual simulations on handheld tablet computers reverse misconceptions. *Computers & Education* 70, 269-280.
- SMETANA L.K. y BELL R.L. (2012) Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34 (9), 1337-1370.
- SUN , K.T., LIN, C.L. y WANG , S.M. (2009). A 3-D virtual reality model of the sun and the moon for e-learning at elementary schools. *International Journal of Science and Mathematics Education* , 8(4), 689-710.
- TRUMPER, R. (2006). Teaching Future Teachers Basic Astronomy Concepts -Seasonal Changes- at a Time of Reform in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 879–906.
- VAN BERKUM J. J. A., y DE JONG, T. (1991). Instructional environments for simulations. *Education & Computing*, 6, 305–358.
- UCAR, S. (2014) The effects of simulationbased and model-based education on the transfer of teaching with regard to moon phases. *Journal of Baltic Science Education*, 13(3), 327-338.
- VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, J. M. y RAMOS-TAMAJÓN, C. M. (2015). La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 2-21.
- WELLS, G. (1999). The zone of proximal development and its implications for learning and teaching. *In Dialogic inquiry: Towards a sociocultural practice and theory of education* (pp.313-334). Cambridge: Cambridge University Press.
- WINDSCHITL M. y ANDRE T. (1998) Using computer simulations to enhance conceptual change: the roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching* 35 (2), 145–160.

Agradecimientos

Este estudio se ha realizado con el apoyo del proyecto 2014 ARMIF 00003 'Millora de la formació docent dels estudiants de doble grau d'educació infantil i primària mitjançant l'ús d'eines digitals' del Departament d'Economia i Coneixement de la Generalitat de Catalunya.

Para citar este artículo:

IBÁÑEZ, M.; ESTRADA, A. & BARBERO, I. (2017). Herramientas virtuales de simulación en la enseñanza de la astronomía diurna en futuros maestros de primaria. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 59. Recuperado el dd/mm/aa de <http://www.edutec.es/revista>

Anexo I. Pre-test

1. ¿En qué momento del día de hoy la sombra que proyectas en el suelo será más corta?
2. ¿Tu sombra ahora es idéntica en Lleida que en Zaragoza?
3. Si paseando por la calle hoy encontraras al mediodía el Sol sobre tu cabeza, ¿en qué zona del planeta estarías?
4. ¿Por qué al volar a Nueva York has de retrasar el reloj 6 horas?
5. ¿Hay algún lugar del planeta Tierra dónde hoy seguro que no verán el Sol?
6. ¿En qué mes del año disfrutan en Australia del mayor número de horas diurnas?
7. En Logroño tenemos días de 12 horas diurnas y 12 nocturnas, ¿cuántos cada año? ¿Son los mismos en París?
8. ¿Por qué motivo los veranos son más cálidos que los inviernos en Madrid?
9. ¿En Oviedo el Sol sale por el mismo punto del horizonte el día de Navidad y el de San Juan?
10. ¿Ilumina el Sol la cara norte de nuestra Facultad algún día del año?

Anexo II. Post-test

1. ¿Por qué en Lleida varia el número de horas diurnas según el día del año?
2. ¿Qué tienen en común todos los pueblos que están en un mismo meridiano?
3. ¿Qué orientación tiene la fachada más cálida de la Facultad en invierno? ¿Por qué?
4. Hacia el mediodía solar un habitante en el ecuador de la Tierra observa el Sol mirando hacia el Norte. ¿En qué fechas estamos?

Anexo III. Cuestiones de indagación

1. ¿Cómo se sabe cuándo es el mediodía solar en tu pueblo sin utilizar el reloj? ¿Puedes encontrar otras localidades en la misma situación ese instante?
2. ¿En Lleida el Sol sale por el mismo punto del horizonte el día de Navidad y el de San Juan? ¿Por qué?
3. ¿Tu sombra en este instante es idéntica en Lleida que en Sevilla? ¿Dónde lo será?
4. ¿Hay lugares de la Tierra dónde hoy no sale el Sol? ¿Puede que suceda en otras fechas?
5. ¿Por qué en las Islas Canarias llegan a las 12 h del mediodía una hora más tarde que en Barcelona?
6. ¿Cuántos días al año observen que al mediodía no hacen sombra los habitantes en los trópicos? ¿Y los del ecuador?
7. ¿En el hemisferio norte, a medida que aumenta la latitud del lugar disminuye la altura solar en la culminación? ¿Todo el año?
8. ¿Por qué en Lleida el verano es más caluroso que el invierno?
9. ¿Todos los lugares de la Tierra tienen el mismo número de horas nocturnas y diurnas el 21 de Septiembre? ¿Sucede lo mismo el 21 de Junio?
10. ¿A medida que viajamos desde Madrid hacia el Polo Norte siempre se acorta el número de horas de Sol diarias? ¿Por qué?

Anexo IV. Niveles de aprendizaje.

Nivel	Categoría			
	A	B	C	D
	Movimiento aparente del Sol	Sombras	Energía solar incidente	Variabilidad estacional
1	Conoce y aplica que el Sol cambia de lugar durante el día y a lo largo del año	Conoce y aplica que la sombra depende de la forma del objeto	Conoce y aplica que el Sol nos da calor y luz	Conoce y aplica que a lo largo de las estaciones experimentamos muchos cambios en nuestro entorno
2	Conoce y aplica la forma del movimiento aparente diario del Sol, su simetría respecto a la culminación y la orientación a la que tiene lugar	La luz viaja desde el Sol en línea recta y que la forma de la sombra depende de la posición instantánea del Sol	Conoce y aplica que la energía recibida del Sol varía de hora en hora. La energía del Sol calienta los cuerpos.	Los cambios estacionales se pueden caracterizar con variables meteorológicas como la temperatura, la precipitación y la radiación solar.
3	Conoce y aplica las regularidades anuales en la duración del día en la localidad, la culminación del Sol y la variación de la dirección de orto y ocaso	El ángulo con el que los rayos del Sol inciden sobre un objeto y el lugar donde se proyecta la sombra determinan su dimensión y forma	Conoce y aplica que las regularidades en la localidad de la energía solar recibida en el plano horizontal y las relaciona con las estaciones	Los cambios estacionales son debidos al cambio de la inclinación del eje de la Tierra respecto al Sol a lo largo del año
4	Conoce y aplica las regularidades de las efemérides de movimiento aparente del Sol para cualquier punto del planeta	Conoce y aplica que las sombras reducen la energía solar recibida.	La energía recibida del Sol por metro cuadrado depende de la posición del Sol y del plano sobre el que incide	Conoce y aplica que las estaciones resultan por la variación anual de la energía horizontal incidente y la duración del día
5	Conoce y aplica el diagrama solar altura-azimut de	Conoce y aplica las pérdidas de energía solar por sombreado	La energía solar anual recibida depende de las	La variabilidad espacial de la energía solar es un

	cualquier localidad del planeta	según el perfil de obstáculos próximos o lejanos.	coordenadas geográficas del lugar, la nubosidad, la inclinación y orientación de la superficie.	factor determinante tanto de los microclimas locales como de la circulación general atmosférica y oceánica.
--	---------------------------------	---	---	---