

# ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS APOYADA EN LA PRÁCTICA DE LA ASTRONOMÍA, UNA REVISIÓN TEÓRICA

**TEACHING OF MATHEMATICS SUPPORTED BY THE PRACTICE OF  
ASTRONOMY, A THEORETICAL REVIEW**

**Alexander Aguilera Coy<sup>1</sup>  
Alejandro Bolívar Suárez<sup>2</sup>**

- 
- 1 Licenciado en Matemáticas, egresado de la universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; candidato a magíster en educación matemática. Profesor del Colegio Héctor Julio Gómez de Sutamarchán, Boyacá.
- 2 Profesional en Física, egresado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Magíster en educación de la UPTC. PhD. en Educación, UPTC. Docente de la Licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental, UPTC, Tunja.

## Resumen

El presente artículo de revisión expone la Astronomía como recurso para el aprendizaje de las matemáticas y como estrategia didáctica que dinamiza el proceso complejo de la enseñanza de la geometría. En este sentido, se comprende el conocimiento del mundo y del universo como un interés constante para la humanidad, e intrínsecamente la exploración como medio para construir y deconstruir teorías y paradigmas para así, llegar a la comprensión y explicación de los fenómenos naturales. Así, la geometría se configura como una herramienta de interpretación del universo, el cual está gobernada por las formas geométricas que se encuentran en los distintos componentes del sistema solar, estableciéndose así una profunda relación entre el saber matemático, el arte de la geometría y los amplios contenidos y explicaciones de la mecánica celeste que aborda la Astronomía. Grosso modo, se configura como objetivo principal de este artículo, el identificar qué se conoce del tema, qué se ha investigado y qué aspectos permanecen desconocidos en torno a la implementación de la práctica de la Astronomía para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, específicamente de la geometría. Para esta investigación se optó por el método cualitativo, en el que se revisó una serie de estudios e investigaciones previas sobre la Astronomía en el campo de la pedagogía, la educación científica y como ciencia interdisciplinaria, el aprendizaje de las matemáticas y la geometría para el conocimiento holístico.

**Palabras claves:** Enseñanza-aprendizaje; Astronomía; geometría; conocimiento holístico.

## Abstract

This review article presents astronomy as a resource for learning mathematics and as a didactic strategy that encourages the complex process of teaching geometry. In this sense, knowledge of the world and the universe is understood as a constant interest for humanity, and intrinsically, exploration as a means to build and deconstruct theories and paradigms in order to reach an understanding and explanation of natural phenomena. Thus, geometry is configured as a tool for interpreting the universe, which is ruled by the geometric shapes found in the different components of the solar system, therefore establishing a deep relationship between mathematical knowledge, the art of geometry and the broad contents and explanations of celestial mechanics that astronomy addresses. In general lines, the main objective of this article is to identify what is known about the subject, what it's been researched and what aspects remain unknown about the implementation of the practice of astronomy in the teaching and learning of mathematics, specifically geometry. For this research, it was taken into account the qualitative method, in which it was reviewed a series of previous studies and research on astronomy in the field of pedagogy, science education and as an interdisciplinary science, the learning of mathematics and geometry for holistic knowledge.

**Keywords:** Teaching-learning; astronomy; geometry; holistic knowledge.

## Introducción

La enseñanza de las matemáticas propicia aprendizajes desde un sentido experiencial integral, es por ello que es importante comprender las acciones pedagógicas en la implementación de la Astronomía como una herramienta vivencial y significativa para asumir la geometría como un proceso complejo y necesario para el conocimiento del mundo y del universo. En este sentido, el uso de esta herramienta supera lo exacto yendo más allá, abordando la historia, los imaginarios y el propio interés del individuo por los fenómenos y elementos astronómicos.

Por otro lado, se parte de la necesidad de que la enseñanza de las matemáticas exige una renovación en cuanto a los métodos tradicionales. En la actualidad, es fundamental que el docente supere el concepto de lo exacto, medible y cuantificable para integrar los múltiples constructos que competen al accionar humano. Pues, desde sus orígenes, el ser humano ha observado el firmamento y todo lo que le rodea para buscar comprenderlo.

Esta revisión se centra en aportar un marco teórico, que demuestre la importancia de integrar, de forma práctica, disciplinas que enriquezcan los procesos pedagógicos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, específicamente, de la geometría, como ciencia que busca explicar el mundo.

Mediante la Astronomía se han establecido muchos de los acontecimientos y alcances más importantes para el desarrollo del crecimiento científico. Por ello, Palomar (2013, p. 5) afirma que la “unificación de fenómenos celestes y terrestres que tuvo lugar con la Teoría de la Gravitación Universal, y la

invariancia de las leyes físicas respecto a los sistemas de referencia son dos ejemplos de estas unificaciones. Además, la Astronomía ha ejercido de laboratorio de pruebas a otras ramas de la ciencia, como la física nuclear [...] y de partículas”.

Por otra parte, el intrincado vínculo entre la sociedad, la ciencia y la tecnología se evidencia en el desarrollo de la Astronomía, que se origina en el interés de las sociedades de la antigüedad, las cuales buscaban responder a sus necesidades más básicas. “Las grandes expediciones del siglo XVI se sirvieron de los conocimientos astronómicos y contribuyeron al desarrollo de instrumentos de medida para orientarse”. Ya en el siglo XX, con el comienzo de la carrera espacial, es cuando la Astronomía comenzó a influir de forma más importante en la sociedad (Palomar, 2013).

La expansión y conocimiento de la Astronomía es generalizado, en la actualidad esta ciencia cuenta con gran número de seguidores, sin embargo, según Palomar (2013, p. 6) afirma que

Los estantes de las librerías dedican un espacio generoso a esta ciencia y, es sin duda, la rama de la ciencia con más aficionados no profesionales y, en su mayoría, autodidactas. Esta situación es digna de mención, debido al poco interés que despierta la ciencia en los estudiantes, al convertirse este desinterés en un abandono [...], en particular, de la modalidad de matemáticas y física.

