



Propuesta de Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía a partir de una perspectiva dimensional, en torno a lo disciplinar, sociocultural e interaccional*

Olga Lucía Castiblanco Abril**
Diego Fabián Vizcaíno Arévalo***

Castiblanco, O. L. y Vizcaíno, D. F. (2022). Propuesta de Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía a partir de una perspectiva dimensional, en torno a lo disciplinar, sociocultural e interaccional. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 18(2), 121-146. <https://doi.org/10.17151/rlee.2023.18.2.6>


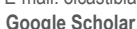
Resumen

El objetivo es integrar resultados de investigación en Didáctica de la Astronomía con resultados de investigación en Enseñanza de la Didáctica de la Física, con el fin de proponer un marco teórico que contribuya a la formación del pensamiento del profesor no convencional. Para ello, desarrollamos una reflexión documentada a partir de la cual se piensa como dotar de criterios al docente para que crezca en su autonomía intelectual como didactólogo de la astronomía. Se hizo un análisis documental con el fin de integrar diversas formas de entender la enseñanza de la Astronomía tomando en cuenta las dimensiones disciplinar, sociocultural e interaccional. Como resultado, obtuvimos una propuesta teórica que articula un conjunto de conocimientos para pensar la formación de profesores de Astronomía, poniendo en diálogo los resultados de investigación de dos campos para construir lo que llamamos la Dimensionalidad de la Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía. Una conclusión importante es que sí es posible desarrollar discursos alternativos para la formación de profesores, y procesos de enseñanza y aprendizaje de este campo, de manera alternativa, lo que tendrá efecto en la formación de nuevos perfiles de profesores.



Palabras clave: Perspectiva dimensional de la didáctica, formación de profesores de Astronomía, enseñanza, aprendizaje.

* Este trabajo hace parte de una investigación macro en torno a la caracterización de la formación de profesores para el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias Naturales como campo disciplinar autónomo. Específicamente en el marco del proyecto de investigación titulado "Interfaces entre a produção acadêmica em Ensino de Ciências e os saberes e práticas docentes em diferentes níveis, modalidades de ensino e espaços educativos: Aspectos relativos ao aperfeiçoamento de condições, propostas e estratégias".

** Dra. en Educación para la Ciencia. Docente Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Bogotá, Colombia. E-mail: olcastiblancoa@udistrital.edu.co

 orcid.org/0000-0002-8069-0704  Google Scholar

*** Dr. en Didáctica de las Ciencias y la Matemática. Docente Facultad de Educación, Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia. E-mail: diegofabvizcaino@uan.edu.co

 orcid.org/0000-0001-5112-9646  Google Scholar

Recibido: 5 de mayo de 2021. Aceptado: 12 de febrero de 2022.



Proposal for the Teaching of the Didactics of astronomy from a dimensional perspective around the disciplinary, sociocultural and interactional aspects

Abstract

The objective of this work is to integrate research results in Didactics of Astronomy with research results in Teaching of Physics Didactics to propose a theoretical framework that contributes to the formation of non-conventional teacher thinking. To achieve this purpose, a documented reflection that aims to provide teachers with criteria to increase their intellectual autonomy as an astronomy specialist in didactology was developed. A documentary analysis was carried out in order to integrate different ways of understanding the teaching of Astronomy taking into account the disciplinary, sociocultural, and interactional dimensions. As a result, a theoretical proposal that articulates a set of knowledge to think about the training of astronomy teachers bringing together the research findings from two fields to create what has been called the Dimensionality of Teaching Astronomy Didactics was developed. An important conclusion is that it is possible to develop alternative discourses for teacher training and unconventional teaching and learning processes in this field, which will impact the education of new teacher profiles.

Key words: Dimensional perspective of didactics, Astronomy teacher training, teaching, learning.

Introducción

Educar al profesor para la enseñanza de la Astronomía va más allá de ilustrarlo en conjuntos de actividades o de transmitirle conocimientos teóricos, ya que la preparación para su enseñanza exige la construcción de una identidad profesional en el campo y, de acuerdo con Castiblanco (2013), un camino para lograr este propósito es educarlo en al menos tres dimensiones: disciplinar, sociocultural e interaccional. En lo disciplinar por medio de ejercicios de tipo metacognitivo, para el (re)conocimiento del contenido de la Astronomía, con base en resultados de investigación que articulan su historia, filosofía y epistemología. En lo sociocultural por medio del estímulo al pensamiento crítico y reflexivo, a partir de ligaciones entre conocimientos de las ciencias exactas, humanas y sociales, basados en ejercicios de análisis sobre diversas realidades y experiencias educativas. En lo interaccional para la preparación de clase como un acto de investigación, a partir del enriquecimiento de la comunicación efectiva entre los participantes.

De acuerdo con Langhi y Nardi (2012), en varios países de Europa, anglos y latinos, con pequeñas variaciones, no hay educación formal de profesores de Astronomía. En consecuencia, la enseñanza de la Astronomía suele estar a cargo de profesores que no tuvieron formación para hacerlo y, por tanto, enseñan sin dominar los conceptos y sin lograr el impacto esperado. Esto se constata también en Darroz et al. (2016) quienes muestran cómo, a pesar de que su enseñanza se establece en la ley brasilera, los docentes no están preparados para hacerlo.

Desde esta perspectiva, consideramos que “Ser docente” es un objeto de estudio que requiere ser comprendido, explicado, problematizado y mejorado. Actualmente, la literatura resalta la necesidad de trabajar en la formación de la identidad profesional. En este sentido, adoptamos un conjunto de posibilidades que orientan las transformaciones necesarias, tales como las propuestas de formación del profesor crítico en autores como Giroux (1997) y Fischman y Sales (2010), el profesor reflexivo en autores como Nóvoa (1992), Copello y Sanmartí (2001), Alarçao (2003) y Zeichner (2003), el profesor investigador en autores como Elliott (1990), Ludke (2001) y Gatti (2004), el profesor autónomo o intelectual en autores como Shulman (1987) y Tardif y Lessard (2005).

Metodología

Con este trabajo buscamos consolidar un discurso especializado en torno a la formación de profesores, con enfoque específico en la educación para la enseñanza de la Astronomía, concretamente desde la Perspectiva Dimensional de la Didáctica de la Física desarrollada por Castiblanco (2013), Castiblanco y Nardi (2018), Nardi y Castiblanco (2019), en una investigación que acumula resultados obtenidos a lo largo de los últimos 10 años, y mediante la cual se han caracterizado las dimensiones disciplinar, sociocultural e interaccional.

En este caso, partimos de este resultado de investigación previamente obtenido para enriquecerlo por medio de la técnica de análisis documental con propuestas de la enseñanza de la Astronomía. De acuerdo con Dulzaides y Molina (2004), el análisis documental centra su atención en información que es seleccionada y sistematizada por el investigador mediante claves y reglas, de la cual puede extraer informaciones y construir significados en torno a una pregunta. Así, se organizan informaciones respetando su fuente original, pero resaltando

mensajes subyacentes a los documentos, de acuerdo con un interés y un perfil creado por el investigador.

