

RETENCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE EL UNIVERSO:

*Estudio en alumnos españoles de 5º de educación primaria,
a partir de una estrategia didáctica basada en la terminología científica*

ANTONIO JOAQUÍN FRANCO-MARISCAL / VIRGINIA MARÍA LÓPEZ-FLORES

Resumen:

El objetivo general de este trabajo es analizar la retención de conocimientos sobre el universo en estudiantes españoles de 11 años, a partir de una estrategia didáctica basada en la terminología científica con seis bloques de contenidos (estrellas, planetas, planetas enanos, cuerpos celestes, satélites y exploración espacial) y tres niveles de dificultad. Para ello, se administró a los estudiantes una prueba escrita en tres momentos de la intervención (pre-test, post-test y ex post facto). Tras la puesta en práctica, se observó un incremento en la media de uso de la terminología científica de 18.5 a 43.5 usos adecuados por estudiante. Las pruebas estadísticas de McNemar y Wilcoxon sugieren avances en el aprendizaje, detectándose dificultades tales como si los planetas enanos pertenecen o no al sistema solar, el astro sobre el que orbitan dichos planetas y otros cuerpos celestes, o confusión entre protagonistas de la exploración espacial y sus aportaciones.

Abstract:

The general objective of this study is to analyze the retention of knowledge of the universe among eleven-year-old students in Spain; the study is based on a teaching strategy of scientific terminology with six blocks of content (stars, planets, dwarf planets, celestial bodies, satellites, and space exploration) and three levels of difficulty. To attain this end, the students were given a written test three times during the intervention (pre-test, post-test, and ex post facto). Following implementation, an increase was observed in the average use of scientific terminology, from 18.5 to 43.5 appropriate uses per student. The statistical tests of McNemar and Wilcoxon suggest progress in learning, detecting difficulties such as the pertinence of dwarf planets in the solar system, the star around which such planets and other celestial bodies revolve, and confusion about space exploration and its contributions.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, lenguaje científico, estrategias de enseñanza, problemas de aprendizaje, educación básica, España.

Keywords: science teaching, scientific language, teaching strategies, learning problems, elementary education, Spain.

Antonio Joaquín Franco-Mariscal: profesor de la Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias de la Educación, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Campus de Teatinos, 29071, Málaga, España.
CE: antoniojoaquin.franco@uma.es

Virginia María López-Flores: maestra en Educación primaria por la Universidad de Málaga. Málaga, España.
CE: virginiamarialopezflores@gmail.com

Introducción

La astronomía es una de las ramas de la ciencia que despierta gran interés desde edades muy tempranas, probablemente porque intenta responder a algunas cuestiones que han preocupado al hombre desde todos los tiempos: ¿cómo se creó el universo? o ¿cómo terminará? Se encuentra integrada en el currículo desde las primeras etapas educativas y no se duda de su importancia educativa (Lanciano, 1989), su incidencia en el conocimiento del medio o su capacidad para plantear problemas que se pueden resolver empleando actividades científicas. Durante la educación primaria los estudiantes construyen las bases para comprender los aspectos astronómicos más abstractos y su clara relación con otras áreas como matemáticas o geografía convierten a la astronomía en una materia interdisciplinar.

Pese a su potencial educativo, numerosos estudios indican que se trata de una disciplina difícil de enseñar y aprender. Como veremos más adelante, se detectan importantes obstáculos no solamente para los estudiantes (Trumper, 2001a; Domènech, 2015) sino también para sus profesores (Kikas, 2004; Korur, 2015), lo que dificulta una comprensión adecuada. Esta falta de formación del profesorado se traduce en la transmisión de ideas alternativas al alumnado (Schoon, 1995). A pesar de ello, la observación del movimiento de los distintos astros se considera clave para el aprendizaje de otras disciplinas como física o matemáticas (Bektasli, 2013).

Como ya apuntan otros autores (Korur, 2015), resulta esencial presentar al alumnado este tópico con nuevas estrategias que contribuyan a mejorar la enseñanza-aprendizaje de la astronomía y superar sus dificultades. En este sentido, este trabajo apuesta por una estrategia didáctica basada en la terminología científica, a través de la cual se pretende estudiar la retención de los conocimientos del alumnado sobre el universo. Para ello, se ha diseñado e implementado una propuesta didáctica basada en dicha estrategia y se ha aplicado una misma prueba escrita para estudiar los usos adecuados e inadecuados de los conocimientos del tema en tres momentos diferentes de la intervención.

El aprendizaje de la terminología de la astronomía: dificultades y estrategias

Este apartado aborda las dificultades de aprendizaje reportadas sobre astronomía, repasa las distintas estrategias para su enseñanza y realiza algunas aportaciones.

Dificultades de aprendizaje

Distintas investigaciones (Schoon, 1995; Trumper, 2001a; Trundle, Atwood y Christopher, 2007a; Steinberg y Cormier, 2013; Plummer, 2014) muestran que los alumnos encuentran grandes dificultades en el aprendizaje de la astronomía, y una alta proporción de ellos no consigue una comprensión adecuada de sus aspectos básicos.

Las concepciones alternativas más habituales se explican principalmente por la existencia de una base sensorial que contradice la explicación científica. Del análisis de la literatura existente podemos dividir estas ideas alternativas en dos grandes grupos: las relacionadas con la Tierra y la Luna, y las vinculadas con las estrellas y el universo. Son precisamente estos dos bloques los tópicos más usuales en los que los distintos currículos suelen secuenciar el estudio del universo, trabajando en primer lugar contenidos próximos al alumno y luego los más lejanos. La tabla 1 recoge algunas dificultades que se repiten de forma generalizada en las publicaciones referidas a ambos grupos. En el segundo bloque se puede observar que la mayoría de las concepciones giran en torno a las estrellas, sin encontrar estudios más específicos de las ideas alternativas que tienen los alumnos sobre exploración espacial, planetas enanos o cuerpos celestes, contenidos que consideramos importantes en este tema.

Las causas que propician estas ideas alternativas son diversas. García-Barros, Martínez, Mondelo y Vega (1997) destacaron las siguientes, apoyadas también por otros estudios más recientes:

- a) La dificultad cognitiva intrínseca del tema y de otros relacionados, como óptica o geometría (Nussbaum, 1986, cit. en Martínez, 1995).
- b) La ausencia de evidencias claras y perceptibles que avalen el movimiento de la Tierra.
- c) El lenguaje cotidiano basado en aspectos geocéntricos que expresa lo observado directamente (Lanciano, 1989).
- d) La metodología tradicional empleada habitualmente en el aula, alejada de observaciones directas del cielo nocturno y diurno (Palomar y Solbes, 2015).
- e) Las concepciones alternativas de los propios docentes de todos los niveles sobre este tema que son muy similares a las de los propios alumnos (Atwood y Atwood, 1997; Parker y Heywood, 1998; Trumper, 2001b; Kikas, 2004; Ogan-Bekiroglu, 2007; Mulholland y Ginns, 2008; Korur, 2015).
- f) El tipo de vida urbana que no facilita observaciones del cielo.

TABLA 1
Concepciones alternativas sobre el universo

Concepciones alternativas	Tópicos	Trabajos
Bloque 1. Sobre la Tierra y La Luna		
A. La Tierra como centro del universo	Planeta Tierra	(Alfonso <i>et al.</i> , 1995)
B. Gravitación y verticalidad en la Tierra	Planeta Tierra	(Gangui, 2006)
C. Explicar el ciclo día-noche como movimiento de la Tierra alrededor del Sol o como ocultación del Sol detrás de nubes o montañas durante la noche	Planeta Tierra	(Zeilik <i>et al.</i> , 1998) (Frede, 2006)
D. Asociar la presencia de la Luna exclusivamente al cielo nocturno	Satélites	(García-Barros <i>et al.</i> , 1997)
E. Interpretar las diferentes fases de la Luna como sombras de la Tierra o consecuencias de eclipses	Satélites	(Camino, 1995) (Dove, 2002)
F. Explicar las estaciones del año, sus climas y temperaturas característicos porque la Tierra se encuentra a diferentes distancias del Sol o por la inclinación del eje terrestre	Planeta Tierra	(Camino, 1995) (De Manuel, 1995)
Bloque 2. Sobre estrellas y universo		
G. El Sol no es una estrella es un cuerpo celeste	Estrellas Cuerpos celestes	(Sharp, 1996) (Dunlop, 2000) (Sadler <i>et al.</i> , 2010) (Göncü, 2013)
H. El Sol como centro del universo	Estrellas	(Trumper, 2001a) (Göncü, 2013)
I. Todas las estrellas son del mismo tamaño	Estrellas	(Sharp, 1996)
J. Hay muchas estrellas dentro del Sistema Solar	Estrellas	(Sadler <i>et al.</i> , 2010) (Dunlop, 2000)
K. Desconocer que las estrellas, a excepción de la Polar, cambian de posición durante la noche	Estrellas	(García Barros <i>et al.</i> , 1997)
L. No existen diferencias entre estrellas y planetas	Estrellas Planetas	(Dunlop, 2000)
M. Dificultad para entender distancias en el espacio (por ejemplo, para colocar estrellas dentro del Sistema Solar o para saber si la Tierra está más cerca del Sol que Plutón)	Estrellas Planetas	(Trumper, 2001a) (Brunsell y Marcks, 2005) (Gangui, 2006)
N. Confusión acerca de dónde termina nuestro Sistema Solar, generada por la reclasificación de los planetas y el caso de Plutón como planeta enano	Planetas Planetas enanos	(Gangui, 2006)

A las causas enumeradas, debemos añadir los múltiples errores presentes en los recursos educativos, especialmente en libros de texto (Kriner, 2004; Trundle, Troland y Pritchard, 2008; Pérez, Álvarez y Serrallé, 2009), el problema de las escalas o la complejidad del proceso en la historia (Palomar y Solbes, 2015).

Estrategias didácticas para la enseñanza de la astronomía

De acuerdo con Korur (2015), estas dificultades podrían superarse reorganizando los programas existentes o reemplazándolos con nuevos métodos para la enseñanza de la astronomía. Diversos autores indican algunas ideas que se podrían incluir en este tipo de enseñanza:

- Ofrecer más actividades relacionadas con la observación, al tratarse la astronomía de una ciencia puramente observacional (Vega, 2001). En este sentido, la visita a un planetario podría favorecer el entendimiento de los conceptos relacionados con los cuerpos celestes (Plummer, 2014; Small y Plummer, 2014).
- Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para reproducir fenómenos celestes y experimentar con ellos. Pérez y Álvarez (2007) proponen el programa *Stellarium*, mientras que Bell y Trundle (2008) indican que las simulaciones por ordenador son útiles para aprender las fases de la Luna, sus eclipses o su movimiento.
- Emplear la modelización en 3D y la realidad aumentada para entender conceptos básicos de astronomía (Shelton y Hedley, 2002; Trundle, Atwood y Chrtistopher, 2007b; Küçüközer, Korkusuz, Küçüközer y Yürümezoğlu, 2009).
- Emplear estrategias interactivas como las investigaciones y observaciones sistemáticas (Prather, Rudolph y Brissende, 2009), en particular, para cursos introductorios de astronomía.
- Utilizar el desarrollo histórico en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Palomar y Solbes, 2015).