En concordancia con lo anterior, de esta revisión teórica, se puede derivar que en los contextos educativos se desconoce la Astronomía y su implementación como herramienta pedagógica que facilita la enseñanza y el aprendizaje, además de su importancia interdisciplinaria. En este sentido,

la Astronomía se configura como ciencia que apoya el estudio de múltiples áreas del conocimiento y que, empleada de manera adecuada, puede permear la capacidad de asombro, al trasladar a los estudiantes a realizar preguntas acerca de la comprensión del universo.

De esta forma, el conocimiento matemático y la Astronomía mantienen una relación permanente: la matemática en el establecimiento de leyes y predicción de fenómenos astronómicos, y en el cálculo y la demostración de los sucesos astronómicos, influyendo de forma relevante en la vida y en desarrollo de ambas ciencias.

La historia de la Matemática y la Astronomía, han estado íntimamente relacionadas a través del tiempo, ya que, aunque tradicionalmente se considera que la matemática en sus inicios, solo surgió para hacer cálculos en el comercio, la historia muestra que también su finalidad inicial fue servir de herramienta para poder medir la Tierra, predecir acontecimientos astronómicos y calcular distancias en el universo (Cárdenas, 2011).

Igualmente, la enseñanza de las matemáticas, mediante los contenidos de la Astronomía y su utilización didáctica, permite aprendizajes que son más significativos debido al interés y curiosidad innata de los estudiantes, comprendiendo que la matemática ha sido considerada una ciencia de difícil comprensión y poca relevancia para la vida cotidiana.

En esta misma instancia, puede que se crea que las matemáticas no influyen de una manera relevante en nuestra vida como para darle tanta importancia, pues logaritmos, regla áurea, pi, triángulos, cuadrados,

círculos, radio, hipotenusa, no tiene mayor sentido para muchos en etapa escolar, solo cuando saben que, en la aplicación, este tipo de operaciones son necesarias en el uso cotidiano. Hoy, para muchos estudiantes tales operaciones carecen de sentido, pero lo que sí es seguro, es que sin la matemática no existirían explicaciones a muchos fenómenos físicos, no sólo en la Tierra, sino también en el Universo (Cárdenas, 2011).

Además, al docente de matemáticas le corresponde trascender en sus métodos de enseñanza para propiciar y fortalecer los conocimientos en torno a esta ciencia, sustituyendo, quizás, un método tradicional por un método de descubrimiento, al mejorar las técnicas de enseñanza, desarrollando nuevos métodos de aprendizaje, incrementando la capacidad de análisis, de realizar la autoconsciencia (Cohen y Manion, 1991).

Por consiguiente, este texto presenta una revisión bibliográfica sobre la Astronomía como herramienta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, al evidenciarse que la mayoría de estudios se centran en la importancia interdisciplinar de la Astronomía, la necesidad de renovación e innovación en la enseñanza de las matemáticas, el desarrollo de habilidades investigativas y científicas en los estudiantes mediante la Astronomía y el carácter científico de la misma.

## 1. La Astronomía como herramienta de enseñanza de las matemáticas

Durante mucho tiempo, la formación matemática ha sido un ámbito complejo para la sociedad, inclusive en la actualidad, esta área del conocimiento reviste de grandes

dificultades, principalmente, en la Educación, por ser de gran desafío su enseñanza y aprendizaje en el aula, por cuanto requiere que los procesos escolares deban transformarse y superar el modelo sumativo y memorístico tradicional, y generar conocimientos que sean útiles para la vida, a fin de ser concomitante con las demás áreas del conocimiento humano. Dicha transformación es alcanzable, al fomentar el estudio de las ciencias, en general y de la Astronomía, en específico, “ya que, al igual que las Matemáticas, la Astronomía ha sido, desde sus inicios, una actividad humana culturalmente mediada y una disciplina en desarrollo, las cuales han estado ligadas desde el comienzo de su aparición y durante el desarrollo de la humanidad, con cambios acerca de la forma de ver el mundo y el universo” (Cárdenas, 2011).

De este modo, la Astronomía dinamiza la enseñanza de las matemáticas y se consolida como una herramienta didáctica y pedagógica enriquecedora. Sin embargo, pocas investigaciones la ubican en el ámbito educativo y, menos aún aquellas que aborden la Astronomía como una herramienta didáctica para la enseñanza de las ciencias, por cuanto desconocen que existe una relación profunda entre ellas.

Ahora bien, la didáctica de la Astronomía también ha sido bastante tratada, aunque la mayoría de veces ha estado centrada en los movimientos del sistema Tierra, Sol y Luna. Aunque hoy, con el avance de la ciencia y la tecnología, los fenómenos observables del universo van más allá y se piensa sobre el tratamiento de conceptos más elaborados como los de universo observable, principio cosmológico, etc., aspectos que quedan un poco olvidados en la investigación didáctica (Palomar, 2013, p. 6).

Igualmente, existe un interés generalizado por aquello que tiene que ver con la Astronomía. Los elementos que se encuentran en el espacio, como: planetas y los cuerpos celestes generan una curiosidad inusitada, constantemente surgen preguntas por lo que existe fuera del planeta y por su lugar en el universo, interés que, en muchos casos, nace de las producciones cinematográficas y la literatura y que son objeto de admiración. A pesar de esto, es poco el conocimiento que se posee sobre la Astronomía y, de hecho, no existe una conexión de los individuos con esta ciencia, en muchos casos, debido a que es limitada la información y es común creer que estos solo pueden ser vistos estando fuera del planeta.

Se habla del Sistema Solar, pero nunca se menciona cómo pueden verse los planetas en el cielo. Cuentan aspectos acerca de la luna, pero no se explica acerca de cómo son sus movimientos vistos desde nuestra posición de observación. Hasta se habla mucho del Sol, de su temperatura, sus explosiones, etc. pero no se conoce cómo este astro se mueve en el cielo a lo largo de los meses, hecho sumamente notorio que provoca una consecuencia tan importante como las estaciones del año (Galperin, 2011).