Los criterios de búsqueda y análisis de la información pretenden articular resultados de investigación en el campo de la enseñanza de la Astronomía, con resultados en el campo de la Enseñanza de la Didáctica de la Física, en la perspectiva dimensional ya mencionada.

Seleccionamos artículos, libros, informes, ponencias o tesis, con los criterios de: 1) Estar en español o portugués. 2) Estar disponible online, preferiblemente gratuito. 3) Tener enfoque sobre la divulgación o enseñanza de la Astronomía. 4) Ser una experiencia desarrollada principalmente en el ámbito latinoamericano. 5) Prestarse para ser un insumo de enriquecimiento de alguna de las tres dimensiones (disciplinar, sociocultural e interaccional). Estudiamos 34 documentos, los cuales se van mencionando en la medida en que se presentan los resultados.

Dimensiones de la Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía para formación de profesores

Proponemos un camino para orientar la toma de decisiones en el diseño de metodologías para la enseñanza, que no consiste en ilustrar a los profesores sobre cómo enseñar la Astronomía, sino que se trata de educarlos en la construcción de criterios para tomar decisiones sobre cómo enseñar.

Dimensión disciplinar: *consiste en la formación para el (re)conocimiento del saber disciplinar de la Astronomía.* La calidad de la enseñanza que imparte el profesor, y su autonomía, aumentan en la medida en que aumenta el nivel de conciencia sobre lo que sabe y no sabe de la disciplina. Por lo tanto, se trabaja a partir de ejercicios de tipo metacognitivo, con base en conocimientos de historia, filosofía y epistemología de la Astronomía, ya que estas disciplinas propician tratamientos alternativos de los contenidos.

Se crea un ambiente de identificación de esquemas explicativos y formulación de problemas relacionados con la comprensión de los conceptos. Se problematizan las creencias del profesor en temas como “los objetos de estudio de la Astronomía”, “los modelos explicativos”, “la naturaleza de los conceptos”, “los observables a

simple vista”, “los observables mediante instrumentos y mediante razonamientos más allá de los instrumentos”, entre otros. Veamos algunos ejemplos de posibles reflexiones y ejercicios puntuales, a partir de la literatura estudiada, la cual está lejos de agotar todas las posibilidades existentes.

Metacognición desde la epistemología

En Poveda (2002) encontramos análisis histórico-críticos de las teorías cosmogónicas desde los albores de la humanidad hasta las modernas teorías que ponen en duda el *Big Bang*, y sus consecuencias. Todo ello, alimentado con preguntas de corte epistemológico, que nos permiten salir del confort de las “respuestas únicas y verdaderas” hacia otras posibilidades, por ejemplo, sobre la relación Universo-mente-cerebro y sus implicaciones ético-sociales. Una de sus reflexiones de tipo epistemológico estudia controversias entre los naturalistas y los materialistas, exponiendo una colección de tesis y refutaciones, entre las cuales mencionamos una que podría ser de interés para el diseño de ejercicios de formación, en esta dimensión.

Tesis: La realidad del mundo es física. *Refutación:* Es un error ontológico que se destruye con la existencia de otros tipos de realidad no física, por ejemplo: a) la habilidad para jugar ajedrez; b) el marcador de un partido de fútbol; c) la audición de una pieza musical; d) el gobierno de la República; e) Los quarks de la teoría cuántica; f) La deformación del espacio-tiempo en la teoría einsteniana. En consecuencia, la pregunta debe no ser: ¿Qué clase de cosas existen en el Universo?; sino plantearse antes: ¿Cuáles son las cosas en el Universo, que permiten que nuestros planteamientos empíricos puedan dar fe exacta de su existencia? (Poveda, 2002, p. 386)

Textos como el anteriormente mencionado se pueden aprovechar para inspirarse en el planteamiento de actividades en torno a preguntas debatibles. Por ejemplo, nos surgen: ¿Qué es lo que nos permite saber que estamos conociendo el Universo? ¿Por qué evolucionan las ideas del Cosmos y de Dios? ¿Al observar el Universo lo hacemos incluyéndonos en él, o como sujetos ajenos al objeto llamado “Universo”? ¿Para qué nos sirve caracterizar nuestra relación con el Cosmos? ¿Cambian con el tiempo las ideas del “sentido común” o lo que entendemos por ello?

Metacognición desde la filosofía

Se pueden problematizar las nociones de espacio y tiempo implícitas en una determinada explicación de funcionamiento del Universo, así como la relación ser humano-naturaleza y su coexistencia, entre muchos otros aspectos, teniendo en cuenta los límites conceptuales de la Astronomía.

El trabajo de Kragh (2016), un historiador de la física moderna, relata una serie de entrevistas ficticias con diversos cosmólogos y astrofísicos, presentando una gran riqueza de debates y controversias con fondo filosófico, ocurridas en diferentes momentos de la historia reciente, sobre las teorías de expansión o contracción del Universo, el *Big Bang*, las relaciones espacio, tiempo y materia. En un episodio, el entrevistador le pide a Lemaître que hable sobre la idea del átomo primigenio, y su intento de explicar la creación del mundo a partir de la física, y la respuesta fue:

G.L. Un momento, por favor. Yo nunca he intentado explicar la *creación* del mundo, que es algo que está por completo más allá de la explicación científica. Mi hipótesis es un escenario de cómo el mundo *evolucionó* desde un cierto tipo de comienzo, o sobre el origen del movimiento del universo. No tiene nada en absoluto que ver con el propio momento de la creación. (p. 132)

Luego en otro episodio, entrevistando a Hubble, le pregunta qué opina sobre la teoría del átomo primigenio de Lemaître, y la respuesta fue:

E.H. (...) el modelo de Lemaître funciona bastante mal cuando se compara con las observaciones exhaustivas que discutía en los años 30 y que siguen siendo válidas. Concluí, si recuerdo bien, que un universo cerrado con una constante cosmológica del tipo propuesto por Lemaître tendría que ser sospechosamente pequeño y de una intensidad inaceptablemente alta (...). No me molesta especialmente su origen explosivo en una masa súper compacta (...) pero es solo que parece improbable que ese modelo del universo pueda hacerse coincidir con los datos de las observaciones. No confío en él. (p. 136)

Con este tipo de episodios se pueden diseñar ejercicios que lleven al profesor a posicionarse frente a una ideología o a un sistema de creencias, los cuales necesariamente conducen a la formulación de preguntas trascendentales que tocan sus propias convicciones.

De este modo, se orienta para la toma de conciencia sobre el discurso científico que se maneja, el cual necesariamente está fundamentado en un esquema de pensamiento sobre el mundo y la vida.

Otro ejemplo puede ser a partir de Galperin (2011), quien propone un ejercicio de comparación entre los fundamentos filosóficos del Universo antiguo y el Universo actual. Son muchos los temas debatibles en torno a la idea de que el Universo antiguo era geocéntrico, con leyes naturales diferentes para el cielo y la Tierra, en donde los planetas eran dioses que influían en la vida de las personas, las estrellas estaban ubicadas en una esfera que envolvía la Tierra, el Universo era finito, la Tierra era una esfera o era plana, mientras que, en el Universo actual, al menos en la cultura occidental, el Universo no tiene centro, el Sistema Solar es heliocéntrico, las leyes de la física rigen en todo el Universo, los elementos químicos son producidos en las estrellas, la Tierra es geode y el Universo se expande, lo que implica que tuvo un origen.