Como aportación, este trabajo propone tres nuevas estrategias, que se han incorporado en el diseño de la propuesta didáctica:

- Utilizar la terminología científica del tema, ya que la astronomía utiliza un vocabulario científico preciso que se considera fundamental para su aprendizaje.

- Enseñar y aprender astronomía con juegos educativos, ya que se han mostrado útiles para la retención de otros conocimientos científicos que implican un gran número de ítems, tales como los nombres y símbolos de los elementos químicos (Franco-Mariscal, Oliva, Blanco y España, 2016).
- Utilizar noticias recientes sobre fenómenos astronómicos (eclipses, cometas, carrera espacial, planetarios, etc.) que frecuentemente aparecen en los medios de comunicación y por los que la población muestra cierto interés.

Retención de conocimientos y aprendizaje de la terminología de la astronomía

Este apartado trata la importancia de la enseñanza-aprendizaje de la terminología científica y de la retención de conocimientos como estrategia didáctica.

Relevancia del aprendizaje de la terminología científica

El uso del lenguaje es fundamental en la relación social de enseñar y aprender, y es por ello que se han realizado investigaciones sobre este tema desde hace décadas desde la perspectiva sociolingüística y científica (De Longhi, 2000) y, dentro de ella, en la línea de la argumentación (Archila, 2012).

La única manera de comunicarnos con precisión, exactitud y claridad es a través de términos adecuados y útiles para poder producir un discurso o escrito. Este hecho es tan imprescindible en la interacción diaria con otros como en la comunicación en el aula a través de los términos específicos de la temática a tratar, lo que se conoce como terminología. Según Caamaño (1998), “la terminología es el conjunto de términos de un ámbito de especialidad, [...] es aquella disciplina que se ocupa del léxico de los lenguajes de especialidad o lenguaje científico”. De esto se deduce que cada materia contiene una terminología propia. En el caso de la ciencia, una terminología científica, que además, utiliza un lenguaje simbólico.

De igual modo que una lengua va dejando en desuso algunos términos y creando, adaptando o tomando prestados nuevos de otras lenguas, el vocabulario científico también está en continuo crecimiento porque necesita de nuevos términos para dar precisión y exactitud a lo que hace referencia. En otras ocasiones, el término cambia su significado porque se modifica la teoría científica en el que ha sido elaborado. Como ejemplo, el significado

de “calor” en la antigua teoría del calórico es totalmente diferente al que proporciona la teoría cinética actual.

La importancia y necesidad del uso correcto de la terminología se basa en sus características: universalidad o internacionalidad, precisión y coherencia, y funcionalidad (Riera, 1998). La primera se refiere a que la terminología científica sirve de vehículo de expresión entre la comunidad científica internacional, en otras palabras, es funcional al permitir la comunicación y el entendimiento entre los miembros de una misma comunidad disciplinaria, intentando salvar las dificultades que la variedad de idiomas pueda ocasionar, ya que busca ser lo más similar posible entre las lenguas existentes para evitar malentendidos. La precisión y coherencia permiten dar a entender o comprender con la mayor exactitud posible el tópico tratado sin que pueda dar lugar a confusiones; la precisión con la que un estudiante emplee una terminología científica dará idea del conocimiento que posee sobre esa materia, ya que es la base de su aprendizaje. Por último, la funcionalidad permite al docente saber transmitir los conocimientos de ciencia por medio de la terminología científica específica de cada unidad, debe ser preciso con la información facilitada y dar la oportunidad al alumnado de expresar lo que piensa a través de los conocimientos aprendidos.

Los docentes debemos tener en cuenta que la terminología científica que el profesor o el estudiante emplea en el aula debe ser enseñada y no dar por hecho que el alumnado acabará aprendiéndola o que la aplicará siempre de forma correcta, porque pueden producirse errores conceptuales o vinculaciones de términos científicos con otros cotidianos, como ocurre habitualmente con “fuerza” o “energía” (Logan y Logan, 1993). La enseñanza de la terminología científica debe conseguir que el estudiante la comprenda, asimile y adquiera un aprendizaje significativo.

A todo esto debemos sumar que la transposición didáctica y los diferentes años de escolarización producen que el uso que el docente hace de un determinado término pueda variar, pasando de significados simples en las primeras etapas a niveles de formulación más complejos, especialmente cuando requiere del paso de visiones macroscópicas a submicroscópicas. Un claro ejemplo se encuentra en la evolución del significado del término ácido según el nivel educativo en el que se emplee.

Otro aspecto a considerar es el papel que la enseñanza desea dar al término en cuestión. Así, el vocablo calor ha sido un ejemplo de discusión en la didáctica de las ciencias (Pushkin, 1996), de forma que su definición

puede ser diferente en función de que el libro de texto escolar sea de física, química o biología (Doige y Day, 2012).

Otras veces, la dificultad en su enseñanza radica en su doble acepción, como en el término elemento químico, que se puede emplear como sustancia simple o como conjunto de átomos o iones del mismo número atómico que forman parte de una sustancia (Scerri, 2008). En otras ocasiones, un mismo concepto tiene asociado varios términos, como ocurre con diferencia de potencial eléctrico, voltaje eléctrico y tensión eléctrica, que son sinónimos. Caso especial, merece la terminología utilizada en la química, en particular, en lo referente a la nomenclatura para nombrar de manera inequívoca a todos sus compuestos, inorgánicos y orgánicos, donde las recomendaciones internacionales por parte de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada han sido fundamentales para la normalización terminológica (García y Bertomeu, 1998).

Un último obstáculo se encuentra en la existencia de dos tipos de lenguaje científico. Uno con carácter interpretativo propio de los procesos de elaboración de modelos y otro con un carácter más literal y descriptivo correspondiente a la trasmisión del conocimiento consolidado. Así, el uso del lenguaje como sistema interpretativo debería orientar la enseñanza de las ciencias en las actividades de modelización (Oliva, Aragón y Cuesta, 2015), si se desea que los estudiantes adquieran una apreciación correcta de la naturaleza de la ciencia y del lenguaje científico (Caamaño, 2013). No debemos olvidar que este último es un lenguaje universal, pero no cotidiano, por lo que podría contribuir a crear una barrera importante entre grupos sociales ajenos a su uso (Llácer, 2012).

Por otra parte, cabe recordar que los organizadores del currículo actual son las competencias clave, entre las que se encuentran la científica y la lingüística, reconociéndose específicamente su complementariedad (Prain, 2006; García-Barros y Martínez, 2014). Así, desde la enseñanza de las ciencias se ha defendido la necesidad de hablar, escribir y leer ciencias, pues en este contexto, el lenguaje y las ideas tienen un desarrollo paralelo (Sutton, 1996). No debemos olvidar que el lenguaje, oral o escrito, del estudiante necesita crecer progresivamente para adquirir una mayor precisión, exactitud, claridad, comprensión, tener seguridad en sí mismo y, en definitiva, para dotarle de autonomía y libertad.

Finalmente, los docentes debemos insistir en la relevancia del buen uso de la terminología científica, su importancia por las posibilidades

que aporta y la valiosa herramienta que encontramos en las estrategias del lenguaje en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que resultan relevantes para identificar obstáculos en el mismo. Es por ello, que este artículo plantea una investigación sobre la retención de conocimientos a partir de una estrategia didáctica basada en la terminología científica en el ámbito de la astronomía.

Retención de conocimientos y aprendizaje

A nivel de memoria, el alumno interioriza conocimientos, habilidades, destrezas, etcétera, que asocia para construir aprendizaje. La retención de los conocimientos es un aspecto clave que muchas veces pasa desapercibido en el proceso de enseñanza-aprendizaje, a pesar de que la estimulación de la memoria constituye uno de los ejes principales en la conceptualización del conocimiento como producto de la consolidación de las funciones psicológicas del cerebro (Vargas, 2002).

Para ello, nuestro cerebro opera con dos hemisferios que permiten concebir el mundo: el izquierdo de manera lógico-racional, permitiéndole ordenar, analizar y categorizar experiencias; y el derecho, a través de imágenes e intuiciones. La coordinación de ambos hemisferios es necesaria para aprender aspectos verbales y visuales. Se conoce también que la información se retiene mejor si se envía y recibe por distintos canales. Así, se aprende mejor con imágenes y sonidos juntos que individualmente o cuando los textos se acompañan de objetos concretos.

La memoria es vital en el aprendizaje, no solamente porque almacena información, sino también porque se le puede dar un uso posterior. Los datos se pueden almacenar de tres formas: registro sensorial, y memoria de corto y de largo plazos (Beltrán, 2002). El primero capta la información a través de los sentidos y la almacena durante segundos. La memoria a corto plazo retiene el dato durante unos minutos y es limitada, únicamente puede procesar hasta nueve unidades de información a la vez (Roeders, 1997). Si queremos dar sentido a dicha información entra en juego la repetición y la memoria a largo plazo donde, finalmente, quedará alojada para siempre hasta que la volvamos a rescatar. En la retención y reproducción de información, su sentido es importante, y cuanto más numerosas e importantes sean las asociaciones, más útiles serán en el recuerdo.

Esta investigación considera el aprendizaje ubicado en el dominio cognoscitivo de los estudiantes, por lo que los aspectos psicológicos pre-

dominantes son la memoria y la retención. Los principios que la rigen corresponden a la estructura cognoscitiva y dan lugar a la adquisición de nuevos conocimientos, significados e informaciones. En este trabajo, se define retención como el proceso mental que posibilita el almacenamiento y asegura la recuperación de la información –en este caso, el conjunto de contenidos– para su utilización (Vargas, 2002).

La retención está íntimamente ligada a la memoria y, por tanto, al aprendizaje. Ebbinghaus (1913) –presentando una lista de sílabas sin sentido y variando su longitud, el número de repeticiones, así como el intervalo de tiempo entre el aprendizaje y la ejecución (retención “de memoria” de la lista)– demostró experimentalmente que: *a*) cuanto más larga es la lista, mayor será el número de ensayos necesarios para aprender, y *b*) cuanto más numerosas sean las repeticiones, menor será el grado de olvido (Navarro, 1993).

La complejidad que adopta un determinado cuerpo de conocimientos depende de factores relacionados con la materia en cuestión, así como de otros agentes. Entre los primeros destacan el tipo y cantidad de material. Así, el aprendizaje de materiales difíciles requiere de más tiempo que el de otros más sencillos, siendo más costoso el aprendizaje y su retención a mayor cantidad de material a aprender. Entre los segundos, se encuentran aquellos factores que dificultan la retención, como el tipo de actividades que plantea el docente en el aula, la actitud del alumno hacia la complejidad de los contenidos y el tiempo que invierte en el aprendizaje, ya que tiempo y retención son directamente proporcionales.