De la misma manera, a pesar del avance de la sociedad, de la ampliación del campo de acción de la ciencia, del conocimiento del universo y los fenómenos astronómicos, aún hoy se relegan a la superstición y la “ciencia ficción”, en consecuencia, se convierten en creencias que se reproducen y que no han podido ser superadas ni por los procesos educativos, ni por las teorías científicas actuales, “pese a que la información científica que se transmite día a día, evidencia la universalidad de los fenómenos físicos. La gente sigue pensando que los fenómenos

terrestres no tienen conexión con lo que sucede fuera de la Tierra" (Galperin, 2011, pág. 5).

Además de lo anterior, se observa la falta de interés de los jóvenes de conocer sobre la ciencia. Al respecto, Villanueva y Lozano (2018), afirman que los jóvenes no se interesan por un proyecto de vida vinculado con las ciencias y, en sí, por la academia en general, esto último muy a pesar de las múltiples tecnologías y avances científicos que permean la vida de los jóvenes (p. 175). En este sentido, la Educación se convierte en el contexto propicio para generar transformaciones en la forma como se asumen los procesos y fenómenos espaciales. Villanueva y Lozano (2018, p. 6) demuestran que es necesario que "la escuela comience a incorporarlos dentro de su currículum de ciencias, con el fin de mostrar que dichos fenómenos pueden ser descritos a partir de observaciones sencillas del cielo, realizadas en forma sistemática y para las cuales se pueden brindar explicaciones adecuadas a cada nivel de escolaridad". Solo así se propiciará la reflexión sobre lo que sucede en el universo y se relacionarán los fenómenos espaciales con las dinámicas del planeta y todos aquellos que rodean a la humanidad, de modo que se comprenda la conexión que existe entre estos contextos y se perciban como aspectos presentes, visibles y entendibles en la cotidianidad.

A más de lo anterior, tanto la Astronomía como las matemáticas se interrelacionan en tanto que representan una de las formas de la conciencia social, un reflejo de la realidad. La primera posee un objeto de estudio constituido, precisamente, por aquella parte de la realidad objetiva que pretende estudiar o investigar. Estos diferentes objetos de estudio dan lugar a las ciencias particulares,

dentro de las cuales está enmarcada la matemática, como ciencia viva en continua evolución que proporciona instrumentos de análisis, tratamiento y decisión para los aspectos cuantitativos de la actividad humana. De acuerdo con lo afirmado, sobre salen Schoon (1995); Trumper (2001); Zeilik, Schau y Mattern (1998), quienes exponen el carácter complejo de la enseñanza y aprendizaje de la Astronomía, debido a las perspectivas, imaginarios y subjetividad de los estudiantes, atendiendo a su poco conocimiento sobre esta disciplina científica.

De igual manera, en el contexto iberoamericano se han realizado investigaciones sobre el carácter educativo e interdisciplinar de la Astronomía, de los cuales destacan los trabajos de Bretones y Compiani (2011); Iachel, Langhi y Scalvi (2008); Langhi (2011); Langhi y Nardi (2007, 2010) en Brasil; Gangui, Iglesias y Quinteros (2010) y Kriner (2004) (como se cita en Varela, Pérez, Álvarez y Arias (2015)), quienes se centran en el carácter formativo de la Astronomía y su importancia como ciencia que propicia la investigación y el desarrollo del conocimiento científico en los estudiantes y jóvenes universitarios, en tanto que la Astronomía, como herramienta, fortalece las habilidades y la curiosidad e interés por entender el universo.

A este respecto, lo que más les llama la atención a los científicos sobre la ciencia es el proceso de descubrimiento, en el cual se centra la búsqueda de respuestas a preguntas interesantes. Por esta razón, es importante generar espacios para que los estudiantes experimenten cómo se llega a saber determinado conocimiento y explorar las preguntas que se obtienen de la experimentación sin respuesta. En este sentido, la Astronomía captura la

imaginación de los estudiantes de una manera difícil de igualar a otras áreas del conocimiento, pues los ambientes y visiones extraterrestres proporcionan un paisaje que inspira asombro, admiración y, sobre todo, curiosidad. Lo anterior, la convierte en una herramienta pedagógica en el aula que permite enseñar principios básicos de las ciencias y el método científico.

Ahora bien, según Fraknoi y Shatz (2002) uno de los mecanismos más efectivos en la enseñanza de la Astronomía, para que los estudiantes desarrollen y usen técnicas de pensamiento científico, es un enfoque basado en la solución de problemas. En este enfoque se presenta a los estudiantes un problema o una situación que despierte su interés y que requiera de una secuencia de tareas y experimentos para alcanzar una solución o respuesta. Las actividades deben permitir que el estudiante elabore reflexiones y actuaciones similares a las que haría un científico en su labor.

Por otra parte, se ubica una serie de estudios que profundizan en el proceso histórico de la Astronomía y su consolidación, como ciencia de aplicabilidad en los contextos educativos de primaria, básica, media y universitaria, principalmente en el contexto español, como es el estudio realizado por Ten Ríos (1984) en el que expone la manera como se institucionaliza la enseñanza de la Astronomía, a partir de su implantación como programa universitario. Además, explica que esta se encadenó inicialmente a la química, la física y demás ciencias experimentales, y se configura como área fundamental de los planes de enseñanza en la región de Valencia, con el objetivo de retomar los aportes de los intelectuales de España, para volver a consolidarse en la potencia que fue otra.

Igualmente, la investigación de Beas (1996), presenta el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento astronómico, algunos aspectos del cultivo de la ciencia en la historia, su relación con la cultura, a su vez, aborda y analiza el estado actual de las investigaciones en este campo, con el fin de mostrar que, a pesar de su importancia, es muy poca la investigación en este campo.

Por su parte, Vílchez y Ramos (2015, p. 2) abordan la enseñanza y aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en el nivel de primaria en España. Realizaron un estudio que analizó “el cambio conceptual en la interpretación de fenómenos cotidianos con metodologías de aprendizaje diferenciadas. Como resultado, se vislumbra que hay grandes obstáculos cognitivos para la comprensión de tales fenómenos, que se relacionan con las estrategias didácticas que se implementan y el bajo interés por estos temas, pero principalmente la complejidad del conocimiento astronómico”.