También, en Baker (2010) se encuentra un recurso creado con fines de divulgación, que puede aprovecharse para formular preguntas de corte filosófico, de donde se desprenden diversas actividades. A continuación, presentamos un conjunto de preguntas que hemos formulado, inspirados en su lectura.

- ¿Cuántos planetas hay y por qué?
- ¿Cuál es el lugar del hombre en el Cosmos?
- ¿Por qué los planetas se mueven más lentos si están más lejos del Sol?
- ¿Al final, qué es lo que “vemos” del Universo?
- ¿Cómo entender el concepto de “distancia” en el Cosmos?
- ¿Cuál es el tamaño del Universo?
- ¿El espacio es transparente?
- ¿Qué significan la materia y la antimateria y por qué no pueden coexistir al mismo tiempo?
- ¿Qué tan oscura es la materia oscura?
- ¿Se puede “romper” el espacio?
- ¿Cómo podemos estar seguros de que algo se mueve en el Universo?
- ¿Es la vida un evento singular en la formación del Universo?
- ¿Qué hay más allá de las galaxias?
- ¿Qué hace que nazca una estrella, y por qué se muere?
- ¿Cómo distinguir en el cielo lo que está dentro y fuera del Sistema Solar?
- ¿Cómo sabemos que la Tierra y el Universo tienen edad?
- ¿Cuáles son los límites entre el observador, lo observado y el observable?

Metacognición desde la Historia

Se pueden organizar líneas del tiempo que permitan visualizar el ritmo con que se han ido modificando los paradigmas sobre el comportamiento del Universo, así como analizar las concepciones que fundamentan los diferentes modelos explicativos, orientando reflexiones de tipo metacognitivo, es decir, en donde los participantes de la clase se vean enfrentados a exponer los conocimientos y desconocimientos que tienen sobre un determinado tema. En este sentido, resulta útil la analogía que propone Sagan (1986) para imaginar la historia del Universo basada en la teoría del *Big Bang*. Sagan ideó un calendario cósmico en el que la totalidad de los 15.000 millones de años atribuidos al Universo transcurren en un año terrestre. Entonces, un segundo representa 500 años de nuestra historia y podemos fechar los acontecimientos más significativos de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Calendario de Carl Sagan

Día/Mes	Hora	Acontecimiento
01/01	00:00	Se produce el Big Bang, la explosión inicial del huevo cósmico que dio origen al Universo.
01/01	00:00:02	Se produce la formación de los primeros átomos y la energía irradiada va llenando poco a poco el naciente espacio-tiempo.
01/09	00:00	Se produce la formación del Sistema Solar a partir de una nube de gas y polvo.
25/09	00:00	En la Tierra hacen su aparición los primeros seres vivientes (microscópicos).
15/12	00:00	Se rompe el monopolio de las algas verde-azules con la llamada explosión del Cámbrico, donde los seres vivos se diversificaron de forma violenta adaptándose a los ambientes más disímiles.
24/12	00:00	Aparecen los dinosaurios, dominadores absolutos del planeta durante 160 millones de años, hasta su extinción el 29 de diciembre.
31/12	23:00	Aparece el Homo sapiens.
31/12	23:59:00	El hombre comienza a vivir en la Edad de Piedra.
31/12	23:59:52	Surge el imperio babilónico.
31/12	23:59:56	Estamos en los tiempos de Jesús y del emperador romano Augusto.
31/12	23:59:59	Cristóbal Colón descubre América.
31/12	24:00	Tiempo presente.

Entonces, toda la historia humana transcurre en el último minuto, de la última hora, del 31 de diciembre. En Kippenhahn (1987) se encuentra un calendario similar, pero con otras explicaciones de lo que ocurrió en cada etapa basándose en las teorías del astrofísico Peter Kafka, lo cual es un insumo que propicia amplios debates, ya que en la actualidad hay diversas versiones de calendarios con fundamentos teóricos diferentes.

Además, nos permite reflexionar sobre lo corta que ha sido la existencia humana comparada con la evolución del Universo. Nos muestra el lugar físico que ocupamos en el espacio, que no representa más que una partícula flotando en un océano inconmensurable. Las distancias que nos separan de los planetas y las estrellas son tan grandes que es imposible usar las unidades de longitud terrestres, por lo cual se utilizan unidades astronómicas para estas inmensidades, como “el año luz” que equivale aproximadamente a 9 billones de kilómetros y nos permite hablar de la distancia a galaxias. O la unidad astronómica (UA) que corresponde a la distancia que separa la Tierra del Sol y equivale aproximadamente a 150 millones de kilómetros.

Por otro lado, la historia biográfica de los autores de la Astronomía también ofrece recursos para el análisis de las condiciones de producción de su conocimiento, lo que facilita el posicionamiento crítico. Por ejemplo, el caso de la astrofísica Vera Rubin que, en una conferencia ofrecida en 1951 en la Sociedad Americana de Astronomía, cuestionó el concepto ortodoxo de la homogeneidad cósmica de Hubble de acuerdo con los datos que había recolectado: se preguntaba si la velocidad de expansión de las galaxias era homogénea o variable, si las galaxias tenían movimientos adicionales a la expansión y, también, si las galaxias se movían de forma independiente al flujo de Hubble. Según sus datos todo eso era posible, pero fue objetada rotundamente por los astrónomos poniendo en duda su forma de tomar y analizar datos, y también fue criticada por ser una madre que había dado a luz a uno de sus hijos hacía tres meses. Sin embargo, años después sus predicciones fueron confirmadas por datos tomados con la sonda COBE, como se explica en Smoot y Davison (1994).

En esta línea temática, Sobel (2016) expone la historia de mujeres contratadas por el Observatorio de Harvard que analizaban placas fotográficas tomadas con telescopios y que produjeron muchos conocimientos sobre la composición de las estrellas, con remuneración muy baja y poco reconocimiento, movidas por su interés en la Astronomía y sus talentos. Resulta enriquecedor analizar las

condiciones de contexto de estas situaciones y posicionarse críticamente frente a lo que significa construir conocimiento.

En Danhoni et al. (2015) se encuentra otro insumo, pues traducen las cartas originales entre Galileo y su amigo pintor Cigoli, en donde, entre muchos aspectos curiosos como los intercambios de conocimientos sobre pintura y discusiones sobre la relación entre ciencia y arte, se encuentra que para la época el arte era considerado como un saber superior a la ciencia. También se discute sobre si las manchas solares observadas con el telescopio pertenecen al Sol o son una especie de “estrellas” externas al Sol, siendo esta última la idea que defendía Kepler, y que Galileo refutaba con deducciones de sus observaciones. Este es un material que ciertamente resulta de interés y motiva a conocer más sobre el caso para poner en juego las propias convicciones.