Una posible estrategia de retención es la repetición o aquellos procedimientos tendientes a acumular datos en la memoria de forma literal, que consisten esencialmente en el repaso consecutivo de la información. Sin embargo, la teoría de aprendizaje moderna indica que la repetición de ideas recientemente aprendidas no mejora el aprendizaje, ya que la adquisición y retención de conocimientos son el producto de un proceso activo, integrador e interactivo entre la materia de instrucción y las ideas pertinentes de la estructura cognitiva del estudiante con las que, a su vez, las nuevas ideas pueden enlazar de diversas maneras (Ausubel, 2002).

Es por ello, que en este trabajo no se asume la repetición como tal, por no ser condición predominante en el aprendizaje, sino tan solo como un procedimiento práctico que sirve para garantizar la presencia de otras condiciones favorables de aprendizaje. De esta forma, consideramos que

una estrategia didáctica basada en la terminología científica puede favorecer el aprendizaje, ya que una de las dificultades que el alumno encuentra en el estudio del universo es la extensa lista de nombres y características que debe retener de estrellas, planetas, satélites, cuerpos celestes, etcétera, pero como hemos visto hay muchas más.

Objetivos de la investigación

El objetivo general de esta investigación es estudiar la retención de conocimientos de estudiantes españoles del 5º curso de educación primaria sobre el universo, un bloque de contenidos que requiere, en gran parte, de la retención de datos. Dicho proceso está propiciado por una estrategia didáctica basada en la terminología científica. Con esto no se pretende sugerir el predominio de la memoria en el aprendizaje, sino solo su utilidad en situaciones específicas donde, a partir de conocimientos con base sólida en la memoria, el alumno puede desarrollar con mayor agilidad nuevas experiencias cognitivas. Para alcanzar dicho objetivo, se planteó un trabajo cuasi experimental con tres objetivos específicos:

- 1) Diseñar una propuesta didáctica sobre el universo para primaria, que utiliza como estrategia didáctica la terminología científica del tema.
- 2) Implementar dicha propuesta con un grupo de estudiantes españoles del 5º curso.
- 3) Estudiar la retención de los conocimientos del alumnado a través de la aplicación de una prueba escrita sobre los usos adecuados e inadecuados del vocabulario científico del tema. Dicha prueba fue administrada en tres momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje, antes (pre-test) y después de la implementación de la unidad (post-test), y tras cinco meses de su finalización (ex post facto).

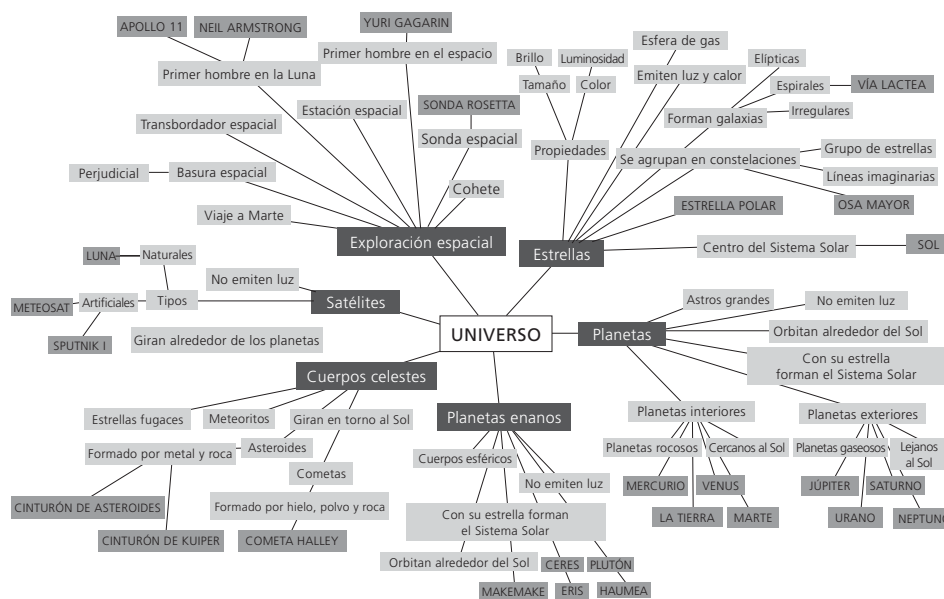
Diseño de la investigación

Propuesta de terminología científica en una unidad didáctica sobre el universo

Antes de diseñar la unidad didáctica se realizó una propuesta de terminología científica que debería conocer un estudiante de primaria sobre el universo, tomando como base el bloque 2 de dificultades de aprendizaje del alumnado (ver tabla 1) y el currículo de educación primaria (MECD, 2014) e incluyendo algunos aspectos adicionales para dar más cuerpo a la investigación.

La figura 1 presenta la propuesta terminológica dividida en tres niveles: 1 (N1) (gris oscuro) hace referencia a los seis grandes bloques de conocimientos que consideramos importantes en la unidad (estrellas, planetas, planetas enanos, cuerpos celestes, satélites y exploración espacial), y a partir de los cuales se derivan todos los demás. El 2 (N2) (gris claro) incluye las características, propiedades o tipos de los términos del nivel anterior, mientras que el 3 (N3) (gris medio) se corresponde con ejemplos específicos de la terminología del N1 y N2. Se establecen, por tanto, seis términos de N1, 50 de N2 y otros 27 de N3. Desde nuestro punto de vista, la selección constituye un conjunto representativo de los términos empleados en una introducción al estudio de la astronomía. Somos conscientes de que se trata de un conjunto amplio de términos, que es necesario conocer para poder valorar la efectividad de la propuesta.

FIGURA 1
Esquema de conocimientos



Descripción de la intervención didáctica

La propuesta didáctica diseñada se enmarca en el bloque de contenidos más complejo, estrellas y universo, aludido anteriormente. Los objetivos didácticos de la unidad son conocer el universo y sus principales componentes

como el sistema solar y los astros que lo forman; comprender, aprender y usar terminología específica sobre astronomía y usar las nuevas tecnologías para buscar información u obtenerla a través de la observación directa.

Los contenidos conceptuales se recogen en la figura 1. Algunos contenidos procedimentales son la lectura comprensiva de un texto científico, la búsqueda de información, la observación de la Luna para la toma de datos o la realización de representaciones sobre la estructura del universo. Los contenidos actitudinales buscan la autonomía personal del alumno, aprender a trabajar de forma individual y grupal, explicitar dudas, reflexionar sobre los contenidos estudiados, tener interés por aprender, predisposición para ayudar al compañero y ser creativos y originales en las producciones escritas y artísticas solicitadas.

Esta propuesta presenta tres aspectos novedosos. Por una parte, ofrece oportunidades al alumnado para comunicarse en ciencias desarrollando su capacidad para dar explicaciones sobre distintos aspectos del universo utilizando la terminología científica adecuada, complementándose así competencias científicas y lingüísticas. Para ello, a lo largo de la unidad se plantean distintas tareas en forma de preguntas donde el alumno debe explicar o redactar, por ejemplo, escribiendo una carta a la estación espacial o debatiendo si hay vida fuera del sistema solar. Además se refuerza de forma diaria al finalizar cada sesión cuando el alumno debe hacer una reflexión escrita sobre lo aprendido ese día.

El segundo aspecto está relacionado con una superación del aprendizaje memorístico, asociado típicamente al empleo de cierta terminología científica relacionada con nombres propios o características, como las planteadas en los niveles 2 y 3. Para ello, las tareas pretenden favorecer que el estudiante no solo sea capaz de retener un vocabulario sino también de utilizarlo adecuadamente para construir conceptos, avanzando así en su aprendizaje.

Como último aspecto, la propuesta incluye dos estrategias interesantes para mejorar la enseñanza de la astronomía. Por un lado, el uso de juegos educativos que ha resultado exitoso para la retención de otros conocimientos científicos (Franco-Mariscal, Oliva, Blanco y España, 2016). En este caso, los estudiantes tienen la oportunidad de aprender las características de los diferentes astros y cuerpos del sistema solar a través de un juego de mesa y otro de cartas. Por otro lado, se emplean noticias recientes de fenómenos astronómicos, en esta ocasión sobre el proyecto Mars One. Estas tareas se combinan con estrategias de otros autores que contribuyen a su

aprendizaje como la observación del cielo (Vega, 2001) o la utilización del programa *Stellarium* (Pérez y Álvarez, 2007) para reproducir imágenes reales de fenómenos celestes a través de las TIC. También se empleó una presentación digital original con videos e imágenes.

Esta unidad se trabajó en el aula con una secuencia de 14 tareas. Su objetivo es que los estudiantes utilicen la terminología científica adecuada. La tabla 2 presenta la descripción de las tareas empleadas, la terminología científica requerida para su resolución y las dificultades de aprendizaje que se pretenden superar con cada una de ellas.

TABLA 2

Descripción de las tareas planteadas en la unidad didáctica

Título de la tarea	Descripción	Terminología científica y niveles (N)	Dificultades que se pretenden superar
1 ¿Qué es una galaxia?	El alumno debe explicar en su cuaderno con sus palabras qué es una galaxia y poner un ejemplo	Estrellas (N2 y N3)	G, H, I, J, K, L, M
2 ¿Cómo es tu estrella?	El alumno debe inventar una estrella, dibujarla, ponerle nombre y explicar sus características	Estrellas (N1, N2 y N3)	G, H, I, J, K, L, M
3 ¿Cómo es tu constelación?	El alumno crea una constelación con una determinada forma a partir del dibujo de las estrellas y líneas imaginarias que la componen y la explica a sus compañeros	Estrellas (N2 y N3)	G, H, I, J, K, L, M
4 ¿Cuáles son los astros del Sistema Solar?	El alumno debe buscar información en Internet sobre las características de los astros del Sistema Solar y explicarlas a sus compañeros. A partir de ella, fabrican los distintos astros, un tablero del Sistema Solar donde se pueden colocar, y distintas tarjetas con información relevante de cada uno. Los alumnos, trabajando en grupos, deben completar el tablero a partir de la información de las tarjetas que les facilita otro grupo	Planetas, planetas enanos y cuerpos celestes (N1, N2 y N3)	A, G, L, M, N
5 ¿Quién soy?	El alumno debe elaborar una corona y varias cartas con los astros del Sistema Solar para jugar a ¿Quién soy?, donde deben averiguar a través de preguntas qué astro tiene en la corona puesta	Estrellas y planetas (N1, N2 y N3)	A, G, H, I, J, K, L, M, N
6 ¿Cómo es La Luna?	El alumno debe observar nuestro satélite por la noche y recoger algunos datos para reconocer la fase en la que se encuentra, si se mueve y hacia dónde, para su posterior exposición en clase	Satélites (N1, N2)	D, E