A partir de estos estudios, se puede inferir que es importante que se promueva en todos los niveles educativos, especialmente en los de primaria, la observación y la descripción del mundo que rodea a los estudiantes, de modo que puedan asimilar los fenómenos de su entorno y, a partir de allí, dar explicaciones que partan de los procesos propios de la Historia de la Ciencia; sin embargo, “lo habitual, es actuar de forma contraria y mostrar en las aulas una ciencia academicista, poco relacionada con la vida cotidiana” (Vílchez & Ramos, 2015, pág. 20). Este proceso, junto con la utilización de metodologías tradicionales, hacen del saber astronómico algo poco interesante, lo que implica que los estudiantes no se vinculen activamente a esta área del conocimiento.

Los estudios citados anteriormente, son un referente para la comprensión del desconocimiento de la Astronomía y de su ausencia en los contenidos curriculares. Es decir, esta revisión teórica permite ver la escasez de estudios sobre la integración de estas dos ciencias y trabajos que expongan el conocimiento astronómico como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Por otra parte, la Astronomía no hace parte de los currículos y de las propuestas didácticas de los docentes. Sin duda, esto tiene implicaciones negativas en los procesos educativos, ya que no brindan contenidos contextualizados ni consideran la importancia de formar a los estudiantes en aspectos básicos como la ciencia y la tecnología, además de soslayar la manera cómo la Astronomía puede contribuir a que los estudiantes se interesen por conocer e interpretar su entorno cercano y los fenómenos astronómicos que se presentan a su alrededor.

A más de lo anterior, la revisión de las investigaciones existentes sobre la Astronomía para la enseñanza de las matemáticas indica que, como sociedad, se tiene una mera idea más sobre el sistema planetario que enfatiza en distancias y tamaños de los cuerpos que lo conforman, pero no se ofrecen elementos que lleven a la comprensión de las causas físicas que rigen estos fenómenos. En otras palabras, la relación entre Astronomía y enseñanza de las matemáticas se encuentra muy avanzada; sin embargo, dicha relación no permea los contextos escolares, a pesar de contar con gran contenido científico sobre estos temas.

Finalmente, la enseñanza de la Astronomía es un punto crítico en la educación, pues, en términos de procesos de investigación educativa, en algunas áreas de las ciencias

se ha avanzado mucho, infelizmente, no ha sucedido lo mismo en la Astronomía, donde existe un inmenso vacío. Como precisan Villanueva y Lozano (2018, p. 6) pareciera ser que estudiar Astronomía no tiene que ver con conocer el cielo que podemos observar a diario y, entonces, se brinda implícitamente una idea errónea respecto a que estos fenómenos no tienen trascendencia en nuestra vida corriente. Además, la divulgación de la Astronomía en las aulas es mínima en comparación con otras ciencias y, aunque muchos maestros quisieran enseñarla, ellos no poseen el conocimiento adecuado o si lo poseen no saben cómo incorporarla al currículo, lo que la hace inalcanzable para muchos estudiantes.

### 1.1 Didáctica de la Astronomía

Dentro de los fines de la Educación, se encuentra la construcción de aprendizajes que sean aplicables en la vida, considerando todas las áreas de conocimiento posibles, abordadas de forma organizada, permanente y respondiendo a los procesos de desarrollo de los estudiantes, es por esto, que el aprendizaje debe ser integral y con significado, pues debe considerar que el carácter vivencial del conocimiento es muy importante, así, las experiencias que se van viviendo, la interacción con el entorno natural y social, enriquecen y permiten tal aprendizaje.

La Astronomía como ciencia compleja, pero interdisciplinaria, puede generar procesos de enseñanza que permitan alcanzar objetivos de aprendizaje con mayor facilidad en todas las asignaturas básicas de los currículos escolares. Comenzar a percibir el cielo y su diversidad, es quizás una de las experiencias vitales más profundas, que nos

hacen tomar conciencia de nuestra efímera existencia y pequeño lugar en el universo, revalorizando y fortaleciendo la belleza de lo que podemos generar, como individuos y como sociedad, al compartir con otros lo que vamos construyendo (Camino, 2011).

Es por esto que la Astronomía se configura como una estrategia didáctica que exige a los educadores y a los investigadores en educación, que generen metodologías a partir de los contenidos astronómicos, como medio para que el conocimiento se construya de forma integral, para potencializar los procesos propios de la Educación en cualquier edad y nivel educativo.

A este último respecto, Camino (2011, p. 2) expresa que la “Didáctica de la Astronomía puede ser un campo fértil para generar innovaciones educativas concretas y fuente de preguntas y conflictos para llevar adelante investigaciones de distintas características, aunque todas ellas destinadas a profundizar y mejorar cómo vamos relacionándonos con el universo del que somos parte”. Así, es fundamental que los docentes se interesen en la puesta en marcha de procesos educativos que permitan a los estudiantes ser parte activa de sus aprendizajes, que observen y analicen su contexto natural y social, de modo que sean capaces de identificar la relación que existe entre todo lo existente.

Bocanegra (2018) presenta una propuesta donde expone la implementación de la Astronomía como recurso interdisciplinario en el aula, fundamentada en una unidad didáctica que incluye los estándares básicos de competencias y se relacionan con la Astronomía en la escuela y la didáctica de la Astronomía como recurso de la enseñanza de las matemáticas y tiene en cuenta “que

es posible mirar el cielo y, a partir de esa experiencia personal y social, construir aprendizajes significativos adecuados a las posibilidades y tiempos de cada persona” (p. 12). Esta propuesta afirma que la observación de los fenómenos naturales sin instrumentos, promueve el aprendizaje significativo y la comprensión de la relación hombre-universo como parte necesaria en los procesos de enseñanza en matemáticas y Astronomía.