Dimensión sociocultural: *consiste en el análisis del significado de los conceptos de la Astronomía puestos en diferentes situaciones y realidades educativas. Se tratan contenidos que orienten la reflexión sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Astronomía, pensando en aspectos como las formas de aprendizaje de diversos tipos de estudiantes (edades, situación formal o informal, condiciones regulares o especiales para el aprendizaje), las corrientes pedagógicas como la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), la importancia de la formación para la autonomía y la reflexión, el lenguaje en el aula desde sus sentidos y significados, el lugar en el mundo de los estudiantes, entre otros, con el fin de enfrentar los dilemas que se puedan presentar en el día a día de la práctica profesional de la enseñanza de la Astronomía.*

Desde esta dimensión se educa al profesor para la articulación de disciplinas como: Psicología del aprendizaje, para saber adecuar el nivel de complejidad en que se estudian los fenómenos; Lenguaje, para estudiar estrategias de interacción que garanticen la comunicación entre las partes interactuantes; Sociología, para entender los comportamientos de grupos e individuos humanos con sus intereses; Pedagogía, para enriquecer las posibilidades de diversos métodos de enseñanza y de interacción en el aula, y Educación, para comprender el porqué de las organizaciones curriculares con el objetivo de enseñar Astronomía, entre otras disciplinas de las Ciencias Sociales y Humanas. Lo cual estimula el posicionamiento crítico y la identidad profesional. Veamos algunos ejemplos de posibles reflexiones y ejercicios puntuales, resultado de nuestro análisis documental.

Pensando la Enseñanza, a partir de resultados de investigación o de propuestas de innovación en Enseñanza de la Astronomía

Se debe formar al profesor tanto para interpretar resultados de investigación, como para desarrollar la docencia-investigación, que implica estudiar la propia acción docente e innovar en procesos educativos.

Un ejemplo es el “Proyecto Globo Local” desarrollado por Lanciano et al. (2011), con intenciones educativas, políticas y culturales. Consiste en ubicar el globo terráqueo sin la orientación tradicional de Polo Norte en lo alto y el eje terrestre inclinado respecto a la base horizontal, sino ubicándolo libre del soporte fijo, haciendo coincidir el lugar en donde está la persona con la parte superior del globo. Con esto, y el análisis de todas sus implicaciones, se enseña a las personas a resignificar su lugar sobre el planeta Tierra, con relación a todos los demás habitantes. Usando este dispositivo se puede ver en tiempo real de qué manera el Sol ilumina las distintas regiones de la Tierra en un momento, a lo largo de un día o de un año, ayudando a comprender distintos conceptos y fenómenos, como el de “husos horarios”. Además, permite comprender la variación y alternancia de las estaciones en el planeta, y nos ofrece una visión más equitativa de la distribución de la población, ya que desde la visión tradicional se asume que todo lo que está en el Norte está “al derecho”, “es mejor”, “mayor”, etc. Uno de los dispositivos didácticos, llamando “la esfera lisa”, se detalla en Camino et al. (2020).

En esta línea se desarrolla el proyecto “El Diario del Cielo”, publicado y aplicado en Italia por Lanciano (2014). Consiste en hacer literalmente un diario, en donde se orientan y registran observaciones a simple vista, de lo que ocurre con los astros en el cielo al pasar el tiempo, las horas y los días. Se estudian los eclipses solar y lunar, lluvias de meteoros, acercamientos aparentes de los planetas a la Luna o las estrellas, la relación entre el Sol y la Tierra, para dar significado a los equinoccios y solsticios de verano e invierno, entre otros. Es un instrumento que guía la observación directa en la naturaleza y permite construir el propio conocimiento. Ha tenido aplicaciones en Latinoamérica para la formación de profesores como en Fernandes (2018), quien reporta resultados sobre la transformación de los discursos de profesores para mayor comprensión de su lugar en el mundo y en el Universo, así como de su rol como transformadores del pensamiento de sus alumnos.

También en Giordano (2021) se encuentra una síntesis de la trayectoria de este proyecto, haciendo énfasis en las formas de relacionar la Física con la Astronomía por medio de una diversidad de instrumentos didácticos diseñados específicamente. Ella describe cómo el plan de formación se desarrolla en tres fases: 1) El marco local; la vista desde su lugar. 2) El marco geocéntrico global; la vista desde la Tierra y 3) El marco heliocéntrico; la vista desde el Sol. Todo en torno a actividades para observar el cielo de día a simple vista desde lo local, dibujar el horizonte visual, registrar el movimiento observado de los astros sobre un observatorio cilíndrico con sus respectivas coordenadas, registrar el movimiento observado del Sol a través de la sombra de un gnomon, observar a simple vista el cielo de la noche, e interpretar las observaciones.

Por su parte, Corrêa y Nardi (2020) presentan una experiencia de investigación, en donde diseñaron un plan de asesoría para profesores de primaria con el fin de ayudarles a enriquecer su discurso sobre algunos conceptos de la ciencia, especialmente centrado en “las estaciones del año”. Allí, se supera una de las problemáticas ya relatadas ampliamente por la literatura, en el sentido de que muchos libros de texto contienen errores conceptuales que suelen ser asumidos por los profesores. En este caso, se detectó que explicaban la existencia de las estaciones por causa de la traslación de la Tierra alrededor del Sol en órbita elíptica, argumentando que si estaba más lejos del Sol sería invierno y más cerca sería verano. Al final, los profesores demostraron comprensión y uso consciente del conocimiento para ser enseñado a sus alumnos. En esta línea, Dicoskiy et al. (2012) muestran que muchos docentes desconocen la explicación para las estaciones, o la forma como se producen las fases de la Luna. Igualmente, Polanco (2017) detecta resultados similares en torno al concepto de “estrella”.

132

En Longhini (2014) se encuentran 21 propuestas de enseñanza de la Astronomía que ofrecen estrategias y perspectivas desde donde tratar contenidos sobre el cielo, el Sol, la Luna, las estrellas, los planetas, las estaciones, etc., en diferentes contextos educativos.

La enseñanza a partir de Corrientes Pedagógicas: ejemplos del enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y Cuestiones Sociocientíficas (CS)

Se pueden diseñar actividades de debate y posicionamiento crítico a partir de cuestiones que envuelven problemáticas de la humanidad y que requieren

conocimientos científicos para ser analizadas en profundidad. Son cuestiones que no tienen única respuesta o pueden no tener solución aún, lo cual hace que el profesor pierda su rol de único poseedor de la respuesta correcta y los estudiantes pierdan su rol de ignorantes frente al tema, entonces, todos los participantes de la clase tienen algo válido que aportar para la discusión, desde sus conocimientos adquiridos en la vida, en la academia, o desde su intuición.

Por ejemplo, a partir de las preguntas: ¿Podría el viento solar arruinar las telecomunicaciones en el planeta Tierra? o ¿Las auroras boreales ocurren solamente en el Polo Norte? Estas las redactamos inspirados en el trabajo de Camino y Paolantonio (2020), en donde se hace un recorrido histórico y científico para comprender el fenómeno de las “auroras boreales”, lo cual toca con aspectos sociales, religiosos, científicos y culturales.