Título de la tarea	Descripción	Terminología científica y niveles (N)	Dificultades que se pretenden superar
7 ¿Es lo mismo un satélite natural que uno artificial?	El alumno debe explicar las diferencias entre satélite natural y artificial, poner algunos ejemplos e indicar una utilidad del artificial	Satélites (N1, N2 y N3)	D, E
8 Mural del Sistema Solar	Los alumnos realizan un mural del Sistema Solar representando los cuerpos celestes con bolas de poliespan en una cartulina, e incluyendo nombre y características de la estrella, planetas, planetas enanos y otros cuerpos	Estrellas, planetas, planetas enanos, satélites y cuerpos celestes (N1, N2 y N3)	A, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N
9 ¿Qué sucedió en la exploración espacial?	El alumno debe enumerar tres fechas clave en la exploración espacial, explicar qué sucedió y redactarlas	Exploración espacial (N1, N2 y N3)	—
10 ¿Qué hubieses hecho si eres el primer humano en La Luna?	Tras ver un video con las primeras palabras y acciones de Armstrong al pisar La Luna, el alumno debe redactar qué hubiera dicho y hecho si él hubiese sido esa persona	Todos los bloques (N1, N2 y N3)	D, E
11 ¿Quieres colonizar Marte?	El alumno a partir de una noticia de TV sobre el proyecto Mars One, debe escribir una carta al director de este proyecto solicitando formar parte del mismo para colonizar el planeta rojo dando varios argumentos	Exploración espacial (N1, N2)	L, M, N
12 ¿Hay vida fuera del Sistema Solar?	El alumno debe argumentar una respuesta a ¿crees que hay vida fuera del Sistema Solar?, respetando la opinión de sus compañeros en un debate	Todos los bloques (N1, N2 y N3)	G, H, I, J, K, L, M, N
13 ¿Qué he aprendido hoy?	Al final de cada sesión, el alumno reflexiona por escrito y de forma individual sobre lo aprendido	Como mínimo la terminología de la sesión	D, E, G, H, I, J, K, L, M, N
14 Reflexión final	El alumno debe responder a preguntas reflexivas sobre los contenidos de la unidad, sus aprendizajes, dudas y valoración de la práctica docente	Todos los bloques (N1, N2 y N3)	D, E, G, H, I, J, K, L, M, N

Las figuras 2 y 3 muestran algunas tareas realizadas por los estudiantes que ofrecen oportunidades para explicar temas de astronomía de forma oral o escrita.

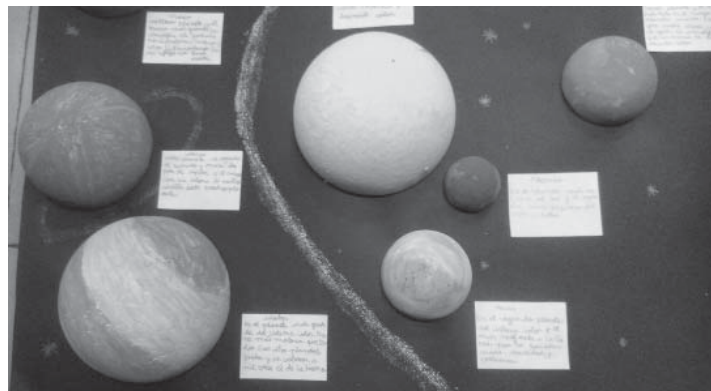
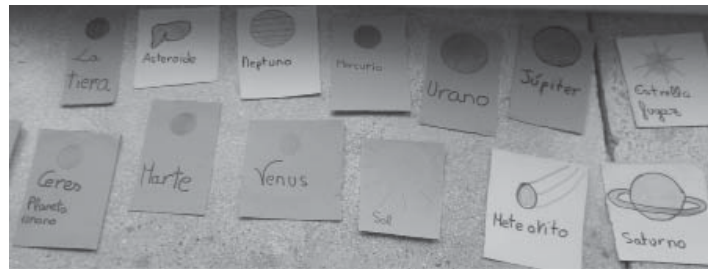
Muestra

La muestra estuvo formada por un grupo de 28 de estudiantes de entre 10 y 11 años de edad, que cursaban el 5º curso de educación primaria en el colegio Juan de la Rosa de Ronda (Málaga, España). Dicho grupo vivió una experiencia de aprendizaje sobre el universo durante el curso 2014-15, de nueve sesiones de una hora de duración, por parte de la segunda autora de este artículo durante su último año de formación práctica en la Universidad de Málaga.

FIGURA 2
Ejemplo de la tarea 4 sobre los astros del Sistema Solar

¿EL SOL
 ¿Qué es?
 Es una estrella enorme y es la más cercana a nosotros.
 ¿Cómo es?
 Es una gigantesca bola de gas supercaliente y tiene un diámetro de 1,4 millones de km.
 MERCURIO
 ¿Qué es?
 Es el primer planeta respecto al sol.
 ¿Cómo es?
 Es un mundo rocoso muy pequeño y tiene una anchura similar a la de el océano Atlántico de forma que en la tierra cabrían 18 mercurios.
 VENUS
 ¿Qué es?
 Es el segundo planeta respecto al sol.
 ¿Cómo es?
 Parece como una estrella brillante, si se utiliza un telescopio se puede ver que atmósfera tenue, al igual que la luna.
 TIERRA
 ¿Qué es?
 Es el tercer planeta respecto al sol.
 ¿Cómo es?
 La tierra gira alrededor del sol a una velocidad de 30 km/s, 45 veces más rápido que el cometa. Tarda 365 días (un año) en completar una órbita.

FIGURA 3
Ejemplos de las tareas 5 (superior), basada en juegos, y 8 (inferior) sobre el mural



Instrumentos para la toma de datos

El instrumento empleado para la toma de datos de esta investigación fue una prueba escrita de conocimientos que los alumnos resolvieron en tres momentos diferentes de la intervención didáctica: al inicio de la unidad (pre-test), tras su implementación (post-test) y después de cinco meses de la puesta en práctica (ex post facto). El primer momento pretende evaluar los conocimientos previos de los estudiantes sobre el universo, razón por la que no se mencionó su realización para evitar que pudieran buscar información sobre el tema. El segundo evalúa el aprendizaje adquirido tras la puesta en práctica, mientras que el tercero permite obtener información sobre si hubo una retención de conocimientos a largo plazo. Esta última prueba se realizó también sin previo aviso.

La prueba aplicada incluía 20 preguntas, 10 de desarrollo y otras 10 de tipo test (anexo). Las primeras eran variadas (rellenar huecos, respuesta corta, razonamiento y explicación de conceptos). Las preguntas test tenían tres opciones de las cuales solo una era verdadera. Las cuestiones de desarrollo se diseñaron para evaluar los tres niveles de uso de la terminología científica establecidos en el tema, y las de tipo test para comprobar si el alumnado era capaz de reconocer un uso adecuado de la terminología científica en un contexto. Los estudiantes dispusieron de una hora para su realización. Esta prueba fue diseñada por los autores de este artículo y examinada y revisada por expertos para validar su contenido. Asimismo, sirvió para evaluar la unidad junto con otros instrumentos que no serán objeto de análisis en este trabajo.

Una vez desarrolladas las pruebas, se realizó un seguimiento de cada estudiante contabilizando el uso de cada término empleado en cada nivel de forma apropiada e inapropiada. Para ello se diseñaron categorías de uso apropiado e inapropiado basándonos en las principales dificultades de aprendizaje detectadas en la literatura (ver tabla 1, bloque 2) y en la acepción científica dada al término en cada contexto. La tabla 3 muestra algunos ejemplos de usos para el bloque estrellas.

Posteriormente, para cada estudiante se calculó el porcentaje de uso apropiado de la terminología empleada en cada nivel. Estos resultados se analizaron de dos formas. Por un lado, en dos categorías: uso adecuado o inadecuado de la terminología científica, si el estudiante utilizaba o no, respectivamente, la mitad o más de los términos que empleaba. Por otro lado, estableciendo cuatro categorías, en función del grado de uso que hace

de la terminología respecto del total de términos empleados: inadecuada, poco adecuada, adecuada o muy adecuada (tabla 4).

TABLA 3

Ejemplos de análisis de las respuestas de los estudiantes para el bloque estrellas

Nivel	Objetivo de análisis	Ejemplos
1	Uso que hace el estudiante del conocimiento principal del tema	Uso apropiado: "El Sol es una estrella" Uso inapropiado: "El Sol no es una estrella es un cuerpo celeste" (relacionado con la dificultad G)
2	Uso que hace el estudiante de las características, propiedades o tipos de un conocimiento	Uso apropiado: "Una estrella es una esfera de gas que emite luz y calor" Uso inapropiado: "Una estrella es una bola que tiene luz como un planeta" (relacionado con la dificultad L)
3	Uso que hace el estudiante de los ejemplos específicos de un conocimiento	Uso apropiado: "La estrella que siempre apunta al norte es la Estrella Polar" Uso inapropiado: "La estrella Polar cambia de posición a lo largo de la noche" (relacionado con la dificultad K)

TABLA 4

Categorías de análisis en función del grado de uso de la terminología científica

Grado de uso	Categorías para prueba de McNemar	Categorías para prueba de Wilcoxon
$0 < \text{Uso} < 25$	Uso inadecuado	Uso inadecuado
$25 \leq \text{Uso} < 50$		Uso poco adecuado
$50 \leq \text{Uso} < 75$	Uso adecuado	Uso adecuado
$75 \leq \text{Uso} \leq 100$		Uso muy adecuado

Dichas categorías se establecieron para realizar cálculos estadísticos con el programa SPSS 22.0. Se emplearon dos pruebas no paramétricas válidas para datos cualitativos emparejados: la prueba de McNemar, diseñada para variables con dos categorías, y la de Wilcoxon, para variables categóricas

ordinales de varios niveles. El nivel de significación de las pruebas de contraste para rechazar la hipótesis nula se fijó en $p \leq 0,05$. Cabe indicar que la muestra tuvo una mortandad de 10 estudiantes, que no pudieron realizar alguna prueba, por lo que la muestra final estuvo constituida por 18 alumnos.

Resultados

En primer lugar se hace un análisis cuantitativo de las tres pruebas, mostrando resultados globales de respuestas apropiadas e inapropiadas e ilustrándolas con ejemplos. Posteriormente, se realiza un estudio estadístico con diferentes grados de uso de la terminología.

Análisis global del uso de la terminología científica

La tabla 5 presenta la frecuencia de términos científicos empleados en cada nivel de manera apropiada (A) e inapropiada (I) en las tres pruebas (pre-test, post-test y ex post facto), mientras que la figura 4 los compara gráficamente.