Por su parte Iglesias, Quintetos y Gangui (2007) definen la dificultad que los estudiantes y docentes presentan en los temas de Astronomía, el problema más significativo es el de transmitir sus conocimientos, es decir, hacerlo en tal forma que colabore a zanjar la brecha que existe entre el que trabaja en una ciencia, el que la enseña y divulga, y el estudiante o, más ampliamente, el público general. La propuesta de estos autores es diseñar, en conjunto con otros formadores de docentes, material didáctico innovador como fin de generar herramientas de apoyo. Dichas herramientas deberán tomar como referencia las representaciones de los alumnos y docentes, de manera tal que favorezcan un aprendizaje significativo.

Con respecto a la Astronomía, ha sido utilizada en procesos efectivos de enseñanza-aprendizaje y es el elemento interdisciplinario que ayuda a estudiar otras áreas del conocimiento, donde la Astronomía como ciencia, explica fenómenos naturales complejos que un niño o un adulto puede llegar a entender. Según Taborda (2013) define que “las primeras vivencias astronómicas que los niños experimentan, parten de la observación del sol, luna y estrellas, ya que les provocan curiosidad y los llevan a emitir juicios y dar explicaciones frente a fenómenos que observan con admiración”

(p.13). Además, es importante que, en la construcción de conocimientos, los docentes manejen los referentes de calidad como los Estándares básicos de competencias y los Derechos básicos de aprendizaje, para que su planeación de clase sea coherente con lo que se enseña en el aula, situación que por lo general no se da y que, se evidencia el poco conocimiento de los referentes de calidad emanados por el Ministerio de Educación Nacional (Bocanegra, 2018).

Respecto de algunas didácticas o conceptos de la didáctica de la Astronomía en el aula, desarrolladas en Latinoamérica, Camino (1999) considera que “esta propuesta parte de la convicción profunda de que creo que es posible mirar el cielo y, a partir de esa experiencia personal y social, construir aprendizajes significativos adecuados a las posibilidades y tiempos de cada persona” (p.12). Así mismo, se encuentran Gamba y Bogotá (2013) quienes utilizaron la arqueo-Astronomía del pueblo Muisca en lo que se conoce como el infiernito, Parque Arqueológico de Monquirá (Boyacá). Este reloj solar permitió plantear un dispositivo didáctico, “Ara Solís”, para los estudiantes de grado décimo, a través de modelos matemáticos orientados desde la geometría y la trigonometría plana, para relacionar un marco matemático dentro de un contexto astronómico por medio de una animación.

En conclusión, en la mayoría de trabajos, el aprendizaje significativo juega un papel sobresaliente en la didáctica de la Astronomía, lo cual permite generar aprendizajes adecuados a cada grupo de estudiantes. Para ello es indispensable crear acciones didácticas específicas diferenciadas. Según Camino (2011) este es otro de los desafíos de quienes se dedican a la Didáctica de la Astronomía: cómo generar acciones didácticas

específicas para compartir conceptos propios del conocimiento científico con otras personas, de distintas edades, culturas, intereses, etc., sin pérdida de la rigurosidad conceptual, ni de la calidad educativa, ni de la belleza del mundo que esos conceptos muestran.

## 1.2 Conocimiento Científico

En el mundo actual y globalizado, la ciencia y la tecnología avanzan de manera vertiginosa, por lo que es necesario que desde la escuela se preparen a los estudiantes para desenvolverse en contextos cada vez más complejos que requieren respuestas rápidas de solución a los problemas que se presentan en el entorno más cercano en la cotidianidad.

De acuerdo con Bachelard (2000) el conocimiento científico se basa en experiencias de lo cotidiano, en solución de experiencias significativas que motiven al estudiante a tener una nueva visión del mundo que lo rodea, así poder dibujar fenómenos y ordenar en serie los acontecimientos decisivos de una experiencia. He ahí la primera tarea en la que se funda su espíritu científico.

Ahora bien, como referencia a la Astronomía en la escuela, esta permite generar ese conocimiento científico que puede ayudar a encontrar y a entender las diferentes clases de conocimiento: conocimiento cotidiano, pre científico y científico, empírico y teórico.

Según Mourinho, Espinosa y Moreno (1983, p. 29) “el conocimiento científico y el empírico difieren de varias maneras y las desigualdades giran en torno al control y sistematización de su obtención. El primero utiliza esquemas conceptuales y de estructuras teóricas [...]. Los conocimientos cotidianos o empíricos se limitan a la cons-

tancia de los hechos y a su descripción". Tal conocimiento empírico es pertinente para empezar a despertar el espíritu científico de los niños y niñas a partir de la Astronomía como herramienta didáctica y la observación como mecanismo de obtención de información del mundo que lo rodea. Es decir, enseñar a los estudiantes que a partir del conocimiento ordinario que, generalmente, es vago e inexacto, la ciencia lo convierte en preciso. Así, el conocimiento, para ser científico, debe aprobar el examen de la experiencia, con la finalidad de explicar un fenómeno, hacer conjeturas fundadas en el saber adquirido. Estas pueden ser todo lo audaces o complejas posibles, pero en todos los casos deben ser puestas a prueba.

En conclusión, la Astronomía permite abarcar ese conocimiento empírico, ordinario, vago e inexacto, y con la ayuda de las matemáticas. De una manera interdisciplinaria con otras áreas de estudio, se puede fortalecer los conocimientos de los estudiantes en esta área y fomentar el despertar científico de ellos.

## 2. Metodología

La investigación se desarrollará como un proceso de carácter cualitativo, que se fundamenta en "interpretar los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para los implicados" (Gurdián, 2010). Este

estudio comprende un análisis de documentos primarios y búsqueda de información para la construcción de fundamentos desde una revisión sistemática de contenidos en torno a la Astronomía en el campo de la pedagogía, la educación científica y como ciencia interdisciplinaria, el aprendizaje de las matemáticas y la geometría para el conocimiento holístico.

A partir de lo anterior se busca identificar qué se conoce del tema, qué se ha investigado y qué aspectos permanecen desconocidos en torno a la implementación de la práctica de la Astronomía para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, específicamente, de la geometría y planear una serie de fases metodológicas en la búsqueda e interpretación de información, con enfoque descriptivo de interpretación.