Por otro lado, Batista (2013) problematiza la producción y lanzamiento de satélites. Los estudiantes son llevados en una secuencia de análisis a través de situaciones controversiales, como el surgimiento de la tecnología para lanzar cohetes inicialmente con fines bélicos, y posteriormente para estudiar el Universo, con intereses científicos, políticos y de distribución de poder en el mundo, lo cual facilita el debate frente a temas controversiales favoreciendo el desarrollo del pensamiento crítico.

Enseñanza para la diversidad

Artigue (2002) muestra un ejemplo para el estudio de inclusión, ya que relata la existencia del “Primer Planetario para Ciegos Acústico del Mundo” ubicado en el planetario de Buenos Aires. Se diseña la experiencia del visitante invidente a partir de material de audio, táctil y de interacción con las personas. La idea básica de observación del cielo es traducir a sonidos el brillo y la intensidad de la luz de las estrellas y otros objetos celestes, mediante dispositivos especiales de sonorización y escucha, haciendo uso de la técnica holofónica que le permite al invidente posicionar el sonido en algún lugar más o menos profundo en el espacio que ocupa. Esto le permite hacerse una idea de la magnitud y la distancia de la estrella, todo apoyado por explicaciones, mapas celestes táctiles, guiones de relatos, que luego puede llevar para su casa.

A partir del análisis de esta experiencia se pueden discutir diversas temáticas sobre el significado de la inclusión, las formas de lograrla, sus fortalezas y debilidades.

El docente formador de profesores se puede inspirar para planear ejercicios de creación de material específico para la inclusión de diversas poblaciones, lo que puede ser enriquecido con los resultados que presenta Pimenta e Iachel (2017) quienes muestran cómo ha venido creciendo la investigación en este campo, aunque no lo suficiente. Ya existen sitios web que ofrecen material diverso de libre acceso, como audiodocumentos, material para impresión en 3D, *banners* con imágenes y lenguaje táctil, y existen en la literatura libros creados especialmente para ser tocados, leídos y escuchados, con gran cantidad de información organizada a través de la variación de texturas y tamaños, por ejemplo, para simular comparaciones de temperatura, o para crearse imaginarios mentales sobre diversos temas.

En otro contexto, la enseñanza de las Ciencias Naturales a población infantil suele ser reducida a solo Biología y a ciertas generalidades, por lo tanto, hay mucho por construir. Guataquirá y Castiblanco (2020) presentan una investigación que muestra que los niños tienen interés en aprender la Astronomía y una diversidad de formas de asumir el Sistema Solar y el Universo, contruidos en sus experiencias fuera y dentro de la escuela y que, orientados adecuadamente, muestran cada vez mayor interés.

Concluyen que no conviene enseñar contenidos genéricos de la Astronomía, con métodos genéricos, porque cada grupo de niños tiene unas convicciones y condiciones particulares que deben ser tenidas en cuenta.

También, Pedreros (2019) presenta experiencias de enseñanza en niños desde la perspectiva de la atención a la diversidad, acudiendo a la historia, los diálogos culturales, la modelización, al reconocimiento de la particularidad de los contextos, entre otros, que hacen incluyente el aprendizaje de la Astronomía.

En este sentido, el trabajo de Alcântara y Freixo (2016) presenta un taller para una escuela familiar agrícola en Bahía, a partir de las narrativas míticas de las constelaciones, permitiendo superar los contenidos de libros de texto, usualmente lejos de la realidad de los niños, y logrando la construcción de significados sobre lo que observan en el cielo.

Enseñanza a partir de teorías de la psicología cognitiva

Lema (2020) desarrolla una propuesta teórica basada en la teoría de Enseñanza para la Comprensión de Perkins, en torno a los tópicos día-noche, eclipses y fases de la Luna, diseñando un conjunto de actividades para llevar a los estudiantes de aspectos simples a complejos. Utiliza sistemáticamente la secuencia de explicar, ejemplificar, aplicar, justificar, comparar y generalizar, mostrando resultados positivos y muchas reflexiones sobre lo que se podría complementar. Este tipo de literatura no es necesariamente para asumirla acríticamente, sino para generar debates, producir nuevos discursos, inspirarse, cuestionarse.

Pensando la enseñanza a partir de las Ciencias Sociales

Desde la Antropología tenemos conocimientos que nos ayudan a enseñar cómo comprender el lugar del hombre en el Cosmos y su relación con el Universo. Moreno (1997) presenta una obra que recorre las posibles ideas de la humanidad en toda su historia a partir de la observación de la bóveda celeste. El autor analiza las evidencias mostradas por antropólogos, historiadores y arqueólogos, de lo que parecen ser representaciones del cielo en los pueblos primitivos y que muestran una preocupación por ubicar algún lugar del hombre en el Universo, así como tratar de definir cuál fue el origen del Universo y su estructura.

Allí, primaban ideas en torno a espíritus que controlaban todos los ritmos vitales y explicaban el Universo desde el animismo, lo que les permitió predecir ciertos comportamientos.

Con la acumulación de conocimiento durante varios siglos la visión del mundo fue cambiando y se pasó a un Universo mítico regido por dioses y héroes humanos o semihumanos que hacían que el mundo fuera más complejo en torno al concepto sobre el bien y el mal.

Posteriormente, las ideas judeocristianas, que provenían de los griegos, propiciaron una visión del Cosmos como algo perfecto, terminado e inmutable. Pero comenzaron a surgir teorías científicas basadas en la observación y la lógica que facilitaron la elaboración de modelos del Universo, como el heliocéntrico con impacto en el desarrollo de todas las áreas del conocimiento y en general de la mentalidad humana. Actualmente, a pesar de que el Universo ya no se considera

estático, ni finito, continúan prevaleciendo muchas concepciones antropocéntricas que merecen ser estudiadas en sus causas y consecuencias. Esto propicia reflexiones, si se tiene en cuenta que hace apenas ocho décadas el hombre tuvo certeza de que nuestra Galaxia era solo una más entre miles de millones.

Considerando este conocimiento, se pueden diseñar actividades para encontrar objetivos de enseñanza de la Astronomía, que el profesor aclare para sí mismo el sistema de creencias desde donde va a enseñar y la forma como se prepara para dialogar e interactuar con sus alumnos, en la perspectiva de ayudarlos a crecer y no en la perspectiva de adoctrinarlos para una cierta ideología, entre otros aspectos.

Dimensión interaccional: consiste en orientar la preparación de una clase, en torno a procesos, y enriqueciendo la interacción entre los participantes. Usualmente, esta dimensión es entendida como el todo de la Didáctica de las Ciencias, sin embargo, en esta propuesta defendemos que, más que leer y conocer sobre actividades y materiales para una clase, es necesario ganar autonomía para el diseño propio y la contextualización adecuada.

Se busca que el profesor construya criterios para enriquecer su capacidad de interacción con los participantes de la clase, al estudiar las potencialidades y limitaciones de una gama de recursos de apoyo disponibles, así como estudiar las posibilidades de crear sus propios materiales, en función de los contextos y los niveles de complejidad de los contenidos a ser trabajados.