TABLA 5

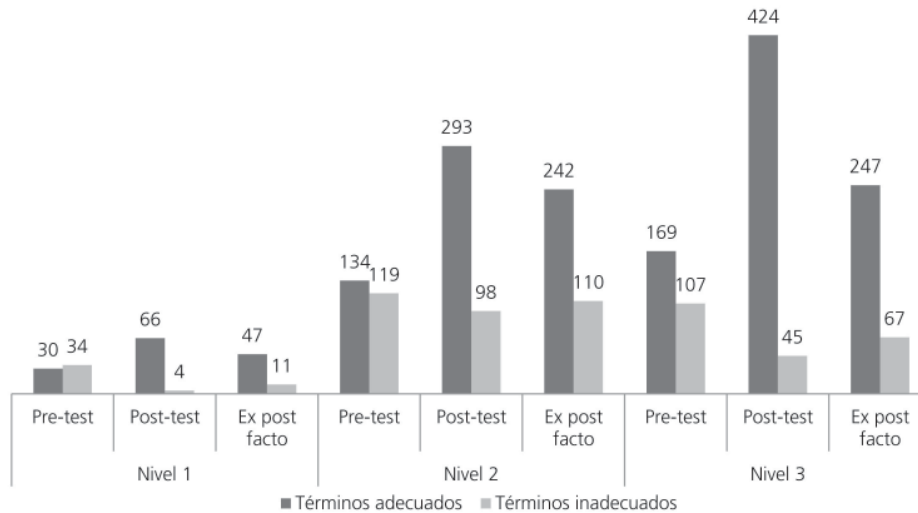
Frecuencia de uso de términos científicos empleados en cada prueba por niveles

Respuestas	Pre-test						Post-test						Ex post facto					
	N1		N2		N3		N1		N2		N3		N1		N2		N3	
	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
Subtotal	30	34	134	119	169	107	66	4	293	98	424	45	47	11	242	110	247	67
Total por niveles	64		253		276		68		391		469		58		352		314	
Total por prueba	593						928						724					

Los resultados de la tabla 5 y la figura 4 parecen mostrar una evolución positiva en el empleo apropiado de términos relacionados con el universo en todos los niveles, al pasar del pre-test al post-test, y una ligera disminución en la prueba ex post facto, aunque en todos los casos se trata de datos mejores que los obtenidos en el pre-test. Seguidamente se analiza cada prueba.

FIGURA 4

Frecuencia de términos empleados en la prueba en los tres momentos de la intervención



Terminología científica empleada en el pre-test

Antes de la unidad, los estudiantes manejaron un total de 593 términos en los tres niveles (tabla 5), de los cuales 56.2% se empleó de forma adecuada y 43.8% inapropiadamente, lo que muestra pocas diferencias. Por niveles, el N3 y el N2 fueron los que más terminología acapararon, con 46.5 y 42.7%, respectivamente. La media de uso fue 18.5 términos apropiados por alumno.

Si hacemos un análisis del pre-test por niveles, se observa que los alumnos realizaron 64 usos en el N1, una cifra elevada teniendo en cuenta que se trata de seis términos únicamente; prácticamente 50% de los empleados en este nivel se reparten entre uso apropiado e inapropiado. Algunas respuestas inadecuadas fueron: “La Luna es el planeta del planeta Tierra” (Manolo, preg. 4) o “Mercurio es un planeta enano” (Pablo, preg. 14).

En el N2 se aprecia un incremento del uso de la terminología científica debido principalmente a que se amplían hasta 50 los posibles términos a emplear. Se observa un mayor número de usos adecuados (134) que inapropiados (119) (figura 4), una cifra elevada, probablemente debido al desconocimiento e inseguridad del alumnado. Algunas respuestas

inapropiadas fueron: “Es de color amarillo, rojo o naranja, un tamaño grande” (refiriéndose al Sol) (David, preg. 4) o “[Una estrella] son trozos del Sol” (Claudia, preg. 8).

Finalmente, se observa un considerable aumento en los usos del N3 (tabla 5) y una diferencia más notable que en el resto de niveles entre la terminología usada de manera apropiada (61.2%) e inadecuada (39.8%). A pesar de que el N3 contiene menos términos que el N2, los estudiantes parecen mostrar mayor dominio debido a que incluye los nombres de los planetas, con diferencia, lo que mejor sabe el alumno sobre astronomía. Respuestas inapropiadas frecuentes son la escritura incorrecta de algunos planetas (“Tierra”, sin el artículo o la confusión del planeta rojo con el día de la semana “Martes”) o el cambio de su orden al enumerarlos.

En general, teniendo en cuenta los tres niveles, la terminología científica empleada puede considerarse elevada, dados los escasos conocimientos que poseían los estudiantes y que se retomaban de al menos dos cursos académicos atrás. Se puede concluir que poseían un bagaje rico en la temática antes de abordar la unidad, a pesar de que, como veremos seguidamente, los resultados del post-test son mejores no solamente en cuanto al uso de términos sino también al grado de adecuación en que lo hacen, como mostrará el análisis estadístico.

Terminología científica empleada en el post-test

La prueba realizada al finalizar la unidad muestra que los usos apropiados son muy favorables en todos los niveles (97, 75 y 90% para N1, N2 y N3, respectivamente). Además, destaca su elevado número (928), casi el doble del pre-test (tabla 5), y el incremento de la media de uso por estudiante hasta 43.5 términos. Asimismo, en el N3 se emplea algo más de la mitad de términos, lo que pone de manifiesto que la unidad produjo un avance en el aprendizaje de ejemplos concretos.

Uno de los principales éxitos del post-test radica en la eliminación del uso inapropiado de términos en el N1 (4 usos), que no se consigue en el N2 ni el N3 (98 y 45 usos inapropiados, respectivamente).

En el N1 del post-test se observan respuestas más elaboradas que en el pre-test como: “El Sistema Solar está formado por planetas: Mercurio [...], planetas enanos –el más famoso es Plutón– y los cuerpos celestes del Sistema Solar que son cometas y asteroides” (Alejandro, preg. 1), donde

este alumno responde de manera muy correcta, citando en primer lugar los astros y después poniendo ejemplos. Los errores detectados en las respuestas inapropiadas también pueden considerarse menores: “Satélite es la nave no tripulada enviada al espacio para el estudio de este” (Manolo, preg. 7), donde no se concreta si se trata de un satélite natural o artificial.

En el N2 se aprecia un incremento considerable de la terminología empleada, en especial de la usada adecuadamente (75%). Algunas respuestas son: “Una estrella es una bola de gas que a su vez da luz y calor” (Lucía, preg. 8), refiriéndose a estrella como “bola” y no como esfera de gas, e indicando que da luz y calor, en lugar de que la energía interna que posee es emitida de esa forma; o “Una estación espacial es una nave que flota en el espacio, donde viven astronautas y orbita en torno a la Tierra” (Álvaro, preg. 7), donde este alumno utiliza la terminología que conoce para explicar de manera acertada lo que entiende por estación espacial.

El N3 acumula el mayor número de términos empleados en todas las pruebas, destacando la gran diferencia existente entre usos apropiados (un 90%) e inadecuados (10%). Como respuesta mayoritaria incorrecta se repite la ausencia del artículo en nuestro planeta, que al ser un error frecuente incrementa estos usos.

Se puede concluir que los resultados del post-test son buenos, ya que el uso de términos es elevado y el número de los empleados inapropiadamente se considera bajo. Esto hace suponer que durante la puesta en práctica de la unidad los estudiantes comprendieron la mayoría de los conocimientos y dominaban favorablemente su terminología.

Terminología empleada en el ex post facto

Los resultados del ex post facto (tabla 5 y figura 4) indican que el uso de términos es inferior al post-test, con una media de 29.8 apropiados por alumno. Aunque se observa un descenso importante en el N3, en todos los niveles predominan respuestas adecuadas frente a inapropiadas, y la frecuencia de estas últimas varía ligeramente respecto del post-test. Además, los resultados del ex post facto son siempre mejores que los obtenidos en el pre-test.

En el N1 del ex post facto se encuentra un número razonable de usos apropiados (47) en comparación con el post-test (66) (tabla 5), sin ser demasiado elevado el de términos inapropiados. Algunos ejemplos son: “El Sistema Solar está formado por estrellas, planetas, cometas, asteroides”

(Diego, preg. 1), respuesta acertada aunque incompleta; o “La sonda Rosetta se encuentra actualmente estudiando un planeta enano” (Álvaro, preg. 6), respuesta inapropiada ya que estudia un cometa.

El N2 presenta un elevado número de usos bien empleados (242 términos). Un ejemplo es “una estrella es una esfera de gas que tiene luminosidad, color, brillo y tamaño” (Álvaro, preg. 8), donde se define adecuadamente qué es una estrella y se citan sus propiedades. No obstante, parece preocupante que la cantidad de términos mal usados suponga casi la mitad de los adecuados. Asimismo, se observa que la frecuencia de los inapropiados en este nivel se sigue manteniendo tras cinco meses, lo que hace pensar que en ese momento se hallan las principales dificultades de los estudiantes.

En el N3 se encuentra un significativo descenso de los términos usados (314) en comparación con el post-test (469) (figura 4). Estos datos sugieren que el alumnado recuerda parte de estos conocimientos, aunque ha olvidado o usado inadecuadamente otra parte, debido probablemente a que este aprendizaje de nombres propios fue memorístico. Un ejemplo fue: “El primer satélite artificial que se puso en órbita fue Apollo 11” (Thiara, preg. 10), que muestra cómo esta alumna confunde la nave espacial que llegó a la Luna con el Sputnik I.

Como valoración de los resultados del ex post facto se considera que el uso de términos fue elevado.

Estudio estadístico del uso de la terminología científica

Para conocer realmente si existen diferencias significativas a favor del aprendizaje en el uso de terminología científica entre las pruebas realizadas, como parece deducirse del análisis expuesto, se realizó un estudio estadístico comparando por un lado, pre y post-test, y por otro, pre-test y ex post facto.

Para ello, se establecieron las cuatro categorías de grado de uso de la terminología científica propuestas: inadecuada, poco adecuada, adecuada o muy adecuada (ver tabla 4). La tabla 6 recoge los porcentajes de estudiantes que se sitúan en cada categoría, por bloques de contenidos y niveles, para el pre-test, post-test y ex post facto y en negritas aparecen las respuestas mayoritarias. La tabla 7 muestra los resultados de la prueba estadística de McNemar, que únicamente considera uso inadecuado o adecuado (ver tabla 4) al agrupar, por un lado, las dos primeras categorías y, por otro, las dos últimas, mientras que la tabla 8 recoge los resultados del test de

Wilcoxon, que utiliza los cuatro grados de uso. En ambos casos, p es la probabilidad obtenida para la significación exacta bilateral.