Así, se realiza búsqueda de publicaciones científicas que aborden la temática principal en las bases de datos, especialmente, en Google académico y Scielo, utilizando las palabras "Astronomía+matemáticas", "Enseñanza de la Astronomía", "didáctica de la Astronomía", "Astronomía y geometría", en busca de trabajos que se relacionaran con esta ciencia desde el currículo, la didáctica o la pedagogía.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Tabla 1 muestra las categorías de clasificación.

**Tabla 1.** Categorización de documentos revisados

Categoría	Descripción
<b>Propuestas metodológicas</b>	Presenta documentos fruto de investigaciones sobre herramientas de enseñanza de la Astronomía en los contextos educativos.
<b>Aspectos didácticos y pedagógicos</b>	Hallazgos de documentos que abordan contenidos y estrategias didácticas de la Astronomía.
<b>Interdisciplinariedad</b>	Hallazgos sobre la integración educativa de la Astronomía con ciencias como matemática y la geometría.

Fuente: adaptación de Valderrama, Navarrete, Torres y Vera (2021)

## 2.1 Resultados y discusión

### Propuestas metodológicas

En cuanto a esta categoría, se hizo hallazgo de un grupo de trabajos que exponen una serie de propuestas que abordan procesos que propician el desarrollo de competencias, los cuales son fundamentales para el desarrollo del conocimiento matemático y las habilidades lógicas que se ven potenciadas por la Astronomía, como herramienta para el aprendizaje.

En este sentido, resaltan las propuestas de Cárdenas (2011), Palomar (2013), Galperin (2011), Villanueva y Lozano (2018), quienes profundizan en la importancia de abordar la Astronomía como herramienta de enseñanza en los estudiantes desde edades tempranas, al favorecer el desarrollo de las habilidades y competencias logico-matemáticas, de ubicación espacial, de la referenciación geográfica, el conocimiento de los componentes y características naturales de los elementos que componen el espacio, los contenidos mitológicos y socio-históricos en torno al universo, “la relación del tiempo, desarrollada a partir de los movimientos terrestres, el reconocimiento del Sistema Solar, la Astronomía estelar y algunas relaciones desde las Ciencias Físicas” (Valderrama, Navarrete, Torres y Vera, 2021). Estas propuestas se concentran en el trabajo con niños y jóvenes, y se enfocan en la apropiación conceptual de la Astronomía como ciencia base que permite ampliar y profundizar en las temáticas y fundamentación científica de las matemáticas, las Ciencias naturales, Ciencias sociales, entre otras.

### Aspectos didácticos y pedagógicos

Para el caso de esta categoría, a partir de la revisión teórica realizada, se infiere que la Astronomía y las matemáticas se encuentran muy relacionadas. Sobresalen los estudios de Schoon (1995); Trumper (2001); Zeilik, Schau y Mattern (1998), quienes a partir de sus investigaciones presentan los aportes de la Astronomía de la enseñanza de las matemáticas, al resaltar la complejidad de la de la Astronomía, debido a las perspectivas, imaginarios y subjetividad de los estudiantes que atienden a su poco conocimiento sobre esta disciplina científica. Sin embargo, la ubican como una ciencia que propicia la interdisciplinariedad, lo que enriquece los aprendizajes. Explican que la Astronomía desde el punto de vista didáctico y pedagógico posee la facilidad de generar aprendizajes innovadores e integrales y, desde un punto de vista pragmático, esta ciencia propicia el conocimiento, lo hace visible y posible en la realidad y la cotidianidad de los contextos educativos y de los estudiantes.

Por otra parte, las investigaciones sobre el carácter educativo e interdisciplinar de la Astronomía, destacan Bretones y Compiani (2011); Lachel, Langhi y Scalvi (2008); Langhi (2011); Langhi y Nardi (2007, 2010) en Brasil, o Gangui, Iglesias y Quinteros (2010), así como a Kriner (2004), citados por Varela, Pérez, Álvarez y Arias (2015), que centran su enfoque en el carácter formativo de la Astronomía y su importancia como ciencia que propicia la investigación y el desarrollo del conocimiento científico en los estudiantes y jóvenes universitarios. La Astronomía es herramienta que fortalece las habilidades y la curiosidad e interés por entender el universo.

Desde un punto de vista didáctico y pedagógico, la Astronomía es una ciencia que enriquece los procesos formativos en distintas áreas y, a la vez, es una ciencia que concentra sus contenidos en que el conocimiento trasciende las dimensiones teóricas, sin demeritar la importancia de estas, al llevar a los docentes a cumplir con el objetivo educativo de dotar a los estudiantes y demás participantes del acto educativo de herramientas y saberes que sean útiles en la práctica y en la vida cotidiana. Este hecho dista de la educación tradicional, por cuanto fomenta un interés permanente por la investigación y construcción de individuos con gran sentido holístico de la realidad, como punto de partida para la transformación. La Astronomía como ciencia que captura la imaginación y como una herramienta pedagógica en el aula, permite enseñar principios básicos de las ciencias y el método científico.

En este mismo sentido, resulta fundamental la afirmación de Camino (2011) quien resalta que la Astronomía es un “campo fértil para generar innovaciones educativas concretas y fuente de preguntas” (p. 2), que propicien preguntas que permiten profundizar en la relación que tiene el ser humano con el universo del cual, en efecto, hace parte. Así mismo, Fraknoi y Shatz (2000) propone que la Astronomía garantiza que los estudiantes desarrollen su pensamiento científico, centrándose en la pregunta como insumo principal para la posterior solución de problemas. Todo proceso educativo y formativo requiere desarrollarse de forma secuencial, incluyendo la experimentación, la observación de la realidad para alcanzar soluciones o respuestas a los fenómenos y situaciones que se encuentran, a partir de las cuales se generan reflexiones y

propuestas de solución, así, el estudiante asume el papel de ser un científico.

En resumen, desde un sentido didáctico y pedagógico, la enseñanza de las matemáticas exige una renovación en cuanto a los métodos tradicionales, por lo que resulta fundamental que el docente supere el concepto de lo exacto, medible y cuantificable, para integrar los múltiples constructos que competen al accionar humano, quienes, desde sus orígenes, han observado el firmamento y todo lo que lo rodea para buscar de alguna manera comprenderlo.