Es más que una componente “técnica” de la docencia, como la habilidad para usar el tablero, el proyector, el telescopio, los montajes del planetario, el observatorio o los diferentes softwares de Astronomía, aun cuando estos deban ser aprovechados, pero sabiendo que, en sí mismos y en solitario, no resuelven los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la Astronomía.

El cómo enseñar debe ser definido centrandolo el proceso en el desarrollo del estudiante y no del contenido. En Vizcaino (2013) y González y Castiblanco (2020) se define una propuesta de orientación para que el docente organice su conocimiento para la enseñanza, en al menos tres fases: la de abordaje fenomenológico de los temas, seguido de procesos hipotético-deductivos y de comprobación, para pasar a la modelación, todas las anteriores en diversas perspectivas, de acuerdo al contexto. Este proceso requiere el diseño de material específico que resulte pertinente, lo cual puede

basarse en usos de la experimentación, la literatura y las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), entre otros, siempre garantizando la comunicación efectiva en el aula para estimular el desarrollo del pensamiento del estudiante.

La experimentación puede ser abordada desde las diversas posibilidades que ofrece, por ejemplo, para analizar la lógica de un experimento mental, estudiar las posibilidades de la comprobación de una ley física, elaborar y analizar montajes con material de bajo costo, poner a prueba hipótesis de los estudiantes o del profesor, producir choques conceptuales, simular situaciones, etc.

El proceso de enseñanza y aprendizaje debe estar enfocado en el desarrollo de habilidades de pensamiento, el enriquecimiento del tipo de lenguaje utilizado, la configuración de problemáticas, la formulación y constatación de hipótesis, el uso de diversos tipos de representación para la descripción, explicación y argumentación de los fenómenos. Con relación a las TIC, asumimos que el uso de videos, software, puede no pasar de ser una actividad “llamativa” si carece de un sentido. Para superarlo, se requiere tener dominio de los contenidos a enseñar, de los procesos de aprendizaje, y de las tecnologías, de modo que se tenga plena conciencia de por qué y cómo utilizar estos recursos en ámbitos educativos.

Igualmente, los materiales bibliográficos presentan hoy una gama de opciones que obligan al profesor a tener visiones cada vez más amplias, superando el uso reduccionista del libro de texto como único insumo para la clase, que, además, se ha venido reemplazando por la búsqueda de respuestas rápidas en internet. Se requiere, por lo tanto, aprender a leer e interpretar resultados de investigación en Astronomía y en Enseñanza de la Astronomía, divulgación científica, ciencia ficción, noticias, entre otros, sabiendo que este material no necesariamente es para ser llevado “irreflexivamente” a la clase, sino que se convierte en una fuente de inspiración, apoyo y fundamentación para la metodología de enseñanza.

Estudiando la experimentación

En Castiblanco (2019) se han caracterizado tipologías de experimentos como el experimento mental, ilustrativo, por investigación, casero, virtual, discrepante, recreativo y crucial. A continuación, relatamos algunos ejemplos que podrían organizarse a partir de la literatura en torno a estas tipologías.

En Will (2001) se encuentra un recorrido histórico por diferentes experimentos que se han hecho para evidenciar fenómenos relacionados con la Astronomía reciente, especialmente cuando se relaciona con la teoría de la relatividad general.

Cualquiera de estos podría ser asumido como un experimento crucial para estudiar las condiciones de contexto que dieron lugar a él, el impacto que tuvo en la teoría en su momento, las dificultades que se pudieron presentar en su desarrollo, así como tratar de replicar el experimento, bien sea real, en maquetas, simulaciones u otros (Tabla 2). Esto enriquece la visión sobre la construcción conceptual en la Astronomía.

Tabla 2. Experimentos cruciales

Predicción	Confirmación experimental
La luz se desvía al pasar en las cercanías del Sol.	Fenómeno observado por Arthur Eddington en el eclipse solar del 29 de mayo de 1919, en la isla de Príncipe, Guinea. También observado por Charles Davidson en Sobral, Brasil.
Precesión de la órbita de Mercurio.	Era uno de los pocos hechos astronómicos que la teoría de Newton no explicaba satisfactoriamente. Obtiene una respuesta a partir de los cálculos de Einstein con sus ecuaciones de la relatividad general.
Cambio en la rapidez con la que fluye el tiempo en un campo gravitacional, para lo cual se deben imaginar sistemas de referencia con movimientos relativos entre sí.	Una evidencia es la medición experimental de J. C. Hafele y R. Keating en 1971.
Ondas gravitacionales, que serían perturbaciones que alteran las dimensiones espacio-temporales y que se propagan como ondas a la velocidad de la luz.	Evidencia indirecta por observaciones del sistema binario PSR 1913 realizadas por Hulse y Taylor en 1975. Confirmado en el año 2015 por el Observatorio de ondas gravitatorias por interferometría láser, al estudiar una colisión de agujeros negros.
Los agujeros negros, que son restos fríos de antiguas estrellas, de cuyo interior no puede salir nada material, ni siquiera la luz.	Se han hecho varias observaciones de núcleos galácticos activos. Una evidencia es la fotografía lograda por el proyecto Event Horizon Telescope, de la Galaxia Messier 87, en 2019, donde observaron los efectos gravitacionales que tiene.
Efecto de lente gravitacional, producido por cuerpos supermasivos como galaxias y que al desviar la luz que pasa por sus cercanías producen efectos visuales de imágenes dobles, o agrandadas o achicadas.	Observado a diario con potentes telescopios. El primer caso se detectó en 1979. En 1999 se tomó una imagen con el telescopio NOT, del Observatorio del Roque.
Equivalencia entre masa gravitacional y masa inercial.	Comprobado por Roll, Krotkov y Dicke en 1964.
Corrimiento espectral 'hacia el rojo' de la luz en un campo gravitacional.	Medido por Pound y Rebka en 1960.

Fuente: elaboración propia.

De otra parte, Camino (2015) presenta un experimento mental que puede ser aprovechado para enriquecer el lenguaje y las formas de representación de los discursos de los estudiantes. En este caso, el experimento requería imaginar una esfera metálica, en cuyo interior había una fuente puntual de luz blanca, sobre la cual se perforaron pequeños agujeros.

Entonces, se discute sobre la manera en que variaría la intensidad de la luz proyectada sobre una pantalla por uno de esos agujeros, si se cambiara la cantidad de agujeros en la esfera.

La idea surgió de la observación del autor sobre el modo como funciona el proyector de los hemisferios Norte y Sur celestes, del Planetario de Esquel, en donde el diámetro de los agujeros del proyector está en relación directa con el brillo que se le quiere dar a la estrella que está siendo representada, y las posibilidades que ofrece para discutir sobre el comportamiento y la naturaleza de la luz, ya que existe la tendencia de explicar lo que ocurre basados en la concepción de la luz como fluido. Esto, puede desencadenar en debates en torno a preguntas como: ¿Compiten entre sí las antenas y paneles agotando la luz disponible, si están unos al lado de los otros? ¿De qué manera se comprende el mundo, natural y social en el que vivimos, según fuera la concepción que sobre la luz tiene cada persona que vive en él?