TABLA 6
Porcentaje de uso de la terminología científica en pre-test, post-test y ex post facto

Respuestas	N1			N2			N3		
	Pre-test	Post-test	Ex post facto	Pre-test	Post-test	Ex post facto	Pre-test	Post-test	Ex post facto
Estrellas									
Inadecuada	94.4	66.7	77.8	22.2	5.6	0	5.6	0	0
Poco adecuada	0	0	0	22.2	11.1	11.1	27.8	0	5.6
Adecuada	0	0	0	33.3	22.2	50.0	27.8	5.6	11.1
Muy adecuada	5.6	33.3	22.2	22.2	61.1	38.9	38.9	94.4	83.3
Planetas									
Inadecuada	27.8	5.6	5.6	5.6	0	5.6	11.1	0	0
Poco adecuada	11.1	0	0	16.7	0	0	16.7	0	11.1
Adecuada	16.7	5.6	0	55.6	16.7	27.8	44.4	5.6	16.7
Muy adecuada	44.4	88.9	94.4	22.2	83.3	66.7	27.8	94.4	72.2
Planetas enanos									
Inadecuada	100	50.0	83.3	100	94.4	100	38.9	55.6	100
Poco adecuada	0	0	0	0	0	0	5.6	0	0
Adecuada	0	0	0	0	0	0	27.8	0	0
Muy adecuada	0	50.0	16.7	0	5.6	0	27.8	44.4	0
Cuerpos celestes									
Inadecuada	100	77.8	94.4	83.3	38.9	44.4	100	16.7	50.0
Poco adecuada	0	0	0	0	22.2	27.8	0	0	0
Adecuada	0	0	0	11.1	27.8	11.1	0	5.6	0
Muy adecuada	0	22.2	5.6	5.6	11.1	16.7	0	77.8	50.0
Satélites									
Inadecuada	22.2	11.1	22.2	16.7	5.6	11.1	94.4	50.0	83.3
Poco adecuada	0	0	0	0	0	0	5.6	0	0
Adecuada	27.8	11.1	27.8	5.6	0	0	0	5.6	5.6
Muy adecuada	50.0	77.8	50.0	77.8	94.4	88.9	0	44.4	11.1
Exploración espacial									
Inadecuada	100	100	100	22.2	11.1	16.7	100	88.9	100
Poco adecuada	0	0	0	0	5.6	11.1	0	0	0
Adecuada	0	0	0	55.6	27.8	38.8	0	0	0
Muy adecuada	0	0	0	22.2	55.6	33.3	0	11.1	0

Comparación pre-test y post-test

Una visión global de los datos (tabla 6) muestra que antes del desarrollo de la unidad los estudiantes encontraban especial dificultad en el N1 y el N3, al hacer un uso inadecuado de cuatro de los seis bloques, ya que en el N2 solo se presentan dos con usos inadecuados. Los de mayor dificultad en los tres niveles son planetas enanos y cuerpos celestes. A ellos se suma en el N1 y N3 la exploración espacial. Algunos de estos bloques concentran al 100% de estudiantes. Estas dificultades se mantienen de forma similar en el post-test, donde se observa que la implementación de la unidad ha logrado disminuir algunos porcentajes. Los tres bloques donde se encuentran las mayores dificultades son, precisamente, a los que menos atención se les ha prestado desde la investigación educativa, centrada principalmente en las estrellas (ver tabla 1).

TABLA 7

Resultados de la prueba de McNemar

	Pre-test y post-test			Pre-test y ex post facto		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Estrellas						
p	0.055	0.070	0.016	0.156	0.031	0.055
Diferencias significativas	**	**	*	NS	*	**
Planetas						
p	0.016	0.063	0.031	0.016	0.156	0.156
Diferencias significativas	*	**	*	*	NS	NS
Planetas enanos						
p	0.002	0.500	0.193	0.125	—	0.004
Diferencias significativas	*	NS	NS	NS	NS	*
Cuerpos celestes						
p	0.063	0.117	0.000	0.500	0.250	0.002
Diferencias significativas	**	NS	*	NS	NS	*
Satélites						
p	0.234	0.250	0.002	0.273	0.312	0.125
Diferencias significativas	NS	NS	*	NS	NS	NS
Exploración espacial						
p	—	0.312	0.250	—	0.273	—
Diferencias significativas	NS	NS	NS	NS	NS	NS

(*) Existen diferencias significativas; (**) Tendencia a la significatividad; NS: no existen diferencias significativas

TABLA 8
Resultados de la prueba de Wilcoxon

	Pre-test y post-test			Pre-test y ex post facto		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Estrellas						
Z	-1.890	-2.391	-3.002	-1.342	-2.195	-2.547
p	0.059	0.017	0.003	0.180	0.028	0.011
Diferencias significativas	**	*	*	NS	*	*
Planetas						
Z	-2.558	-3.176	-3.275	-2.701	-2.101	-2.228
p	0.011	0.001	0.001	0.007	0.036	0.026
Diferencias significativas	*	*	*	*	*	*
Planetas enanos						
Z	-3.000	-1.000	-0.193	-1.732	0.000	-2.994
p	0.003	0.317	0.847	0.083	1.000	0.003
Diferencias significativas	*	NS	NS	NS	NS	*
Cuerpos celestes						
Z	-2.000	-1.667	-3.771	-1.000	-2.810	-3.000
p	0.046	0.095	0.000	0.317	0.005	0.003
Diferencias significativas	*	NS	*	NS	*	*
Satélites						
Z	-1.196	-1.131	-2.862	0.000	-0.556	-1.473
p	0.232	0.258	0.004	1.000	0.579	0.141
Diferencias significativas	NS	NS	*	NS	NS	NS
Exploración espacial						
Z	0.000	-1.341	-1.414	0.000	-0.250	0.000
p	1.000	0.180	0.157	1.000	0.802	1.000
Diferencias significativas	NS	NS	NS	NS	NS	NS

(*) Existen diferencias significativas; (**) Tendencia a la significatividad; NS: no existen diferencias significativas.

A continuación se analizan los distintos bloques. En las estrellas, la comparación pre y post-test parece indicar una mejora en el uso de la terminología científica por parte del alumnado, en particular en el N2 y el N3. En el N2 la respuesta mayoritaria pasa de ser adecuada (pre-test) a muy adecuada

(post-test), y en el N3, donde la mayoría de los estudiantes hacían un uso muy adecuado de la terminología, aumenta considerablemente el porcentaje, pasando de 38.9 a 94.4%. En el N1 se hace un menor uso apropiado de la terminología, ya que la categoría que mayor porcentaje de alumnos acapara (66.7%) tras la implementación sigue siendo la inadecuada, aunque su proporción disminuyó 27.7% respecto del pre-test. Las pruebas de McNemar y Wilcoxon (tablas 7 y 8) apoyan este análisis al poner de manifiesto diferencias significativas o una clara tendencia a la significatividad entre pre y post-test en los tres niveles de este bloque. En este sentido, se puede afirmar que la propuesta ha permitido a los alumnos superar algunas dificultades (G, H, I, J, K, L y M) (tabla 1) de las estrellas detectadas en otros estudios.

El bloque de planetas muestra un progreso en el uso adecuado de la terminología, debido a que en los tres niveles aumenta el porcentaje de empleo muy adecuado y disminuyen los de categorías menos adecuadas. Concretamente, todos los niveles del post-test sitúan las respuestas mayoritarias en la categoría más adecuada y salvo en el N1 no aparecen respuestas en las dos primeras categorías. A pesar de ello, en este nivel también se aprecia una evolución importante del uso de la terminología empleada de forma muy adecuada, que pasa de 44.4 (pre-test) a 88.9% (post-test). La prueba de Wilcoxon y McNemar confirman esta mejora generalizada encontrando diferencias significativas en todos los niveles. Estos resultados parecen indicar que se supera la principal dificultad en este tópico acerca de las diferencias existentes entre planetas y estrellas (Dunlop, 2000).

En el bloque de planetas enanos no se observan cambios hacia mejoras más adecuadas de empleo de la terminología, ya que en ambos casos la respuesta inapropiada sigue siendo mayoritaria. En el N1 se pasa de 100% de usos inadecuados (pre-test) a un reparto en partes iguales entre inadecuado y muy adecuado (post-test). En el N2 las diferencias son menores, ya que se mantiene 94.4% de uso inadecuado en el post-test. En el N3 se produce un ligero avance hacia empleos muy adecuados (44.4%). Tanto la prueba de McNemar como de Wilcoxon indican que solamente hay diferencias significativas a favor del aprendizaje en el N1, lo que pone de manifiesto que no se ha superado la dificultad N (tabla 1) sobre dónde termina nuestro sistema solar (Gangui, 2006).

Algo similar ocurre con los cuerpos celestes, donde se mantienen como mayoritarias las respuestas inadecuadas del N1 y el N2 en el pre y post-test, aunque bien es cierto que después de desarrollar la unidad se observa

un descenso en estos porcentajes con el consiguiente incremento de usos más adecuados. Los mejores resultados se obtienen en el N3 con 77.8% de empleo muy adecuado. Ambas pruebas estadísticas indican diferencias significativas solamente en el N1 y el N3.

Los resultados de satélites son más favorables, ya que inicialmente se partía de respuestas mayoritarias de uso muy adecuado en el N1 y el N2 (50 y 77.8%, respectivamente), categoría que se mantiene en el post-test, donde se mejoran porcentajes (77.8% para el N1 y 94.4 para el N2). De la misma forma, el N3 del pre-test, que acaparaba 94.4% de respuestas inadecuadas, también experimenta un avance al disminuir esta categoría a 50% y emplear respuestas adecuadas 44.4% del alumnado. A pesar de estas mejoras, las diferencias únicamente son significativas en el N3 para ambas pruebas estadísticas, por lo que no se puede afirmar si se logran superar las dificultades en este tópico.

En el último bloque, exploración espacial, se observan ciertas semejanzas entre pre y post-test. En el N1 no se aprecian cambios, ya que todas las respuestas se mantienen con uso inadecuado, y en el N3 la evolución es insuficiente. El principal progreso está en el N2 donde el uso mayoritario pasa de ser adecuado (pre-test) a muy adecuado (post-test). En el N3 se aprecia un mínimo descenso (de 100 a 88.9%) del porcentaje de uso inadecuado. McNemar y Wilcoxon apoyan la escasa evolución que se produce en este bloque mostrando la no existencia de diferencias significativas en ningún nivel, resultados que ponen énfasis en que se debe prestar mayor atención a estos contenidos.

Comparación pre-test y ex post facto

Seguidamente se comparan los resultados iniciales con los obtenidos después de cinco meses de la implementación (tabla 6) para comprobar si las dificultades iniciales persisten o no en el tiempo.

Los resultados del ex post facto para estrellas son ligeramente mejores a los obtenidos en el pre-test. Destaca especialmente el 83.3% del uso de términos muy adecuados como respuesta mayoritaria en el N3. No obstante, los estudiantes siguen presentando dificultades en el N1 (77.8% de respuestas inadecuadas). Las pruebas estadísticas enfatizan este hecho con diferencias significativas en el N2 y el N3.

Los mejores resultados del ex post facto se obtienen en el bloque planetas con respuestas mayoritarias de usos muy adecuados en todos los niveles, siem-

pre superiores a 66.7%. En este caso, el test de Wilcoxon muestra diferencias significativas en todos los niveles, pero no la prueba de McNemar ya que la mayoría de usos se encuentra en el grupo de respuestas adecuadas. Estos datos afianzan que los alumnos son capaces de diferenciar entre planeta y estrella, por lo que parece haberse superado con éxito esta dificultad (Dunlop, 2000).

En los planetas enanos no se produce evolución alguna, presentando todos los niveles respuestas mayoritarias inadecuadas con porcentajes elevados en los dos momentos de la intervención. Las pruebas estadísticas solo presentan diferencias significativas para el N3.

En los cuerpos celestes se aprecia un ligero progreso debido a que a pesar de tener respuestas mayoritarias con uso inadecuado, los porcentajes son menores. En la prueba de McNemar solo el N3 presenta diferencias significativas, ya que las respuestas mayoritarias del ex post facto se reparten al 50% entre usos inadecuados y muy adecuados. El test de Wilcoxon presenta diferencias significativas en el N2 y el N3.