### Interdisciplinariedad

En cuanto a esta categoría, los estudios se centran en ubicar la Astronomía como ciencia que permite estudiar otras áreas del conocimiento con la facilidad de que esta área explica fenómenos complejos de forma más práctica. Taborda (2013) presenta el aprendizaje en cualquier ámbito, y parte de las vivencias y de la interacción de distintas áreas del conocimiento “Las primeras vivencias astronómicas que los niños experimentan, parten de la observación del sol, luna y estrellas, ya que les provocan curiosidad y los llevan a emitir juicios y dar explicaciones frente a fenómenos que observan con admiración” (p.13), esto permite la interacción de distintas ciencias, y para el caso de Colombia, responder a los Estándares básicos de competencias y los Derechos básicos de aprendizaje, para brindar una educación de calidad referente dirigido por el Ministerio de Educación nacional.

Sin embargo, a partir de lo indagado, a pesar de los múltiples aportes de esta ciencia a la comprensión y el aprendizaje holístico, la Astronomía se encuentra como un elemento complejo en la educación, ya

que, aunque se ha avanzado mucho en los procesos de investigación educativa en algunas áreas de las ciencias, no se puede decir lo mismo de la Astronomía, donde existe un inmenso vacío. Por lo tanto, se desconocen los aportes y posibilidades que la Astronomía brinda para el aprendizaje y la integración disciplinar, esto puede deberse a múltiples motivos, de los que sobresale el desconocimiento que impera en los contextos educativos en cuanto a esta área del conocimiento. Además, de acuerdo con Villanueva y Lozano (2018) la Astronomía no tiene trascendencia en la vida corriente y mucho menos en la educación, la Astronomía en las aulas es mínima en comparación con otras ciencias y, aunque muchos maestros quisieran enseñarla, estos a menudo no poseen el conocimiento adecuado o si lo poseen no saben cómo incorporarla al currículo, lo que la hace inalcanzable para muchos estudiantes, negándose la posibilidad de enriquecer los procesos formativos de los niños y jóvenes.

Este hecho afecta la implementación de la Astronomía a los procesos de enseñanza en múltiples áreas, ya que como afirma Meléndez (2020) la Astronomía es una ciencia interdisciplinaria por excelencia. Inicio de todas las ciencias, se relaciona a profundidad con áreas del conocimiento humano como, por ejemplo, matemáticas, física, biología, geofísica, meteorología, ingenierías, química, ecología, arqueología, derecho y filosofía.

Como se resaltó en apartados anteriores, la Astronomía es una ciencia que tiene que ver con múltiples áreas del conocimiento, por ser parte esencial de la evolución histórica de la humanidad: con las matemáticas para hacer cálculos en el comercio, la medición

de las dimensiones de la Tierra, predicción de acontecimientos astronómicos y medición de distancias en el universo (Cárdenas, 2011).

Gracias a la interdisciplinariedad de la Astronomía, se puede inferir que esta va más allá del estudio del sistema planetario, las distancias y tamaños de los cuerpos celestes, esta a su vez permite la comprensión de las causas físicas que rigen estos fenómenos, lo que expone que esta es una ciencia muy necesaria cuando se esperan generar aprendizajes significativos, en los contextos escolares. Es por esto que se hace primordial que se implementen estrategias y herramientas de enseñanza de las matemáticas, de modo que haya una transversalidad de sus aportes al aprendizaje y se innove en las aulas.

## Conclusiones

Se reconoce que existen múltiples referentes teóricos en materia de implementación de aportes didácticos y de desarrollo pedagógico de la Astronomía para la enseñanza de distintas áreas del conocimiento, los cuales tienen aplicabilidad en diferentes niveles y procesos educativos, pero, principalmente, desde los primeros años en que los niños ingresan al colegio, sin embargo, son pocos los casos en los que esta se implementa. Por esto, es necesario que se consoliden esfuerzos para que la Astronomía deje de ser una ciencia lejana y desconocida y se convierta en herramienta que guie las actividades y estrategias de enseñanza en las diversas áreas, en los entornos educativos. Además, es necesario articular esfuerzos para que la Astronomía sea un eje central en los procesos de formación del pensamiento y conocimiento científico, principalmente, en los ámbitos escolares de la infancia y la

adolescencia, favoreciendo el desarrollo de una sociedad científica y de pensamiento holístico.

Los principales referentes y estudios teóricos en torno a la Astronomía y su relación con ciencias, como las matemáticas y la geometría, se centran en su proceso evolutivo a lo largo de la historia, lo que hace que existan muy pocos estudios e investigaciones sobre el sentido didáctico y pedagógico de la Astronomía, este hecho afecta la visión que se tiene sobre esta ciencia tan importante y enriquecedora. Por tanto, recae en los docentes la tarea de investigar, generar referencias teóricas e implementarla como herramienta de enseñanza para enriquecer su quehacer.

En efecto, la Astronomía es una ciencia que propicia la innovación, la interdisciplinariedad, enriquece los procesos de enseñanza, dinamiza los aprendizajes, promueve la investigación, el desarrollo del conocimiento científico, despierta el interés por conocer el mundo (universo) y todo lo que lo compone, propicia la contextualización de los conocimientos, entre muchos otros aspectos.

Para finalizar, es clave generar estrategias de formación, enseñanza y aprendizaje de la Astronomía, que brinde a los docentes conocimiento teórico, didáctico y pedagógico sobre esta ciencia, para que se generen procesos de innovación, estrategias, herramientas e instrumentos para la inserción de los contenidos propios de la Astronomía en los currículos de cada nivel educativo de forma transversal.