Estudiando las TIC

Tecnologías como el software de observación del cielo, de simulaciones, interactivo, de análisis de datos, audiocuentos, videos, fotografía astronómica con y sin telescopio, realidad aumentada, visualización 3D, películas, robots, información en la web, etc., ciertamente son recursos imposibles de ignorar, pero que además facilitan el desarrollo de ciertos procesos, siempre que el profesor tenga clara la intención de su uso para un fin educativo, más allá de la mera motivación provisional o entretenimiento.

Por ejemplo, Martínez y Turégano (2009) desarrollan un curso de Astronomía basado en links de acceso a diversos recursos TIC, es decir, instruyen sobre algún conocimiento que puede ser ampliado en un video, usando un software, viendo una fotografía, etc. Si bien es una colección importante de materiales, requiere de un profesional que seleccione los que resulten pertinentes y los articule a la construcción de un discurso propio.

También, encontramos la propuesta de Camino (2021) en la cual se deduce la posición del Sol en el cielo a partir de una fotografía de la sombra producida por las nubes, tomada desde un avión. Para lograrlo, se orienta a los alumnos en la ubicación del lugar en el planeta y, finalmente, se contrasta con las informaciones reales haciendo los respectivos análisis. El autor informa que esta propuesta ha sido probada en aulas reales durante años, lo cual da cuenta del impacto positivo que puede tener.

Se pueden hacer análisis de fotografías existentes en la web, lo cual en primer lugar lleva a la discusión sobre ¿de qué se trata una fotografía del espacio? sabiendo que muchas “imágenes presentadas” son ilustraciones hechas por artistas que representan una descripción científica, otras son síntesis de gráficos obtenidos a partir de software de análisis de datos tomados del espacio con diversas tecnologías, otras son fotografías directas a través del telescopio, otras son fruto de simulaciones. En Alberdi y López (2007) se encuentra una interesante colección de imágenes de diversos escenarios desde los planetas y satélites del Sistema Solar hasta los astros más lejanos descubiertos hasta ahora, así como de la ocurrencia de fenómenos interestelares, con sus respectivas descripciones y explicaciones en formato de divulgación científica, con textos cortos, que ofrecen un recurso para el debate, el análisis y la crítica reflexiva.

Con relación al séptimo arte, Silva y Camino (2020) documentan un conjunto de literatura para mostrar que la Astronomía y el cine se cruzan en la historia, siendo un insumo que estimula el debate en los estudiantes. Evidencian que no se tiene suficiente conocimiento ni conciencia de los diversos problemas surgidos en cada época con los respectivos esfuerzos creativos, teóricos y tecnológicos que se han tenido que desarrollar para superarlos, lo que implica análisis culturales y científicos. Particularmente, analizan estudios sobre el tránsito solar de Venus y sus formas de registrar en tiempo real un hecho astronómico de corta duración.

Estudiando los recursos bibliográficos

En esta categoría se encuentra la divulgación científica en todos sus formatos, libros didácticos o de texto, libros y artículos científicos, información disponible en la web por medio de enciclopedias, foros, blogs, ciencia ficción, cuentos, noticias científicas.

Parrilha et al. (2017) trabajan a partir del libro publicado por Parrilha y Danhoni (2015) que relaciona arte y ciencia. Se relatan los diálogos entre el astrónomo Galileo y el

pintor Cigoli con sus respectivas pinturas y discusiones, que permiten conocer la relación entre el pintor y el astrónomo en torno a las representaciones de los cráteres de la Luna en acuarelas, en la época poscopernicana. La actividad se centra en hablar sobre la naturaleza, la morfología y la superficie de la Luna, al mismo tiempo que se aprenden técnicas de pintura para elaborar sus creaciones artísticas.

De otra parte, actualmente es común ver noticias sobre Astronomía, o relacionadas con cualquier evento cósmico. Estas tienen la característica de que son hechas por periodistas que entrevistan a científicos y cuentan lo que pudieron extraer y organizar para producir su nota, que usualmente es sensacionalista. Entonces, el público en general se informa de ciertos eventos que están ocurriendo, pero al mismo tiempo se crean falsos imaginarios sobre lo que realmente está ocurriendo, de modo que resulta de interés para la formación del pensamiento del profesor de Astronomía orientarlo para el análisis y uso de este tipo de material con sus estudiantes. En Poveda (2002) se encuentran análisis de este fenómeno social y sus consecuencias, como el hecho de que las agencias de investigación tuvieran que sacar sus propios boletines para contrarrestar la desinformación de los medios de comunicación y la preocupación por las angustias que generan en la población al privilegiar contenido centrado en desastres, controversias o imágenes negativas sobre la ciencia, además de la publicación de proyecciones o hipótesis hechas por los científicos, aún no comprobadas, como si fueran verdades absolutas.

Consideraciones finales

Para organizar de forma coherente y articulada los objetivos, contenidos y metodologías de la Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía, es decir, formar al didactólogo de la Astronomía, resulta pertinente usar una estructura conceptual con base en las tres dimensiones propuestas: disciplinar, sociocultural e interaccional, dado que lo educa de manera integral y progresiva.

En esta propuesta se parte de la reconstrucción de su propio discurso de la Astronomía y su propio saber sobre la docencia de la Astronomía, para ir desarrollando niveles de conciencia sobre la pertinencia de contextualizar la enseñanza, construyendo criterios para la toma de decisiones y la autoformación como docente-investigador, para finalmente aprender a sacar el mayor provecho a los recursos de apoyo ya existentes o a crear sus propios recursos de apoyo, lo cual aumenta la autonomía y la identidad profesional.

Se ha ilustrado cómo en la literatura hay suficientes recursos para desarrollar las tres dimensiones de formación de pensamiento del profesor, así como criterios de búsqueda de materiales desde una visión interdisciplinar comprendiendo las posibilidades de aportes de diversas áreas de conocimiento para dar tratamientos específicos y contextualizados a los contenidos de la Astronomía, en ambientes educativos.

Agradecimientos

Al Conselho Nacional de Pesquisa de Brasil, por financiar el proyecto marco en donde se desarrolla esta investigación, así como al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Referencias

- Alarçao, I. (2003). *Professores reflexivos em uma escola reflexiva*. Cortez Editora.
- Alberdi, A. y López, S. (Coords.). (2007). *Un viaje al Cosmos en 52 semanas*. CSIC.
- Alcântara, L. y Freixo, A. (2016). O céu noturno como cenário do tempo: uma possibilidade para o ensino de Astronomia. *Góndola, Enseñ Aprest Cienc*, 11(1), 70-85. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n1.a5>
- Artigue, F. (2002). *Los planetarios: centros de divulgación de la ciencia y la tecnología* [monografía]. Universidad de la República.
- Baker, J. (2010). *50 cosas que hay que saber sobre el universo*. Ediciones Ariel.
- Batista, G. (2013). O movimento dos satélites. En D. M. Vianna y J. R. Da Rocha, *Temas para o ensino de Física com abordagem CTS*. Grupo Proenfis. BookMakers Ltda. FAPERJ.
- Camino, N. (2015). La luz como fluido. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.14483/23464712.16609>
- Camino, N. (2021). Diseño de actividades para una didáctica de la Astronomía vivencialmente significativa. *Góndola, Enseñ Aprest Cienc*, 16(1), 15-37.