Las dos pruebas no muestran diferencias significativas en ninguno de los niveles para satélites. Esto se debe a que los resultados de partida del pre-test eran buenos –con el uso muy adecuado de los términos de N1 y N2, y algo peores para N3–, resultados que se mantienen sin grandes cambios tras la prueba ex post facto.

Algo similar ocurre en la exploración espacial, donde tampoco se hallan diferencias significativas en las pruebas estadísticas. En este caso, los resultados tampoco varían y se mantiene el 100% de usos inadecuados en el N1 y el N3.

Conclusiones

En primer lugar, se puede afirmar que la implementación en el aula de la unidad diseñada sobre el universo para primaria fomenta el incremento del uso de la terminología científica, pasando de una media de 18.5 usos adecuados/estudiante antes de la unidad a 43.5 al finalizar la misma, y a 29.8 usos/estudiante tras cinco meses. Estos datos indican que los alumnos poseían inicialmente un bagaje de conocimientos rico sobre astronomía y que la propuesta de terminología ha ayudado a utilizarlos, afianzarlos y a avanzar en su aprendizaje.

Los resultados obtenidos sugieren que, al menos con la muestra de estudiantes con los que se ha trabajado, se ha logrado un avance en el aprendizaje de los conocimientos de N1 y N2 sobre bloques principales del universo y sus características. Muestra de ello es la elevada frecuencia de términos usados

adecuadamente en estos niveles en el post-test (66 y 293 usos en el N1 y el N2, respectivamente), y su ligera disminución en el ex post facto (47 y 242 en el N1 y el N2). Asimismo parece haber un aprendizaje de tipo mecánico de los términos del N3 (nombres y ejemplos) al descender su uso adecuado notablemente entre post-test (424 usos) y ex post facto (247 usos).

El avance producido en el aprendizaje en la mayoría de estos alumnos se apoya en las pruebas estadísticas de McNemar y Wilcoxon, que evidencian la existencia de ciertas dificultades de aprendizaje en algunos contenidos y niveles tras desarrollar la unidad. Así, las principales dificultades se encuentran en el N1 y el N2 de planetas enanos y cuerpos celestes, y en el N1 y el N3 de la exploración espacial, que acaparan usos mayoritarios inadecuados. Estos resultados permiten formular las siguientes dificultades de aprendizaje, no detectadas en estudios previos:

- El estudiante desconoce si el planeta enano pertenece o no al sistema solar.
- Confusión acerca de si los planetas enanos orbitan alrededor del Sol o de otra estrella.
- Confusión sobre si los cuerpos celestes giran o no en torno al Sol.
- Desconocimiento de la composición de algunos cuerpos celestes (estrellas fugaces, cometas) entendidas como grandes bolas de fuego.
- Confusión entre protagonistas (Armstrong, Gagarin) y aportaciones en la exploración espacial.

Por el contrario, los contenidos que resultaron más sencillos fueron estrellas, planetas y satélites, donde se observaron avances en el aprendizaje, y se superó la mayor parte de los obstáculos descritos en la bibliografía.

Los autores somos conscientes de que la muestra empleada es pequeña, pero necesaria para poder realizar un análisis en profundidad de los alumnos de este estudio de caso. Asimismo, la investigación pone de manifiesto la necesidad de diseñar nuevas tareas sobre los bloques de contenidos donde se han encontrado mayores dificultades, así como el empleo de estrategias para superar los aprendizajes en el N3.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de I+D de Excelencia “Desarrollo y evaluación de competencias científicas mediante enfoques de enseñanza en contexto y de modelización. Estudios de caso” (EDU2013-41952-P)

financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria de 2013.

Anexo

Prueba de conocimientos escrita

Preguntas de desarrollo

	Enunciado de la tarea	Criterio de evaluación	Terminología y niveles (N)	Respuesta apropiada dada por los estudiantes
1	Nombra todos los astros que hay en el Sistema Solar	Conocer los nombres de los planetas del sistema solar, planetas enanos y cuerpos celestes	Planetas, planetas enanos y cuerpos celestes (N1 y N3)	Nombres de planetas, planetas enanos y cuerpos celestes
2	Contesta: a) ¿Qué planetas del Sistema Solar son gaseosos? b) ¿Cuáles son los planetas rocosos? c) ¿Qué dos planetas son los más próximos al Cinturón de Kuiper?	Identificar un planeta a partir de sus características	Planetas (N1, N2 y N3)	a) Los planetas exteriores: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno b) Los planetas interiores: Mercurio, Venus, la Tierra y Marte c) Urano y Neptuno
3	¿Qué diferencia hay entre un asteroide y un cometa? Explícalo	Diferenciar claramente un asteroide y un cometa, como los principales cuerpos celestes	Cuerpos celestes (N1, N2 y N3)	Un asteroide está formado por fragmentos de roca y polvo, y un cometa está formado por hielo y polvo
4	Completa el texto: a) La Luna es el ____ del planeta ____, que pertenece al Sistema ____ b) La estrella de este Sistema es el ____, es de color ____, un tamaño ____ y pertenece a la galaxia llamada ____	Conocer las características de estrellas, planetas y satélites, y los ejemplos más importantes	Estrellas y planetas (N2 y N3) y satélites (N1)	a) Satélite / La Tierra / Solar b) Sol / amarillo / mediano / Vía Láctea
5	¿Por qué crees que los científicos han elegido Marte para vivir en él y no otro planeta?	Argumentar a partir de las características de los planetas la posibilidad de vivir en algún planeta del Sistema Solar	Planetas (N1, N2 y N3)	Por ser el planeta más cercano a la Tierra donde podrían darse las condiciones necesarias para la vida
6	Di qué son: a) Agrupaciones de miles o millones de estrellas, fragmentos de roca y gas b) Nave no tripulada enviada al espacio para el estudio de éste	Asociar el término galaxia y satélite artificial a su definición	Estrellas y satélites (N2)	a) Galaxias b) Satélite artificial o sonda espacial

(CONTINÚA)

Enunciado de la tarea	Criterio de evaluación	Terminología y niveles (N)	Respuesta apropiada dada por los estudiantes
7 Explica qué es: a) Una estación espacial c) Una constelación	Explicar qué es una estación espacial y una constelación	Estrellas y exploración espacial (N1, N2 y N3)	a) Estación artificial que orbita en el espacio alrededor de la Tierra que permite estudiar el espacio y nuestro planeta. b) Grupo de estrellas cercanas a una región, unidas con líneas imaginarias que forman dibujos
8 Di qué es una estrella, explica sus propiedades y pon un ejemplo	Conocer qué es una estrella, sus características y ejemplos	Estrellas (N1, N2 y N3)	Esfera de gas con energía en su interior que se emite en forma de luz y calor. Sus propiedades son tamaño, color, brillo y luminosidad. Se debe explicar cada una de ellas
9 Responde a las siguientes cuestiones: a) ¿Qué separa los planetas interiores de los exteriores? b) ¿Por qué la basura espacial puede ser perjudicial?	Conocer que el cinturón de asteroides separa los planetas interiores de los exteriores Argumentar la peligrosidad de la basura espacial	Cuerpos celestes (N3) Exploración espacial (N1, N2 y N3)	a) El cinturón de asteroides b) Porque si algún meteorito o asteroide choca contra esa basura, podría afectar al funcionamiento de los satélites
10 Responde a estas preguntas: a) ¿Quién fue Neil Armstrong? b) ¿Cuál fue el primer satélite artificial que se puso en órbita? c) ¿Quién fue Yuri Gagarin?	Conocer la contribución de Armstrong y Gagarin a la exploración espacial, así como el nombre del primer satélite artificial	Exploración espacial (N1, N2 y N3) y satélites (N1 y N3)	a) El primer hombre en pisar la Luna b) Sputnik I c) El primer hombre que salió al espacio estando en órbita alrededor de la Tierra

Preguntas tipo test

Enunciado de la tarea	Criterio de evaluación	Terminología y niveles (N)	Respuesta apropiada
11 Los astros grandes que giran alrededor del Sol siguiendo una trayectoria son: a) Los satélites b) Los planetas c) Las galaxias	Reconocer un término científico a partir de sus características	Estrellas, planetas y satélites (N2)	b)
12 La cantidad de energía que emite una estrella es: a) Su luminosidad b) Su brillo c) Su color	Conocer qué significa cada una de las propiedades de las estrellas e identificar la que se pide	Estrellas (N2)	a)

Retención de conocimientos sobre el universo: estudio en alumnos de primaria a partir de una estrategia didáctica

	Enunciado de la tarea	Criterio de evaluación	Terminología y niveles (N)	Respuesta apropiada
13	Las naves que giran en una órbita en torno a la Tierra son: a) Los cometas b) Los satélites artificiales c) Los cohetes	Diferenciar los distintos tipos de naves o cuerpos que giran alrededor de la Tierra	Satélite, cuerpos celestes y estación espacial (N2) y planetas (N3)	b)
14	Mercurio es: a) Un planeta interior b) Un satélite c) Un planeta enano	Conocer los planetas y diferenciar los astros del Sistema Solar	Planetas (N2 y N3) y planetas enanos y satélite (N1)	a)
15	La estrella que siempre apunta al norte se llama: a) Osa Mayor b) Estrella Polar c) Sol	Ser consciente de que la Estrella Polar tiene la particularidad de permanecer quieta en el cielo y saber que la Osa Mayor es un conjunto de estrellas	Estrellas (N1 y N3)	b)
16	La sonda Rosetta está actualmente estudiando un: a) Cometa b) Planeta enano c) Asteroide	Conocer sucesos actuales como la localización y estudio que realiza la sonda Rosetta	Exploración espacial (N1 y N3), planetas enanos (N1) y cuerpos celestes (N2)	a)
17	El orden de tamaño en el universo de mayor a menor es: a) Vía Láctea, Sistema Solar, Sol b) Sol, Sistema Solar, Vía Láctea c) Sistema Solar, Vía Láctea, Sol	Tener clara la magnitud de cada término y aquellos que engloban a otros	Estrellas (N3) y planetas (N2)	a)
18	Las galaxias según su forma pueden ser: a) Elípticas, espirales y redondas b) Esféricas, elípticas e irregulares c) Elípticas, espirales e irregulares	Conocer los tipos de galaxias que existen en función de su forma	Estrellas (N2)	c)
19	Las naves tripuladas que se han enviado a explorar el Sistema Solar son: a) Los cohetes b) Las sondas espaciales c) Los transbordadores espaciales	Conocer los diferentes tipos de naves existentes y las diferencias entre ellas	Exploración espacial (N2) y planetas (N2)	c)
20	Di cuál es la respuesta correcta: a) En el Universo se encuentra el Sistema Solar y en él la Vía Láctea b) La Vía Láctea forma todo el Universo y en ella se encuentra el Sistema Solar c) El Sistema Solar está dentro de la Vía Láctea, que es una parte del Universo	Conocer la inmensidad del universo, así como qué términos se engloban dentro de otros	Estrellas (N3) y planetas (N2)	c)