## Referencias

- Bachelard, G. (2000). *La Formación del Espíritu Científico*. Siglo XXI.
- Beas, C. (1996). Las matemáticas y la astronomía en el mundo musulmán. *ARETÉ revista de filosofía*, 8(1), 83-118.
- Blues, S. (19 de Enero de 2018). Geometría y Astronomía en la escuela. Nota I. Córdoba, Argentina. Obtenido de: <http://sagitarioblues.blogspot.com/2018/01/geometria-y-astronomia-en-la-escuela.html>
- Bocanegra, G. (2018). *La Astronomía como recurso de aprendizaje interdisciplinario en la escuela*. Ibagué: Universidad del Tolima. Obtenido de: <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2555/1/T%200945%20638%20CD6049.pdf>
- Bretones, P., y Compiani, M. (2011). Conceptual evolution of teachers about the daily motion of the celestial sphere. *Ciência y Educação*, 17(3), 735-755.
- Camargo, L., y Acosta, M. (2012). La geometría, su enseñanza y su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 32, 4-8. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&id=S0121-38142012000200001yIngl](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&id=S0121-38142012000200001yIngl)
- Camino, N. (2011). La didáctica de la Astronomía como campo de investigación e innovación educativas. *I Simposio Nacional de Educación en Astronomía* (págs. 1-13). Río de Janeiro: CONICET. Obtenido de: [http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2011\\_Palestra\\_Camino.pdf](http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2011_Palestra_Camino.pdf)
- Cárdenes, J. (2011). *Enseñanza de las matemáticas haciendo uso de la Astronomía*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8333/jennyastridcardenascubides.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cohen, L., y Manion, L. (1991). *Métodos de investigación educativa*. La Muralla.
- Fraknoi, A., y Shatz, D. (2002). *El universo a sus pies. Actividades y recursos para astronomía* (En español ed.). San Francisco: Astronomical Society of the Pacific. Obtenido de [https://www.academia.edu/49138028/El\\_Universo\\_a\\_Sus\\_Pies\\_Actividades\\_y\\_Recursos\\_para\\_Astronomia\\_Universe\\_at\\_Your\\_Fingertips\\_An\\_Astronomy\\_Activity\\_and\\_Resource\\_Notebook\\_](https://www.academia.edu/49138028/El_Universo_a_Sus_Pies_Actividades_y_Recursos_para_Astronomia_Universe_at_Your_Fingertips_An_Astronomy_Activity_and_Resource_Notebook_)
- Galperin, D. (2011). *Propuestas didácticas para la enseñanza de la Astronomía*. Ministerio de Educación Derechos Humanos.

Gamba, D. (2013). *Astronomía, matemática y Escuela. Ara Solis: dispositivo didáctico*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de: [http://www.etnomatematica.org/publica/trabajos\\_grado/Ara%20Solis%20Tesis.pdf](http://www.etnomatematica.org/publica/trabajos_grado/Ara%20Solis%20Tesis.pdf)

Gamba, D. A., y Bogotá, F. O. (2013). *Astronomía, matemática y Escuela. Ara Solis: Dispositivo didáctico, exemplificado para estudiantes de grado décimo, que permita la construcción de las funciones trigonométricas*, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Gangui, A., Iglesias, C., y Quinteros, C. (2010). Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 467-486.

González, J., y Cantor, I. (2016). *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 16(1). Obtenido de: <http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/>

Gurdián, A. (2010). *El paradigma cualitativo en la investigación socio educativa*. San José, Costa Rica: Instituto de Investigación en Educación (INIE). Obtenido de: <http://repositorio.inie.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/393/1/paradigma%20cualitativo.pdf>

Iachel, G., Langhi, R., y Scalvi, R. M. (2008). Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da lua. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*(5), 25-37.

Iglesias, M., Quinteros, C., y Gangui, A. (2007). Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras. *Actas de la XV reunión nacional de educación en física*, (págs. 68-80).

Kriner, A. (2004). Las fases de la luna: ¿Cómo y cuándo enseñarlas? *Ciência y Educação*, 10(1), 111-120.

Langhi, R., y Nardi, R. (2007). Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 87-111.

Mouriño, R., Espinosa, P., y Moreno, L. (1983). El conocimiento científico. *Memorial del Ejército de Chile*, 414-417.

Muñoz, N., y Romero, A. (2019). La enseñanza de la Astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana, una propuesta fundamentada en reflexiones metacientíficas. *Revista científica*.

NASE, N. f. (2014). *Geometría de luces y sombras*. Albedo, Fulldome, S.L.

Palomar, R. (2013). *Enseñanza y aprendizaje de la Astronomía en el bachillerato*. Universidad de Valencia. Obtenido de: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/32116/Tesis%20Astronom%C3%ADa.pdf>

Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: a survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2), 27-46.

Taborda, M. (2013). La didáctica de la geografía dentro de un campo conceptual de la pedagogía; tensiones y bifurcaciones. *Revista virtual, geografía, cultura y educación*(5), 1-19. Obtenido de: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/aneukumene/article/view/7557/6075>

Ten Rios, A. (1984). *Los comienzos de la Astronomía institucionalizada en la Universidad de Valencia*. Facultad de Matemáticas. Universidad de Valencia.

Trumper, R. (2001). A cross-college age study of science and nonscience students' conceptions of basic astronomy concepts in preservice training for high school teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 189-195.

Valderrama, D., Navarrete, D. S., Torres, N. Y., y Vera, N. (2021). Enseñanza de la Astronomía en Colombia: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 2538-2547.

Valderrama, D., Navarrete, D. S., Torres, N. Y., y Vera, N. (2021). Enseñanza de la Astronomía en Colombia: aportes y desafíos. *Revista tecné, epistema y didaxis*, 2538- 2547.

Varela, M. M., Pérez, U., Álvarez, M., y Arias, A. (2015). Concepciones alternativas sobre Astronomía de profesorado español en formación. *Ciência y Educação*, 21(4), 799- 816. doi:<https://doi.org/10.1590/1516-731320150040002>

Vílchez, J., y Ramos, C. (2015). La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 2-21.

Villanueva, J., y Lozano, G. (2018). Astronomía para la Educación: "De Macondo al cielo, del cialo a Macondo". *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*(43), 173-189. Obtenido de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-38142018000100173&lng=es&nytlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142018000100173&lng=es&nytlng=es).

Zeilik, M., Schau, C., y Mattern, N. (1998). Misconceptions and their change in university level astronomy courses. *The Physics Teacher*, 36, 104-107.