- Camino, N. y Paolantonio, S. (2020). La excepcional aurora de 1989 en la Patagonia. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(1), 137-156.
- Camino, N., Lanciano, N. y Terminiello, C. (2020). La esfera lisa. El dispositivo didáctico que da fundamento astronómico al globo terráqueo paralelo. *Rev. Int. de Pesq. em Didática das Ciências e Matemática*, 1(e020020), 1-25.
- Castiblanco, O. (2013). *Uma estruturação para o ensino de didática da física na formação inicial de professores: contribuições da pesquisa na área* [tesis de doctorado]. Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- Castiblanco, O. (2019). *Formando profesores de física en torno a caracterizaciones de la experimentación* [trabajo de ascenso en el escalafón docente]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Castiblanco, O. y Nardi, R. (2018). What and how to teach didactics of physics? An approach from disciplinary, sociocultural, and interactional dimensions. *Journal of Science Education*, 19(1), 100-117.
- Copello, M. y Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2).
- Corrêa de L., S. y Nardi, R. (2020). Discursos de professores dos anos iniciais sobre o tema "Estações do ano". *RELEA*, 29, 51-72. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2020.29.051>
- Danhoni, M., Parrilha, J. y Nardi, R. (2015). *O carteggio entre Cigoli e Galileo: a troca de correspondência entre o artista de Florença e o físico de Pisa*. Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- Darroz, L. M., da Rosa, C. T. W. y De Grandis, C. D. (2016). Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da astronomia. *Góndola, Ensino Aprend Cienc*, 11(2), 240-255. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a6>
- Dicovski, E. et al. (2012). El problema de la posición del observador y el movimiento tridimensional en la explicación de las fases de la luna en docentes de primara en formación. *III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Universidad Nacional de La Plata.
- Dulzaides, M. y Molina, A. (2004). Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED*, 12(2), 1-5.
- Elliott, J. T. (1990). Teachers as researchers: implications for supervision and for teacher education. *Teaching & Teacher Education*, 6(1).

- Fernandes, T. (2018). *Um estudo sobre a formação continuada de professores da educação básica para o ensino de Astronomia utilizando o 'Diário do Céu' como estratégia de ensino* [tesis de doctorado]. Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- Fischman, G. y Sales, S. (2010). Formação de professores e pedagogias críticas. É possível ir além das narrativas redentoras? *Revista Brasileira de Educação*, 15(43), 7-20.
- Galperin, D. (2011). Propuestas didácticas para la enseñanza de la Astronomía. En M. Insarrualde (Coord.), *Líneas de acción didáctica y perspectivas epistemológicas*. Novedades Educativas.
- Gatti, B. (2004). Formação do professor pesquisador para o ensino superior: desafios. En R. Barbosa, *Trajetórias e perspectivas da formação de professores*. UNESP.
- Giordano, E. (2021). Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre física y Astronomía. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 16(2).
- Giroux, H. (1997). *Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem*. Artmed Editora.
- González, L. y Castiblanco, O. (2020) Estructuración del discurso a través de procesos de matematización en enseñanza de la física: el caso de docentes en formación. *XXIII Semana de la Enseñanza de la Física*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Guataquirá, E. y Castiblanco, O. (2020) What imaginary do children have about bodies inside and outside the solar system and their effects on Earth? *Scientia et Technica*, 25(2), 306-320. <https://doi.org/10.22517/23447214.24447>
- Kippenhahn, R. (1987). *Luz del confín del universo*. Salvat Editores.
- Kragh, H. (2016). *Maestros del universo: Conversaciones con los cosmólogos del pasado*. Editorial Planeta S.A. Crítica.
- Lanciano, N. (2014). *Il Diario del Cielo*. New Press.
- Lanciano, N., Lorenzoni, F., Tignanelli, H., Camino, N. y Giordano, E. (2011). Proyecto Globo Local. <http://www.globolocal.net/esp/proyecto.html>
- Langhi, R. y Nardi, R. (2012). *Educação em Astronomia: repensando a formação de professores*. UNESP. Escrituras.
- Lema, A. (2020). *Diseño y construcción de un material de enseñanza por comprensión sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares para quinto grado* [tesis maestría]. Universidad Nacional de Colombia.

- Longhini, M. (2014), *Ensino de Astronomia na Escola: concepções, idéias e práticas*. Editora Átomo.
- Ludke, M. (2001). O Professor, seu saber e sua pesquisa. *Educação & Sociedade*, XXII(74).
- Martínez, F. y Turégano, J. (2009). *El origen del Universo*. Agencia canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.
- Moreno, M. (1997). *La Morada Cósmica del hombre. Ideas e investigaciones sobre el lugar de la Tierra en el Universo*. Fondo de Cultura Económica.
- Nardi, R. y Castiblanco, O. (2019). *Didática da física*. UNESP. Escrituras.
- Nóvoa, A. (1992). Formação de professores e profissão docente. En Nóvoa (Coord.), *Os professores e a sua formação*. Dom Quixote.
- Parrilha, J. y Danhoni, M. (2015). *O codex Cigoli-Galileo: Ciência, arte e religião num enigma copernicano*. Eduem-UEM.
- Parrilha, J., Erichsen, L. y Nardi, R. (2017). Representações da Lua: Uma investigação a partir da relação entre arte e ciência. *Caderno de física da UEFS*, 15(2), 1-22.
- Pedrerros, R. (2019). La Astronomía y su enseñanza en la Educación Básica y Media. *Revista Científica* (Número especial).
- Pimenta, A. e Iachel, G. (2017). A elaboração de recursos didáticos para o ensino de Astronomia para deficientes visuais. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Polanco, Y. (2017). *Enseñanza de Astronomía estelar a docentes en formación en ciencias naturales* [tesis de maestría]. Universidad del Valle, Colombia.
- Poveda, J. (2002). *Universos: los rostros de Dios*. Costa Rica.
- Sagan, C. (1986). *Cosmos*. Ed. Planeta S.A.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1).
- Silva, M. y Camino, N. (2020). El tránsito de Venus hacia el final del siglo XIX y el surgimiento del séptimo arte. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 15(1), 46-64. <https://doi.org/10.14483/23464712.14246>
- Smoot, G. y Davison, K. (1994). *Arrugas en el tiempo*. Plaza & Janes.

- Sobel, D. (2016). *El universo de cristal: la historia de las mujeres de Harvard que nos acercaron las estrellas*. Editora Capitán Swing Libros, S.L.
- Tardif, M. y Lessard, C. (2005). *O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas*. Editora Vozes.
- Vizcaino, D. (2013). *Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores* [tesis de doctorado]. Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- Will, C. (2001). The confrontation between General Relativity and Experiment. *Living reviews in relativity*, 4.
- Zeichner, K. (2003). Formando professores reflexivos para a educação centrada no aluno: possibilidades e contradições. En R. Barbosa, *Formação de educadores: desafios e perspectivas*. UNESP.