Referencias

- Alfonso, R.; Bazo, C.; López, M.; Macau, M. D. y Rodríguez, M. L. (1995). “Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, núm. 1, pp. 327-335.
- Archila, P. A. (2012). “La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 9, núm. 3, pp. 361-375.
- Atwood, R. y Atwood, V. (1997). “Effects of instruction on preservice elementary teacher’s conceptions of the causes of night and day and the seasons”, *Journal of Science Teacher education*, vol. 8, núm. 1, pp. 1-13.
- Ausubel, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*, Barcelona: Paidós Ibérica.
- Bektasli, B. (2013). “The effect of media on pre-service science teachers’ attitudes toward astronomy and achievement in astronomy class”, *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, vol. 12, núm. 1, pp. 139-146.
- Bell, L. R. y Trundle, K. C. (2008). “The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases”, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45, núm. 3, pp. 346-372.
- Beltrán, J. (2002). *Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje*, Madrid: Síntesis.
- Brunsell, E. y Marcks, J. (2005). “Identifying a baseline for teachers astronomy content knowledge”, *Astronomy Education Review*, vol. 2, núm. 3, pp. 38-46.
- Caamaño, A. (1998). “Problemas en el aprendizaje de la terminología científica”, *Alambique*, núm. 17, pp. 5-10.
- Caamaño, A. (2013). “El carácter interpretativo del lenguaje científico”, *Textos de Didáctica de la Lengua y la Literatura*, núm. 64, pp. 9-22.
- 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*, vol. 13, núm. 1, pp. 81-96.
- De Longhi, A. (2000). “El discurso del profesor y del alumno: Análisis didáctico en clases de ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 18, núm. 2, pp. 201-216.
- De Manuel, J. (1995). “¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, núm. 2, pp. 227-236.
- Doige, C. y Day, T. (2012). “A typology of undergraduate textbook definitions of ‘heat’ across science disciplines”, *International Journal of Science Education*, vol. 34, núm. 5, pp. 677-700.
- Domènech, J. (2015). “Eppur si muove: una secuencia contextualizada de indagación y comunicación científica sobre el sistema astronómico Sol-Tierra”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 12, núm. 2, pp. 328-340.
- Dove, J. (2002). “Does the man in the moon ever sleep? An analysis of student answers about simple astronomical events: a case study”, *International Journal of Science Education*, vol. 24, núm. 8, pp. 823-834.

- Dunlop, J. (2000). "How children observe the universe", *Publications of the Astronomical Society of Australia*, núm. 17, p. 194.
- Ebbinghaus, H. (1913). *Memory: A contribution to experimental psychology*, Nueva York: Columbia University.
- Franco-Mariscal, A. J.; Oliva, J. M.; Blanco, A. y España, E. (2016). "A Game-Based Approach To Learning the Idea of Chemical Elements and Their Periodic Classification", *Journal of Chemical Education*, vol. 93, núm. 7, pp. 1173-1190.
- Frede, V. (2006). "Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy", *Advances in Space Research*, vol. 38, núm. 10, pp. 2237-2246.
- Gangui, A. (2006). "Los científicos y la alfabetización en astronomía", *Anales AFA*, vol. 18, pp. 24-27.
- García-Barros, S.; Martínez, C.; Mondelo, M. y Vega, P. (1997). "La astronomía en textos escolares de educación primaria" *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 15, núm. 2, pp. 225-232.
- García, A. y Bertomeu, J. R. (1998). "Lenguaje, ciencia e historia: una introducción histórica a la terminología química", *Alambique*, núm. 17, pp. 20-36.
- García-Barros, S. y Martínez, C. (2014). "La importancia de las habilidades cognitivo-lingüísticas asociadas al estudio de la Astronomía desde la perspectiva del profesorado", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 32, núm. 1, pp. 179-197.
- Göncü, Ö. (2013). *Identifying fifth and seventh grade elementary school students' misconceptions in astronomy concepts*, (tesis de maestría), Burdur: Mehmet Akif Ersoy University Turkey (inédita).
- Kikas, E. (2004). "Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena", *Journal of Research in Science Teaching*, 41, núm. 5, pp. 432-448.
- Korur, F. (2015). "Exploring Seventh-Grade Students' and Pre-Service Science Teachers' Misconceptions in Astronomical Concepts", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 11, núm. 5, pp. 1041-1060.
- Kriner, A. (2004). "Las fases de la Luna, ¿Cómo y cuándo enseñarlas?" *Ciencia y Educação*, vol. 10, núm. 1 pp. 110-120.
- Küçüközer, H.; Korkusuz, M. E.; Küçüközer, H. A. y Yürümezoğlu, K. (2009). "The effect of 3D computer modeling and observation-based instruction on the conceptual change regarding basic concepts of astronomy in elementary school students", *Astronomy Education Review*, vol. 8, núm. 1, pp. 010104.
- Lanciano, N. (1989). "Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, núm. (2), pp. 173-182.
- Llácer, E. V. (2012). "El lenguaje científico, la divulgación de la ciencia y el riesgo de las pseudociencias", *Quaderns de Filologia. Estudis lingüístics*, vol. 17, pp. 51-67
- Logan, S. y Logan, W. P. (1993). "Scientifically speaking", *Education in Chemistry*, vol. 30, núm. 2, pp. 50-54.
- Martínez Sebastià, B. (1995). "Investigación didáctica en astronomía: Una selección bibliográfica", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, núm. 3, pp. 387-389.
- MECD (2014). "Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria", *Boletín Oficial del Estado*, 1 marzo, Madrid: Gobierno de España-Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

- Mulholland, J. y Ginns, I. S. (2008). "College MOON project Australia: Preservice teachers learning about the moon's phases", *Research in Science Education*, vol. 38, núm. 3, pp. 385-399.
- Navarro, J.J. (1993). *Aprendizaje y memoria humana*, Madrid: McGraw Hill.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2007). "Effects of model-based teaching on pre-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases and other lunar phenomems", *International Journal of Science Education*, vol. 29, núm. 5, pp. 555-594
- Oliva, J. M.; Aragón, M. M. y Cuesta, J. (2015). "The competence of modelling in learning chemical change: A study with secondary school students", *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 13, núm. 4, pp. 751-791.
- Palomar, R. y Solbes, J. (2015). "Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 33, núm. 2, pp. 91-111
- Parker, J. y Heywood, D. (1998). "The earth and beyond: developing primary teacher's understanding of astronomical events", *International Journal of Science Education*, vol. 20, núm. 5, pp. 503-519
- Pérez, U. y Álvarez, M. (2007). "Las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Astronomía: el programa Stellarium", *Boletín das Ciencias*, año 20, núm. 64, pp. 73-74.
- Pérez, U.; Álvarez, M. y Serrallé, F. (2009). "Los errores de los libros de texto de primer curso de ESO sobre la evolución histórica del conocimiento del universo", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 27, núm. 1, pp. 109-120.
- Plummer, J. D. (2014). "Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression", *Studies in Science Education*, vol. 50, núm. 1, pp. 1-45.
- Prain, V. (2006). "Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications", *International Journal of Science Education*, vol. 28, núms. 2-3, pp. 179-201.
- Prather, E. E.; Rudolph, A. L. y Brissenden, G. (2009). "Teaching and learning astronomy in the 21st century", *Physics Today*, vol. 62, núm. 10, pp. 41-47.
- Pushkin, B. (1996). "A comment on the need to use scientific terminology appropriately in conception studies", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, núm. 2, pp. 223-224.
- Riera, C. (1998). "Terminología científica. Generalidades e influencia del inglés", *Alambique*, núm. 17, pp. 11-19.
- Roeders, P. (1997). *Aprendiendo juntos. Un diseño del aprendizaje activo*, Lima: Sociedad Cultural Walkiria.
- Sadler, P. M.; Coyle, H.; Miller, J. L.; Cook-Smith, N.; Dussault, M. y Gould, R. R. (2010). "The astronomy and space science concept inventory: Development and validation of assessment instruments aligned with the K-12 national science standards", *Astronomy Education Review*, vol. 1, núm. 6, pp. 25-42.
- Scerri, E. (2008). "The past and future of the Periodic Table", *American Scientist*, vol. 96, núm. 1, pp. 52-58 (publicado en español en: *Educación Química*, vol. 19, núm. (3), pp. 234-241).
- Schoon, K. (1995). "The origin and extent of alternative conceptions in the Earth and space sciences: a survey of preservice elementary teachers", *Journal of Elementary Science Education*, vol. 7, núm. 2, pp. 27-46.

- Sharp, J.G. (1996). "Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England", *International Journal of Science Education*, vol. 18, núm. 6, pp. 685-712.
- Shelton, B. E. y Hedley, N. R. (2002). "Using augmented reality for teaching Earth-Sun relationships to undergraduate geography students", trabajo presentado en el First IEEE International Augmented Reality Toolkit, Workshop, 29 de septiembre, Darmstadt.
- Small, K. J. y Plummer, J. D. (2014). "A longitudinal study of early elementary students' understanding of lunar phenomena after planetarium and classroom instruction", *The Planetarian*, vol. 43, núm. 4, pp. 18-21.
- Steinberg, R. y Cormier, S. (2013). "Understanding and affecting science teacher candidates' scientific reasoning in introductory astrophysics", *Physics Review ST Physics Education Research*, vol. 9, núm. 02011, pp. 1-10.
- Sutton, C. (1996). "Beliefs about science and beliefs about language", *International Journal of Science Education*, vol. 18, núm. 1, pp. 1-18.
- Trumper, R. (2001a). "A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts", *International Journal of Science Education*, vol. 23, núm. 11, pp. 1111-1123.
- Trumper, R. (2001b). "A cross-college age study of science and non-science students' conceptions of basic astronomy concepts in preservice training for high school teacher", *Journal of Science Education and Technology*, vol. 10, núm. 2, 189-195.
- Trundle, K. C.; Atwood, R. K. y Christopher, J. E. (2007a). "A longitudinal study of conceptual change: preservice elementary teachers' conceptions of moon phases", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 44, núm. 2, pp. 303-326.
- Trundle, K. C.; Atwood, R. K. y Christopher, J. E. (2007b). "Fourth-grade elementary students' conceptions of standards-based lunar concepts", *International Journal of Science Education*, vol. 29, núm. 5, pp. 595-616.
- Trundle, K. C.; Troland, T. H. y Pritchard, T. G. (2008). "Representations of the moon in children's literature: An analysis of written and visual text", *Journal of Elementary Science Education*, vol. 20, núm. 1, pp. 17-28.
- Vargas, G. (2002). *Factores que dificultan la retención de los elementos químicos en los alumnos del tercer grado de educación secundaria del colegio nacional "Abilia Ocampo" del distrito de Rioja*, tesis de doctorado, Rioja, Perú: Universidad Nacional de San Martín.
- Vega, A. (2001). "Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19, núm. 1, pp. 31-44.
- Zeilik, M.; Schau, C. y Mattern, N. (1998). "Misconceptions and their change in university-level astronomy courses", *The Physics Teacher*, vol. 36, núm. 2, pp. 104-107.

Artículo recibido: 26 de febrero de 2016

Dictaminado: 27 de junio de 2016

Segunda versión: 4 de agosto de 2016

Comentarios: 11 de agosto 2016

Aceptado: 12 de agosto de 2016