



DISEÑO DE ACTIVIDADES PARA UNA DIDÁCTICA DE LA ASTRONOMÍA VIVENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

DESIGN OF ACTIVITIES FOR A DIDACTIC OF ASTRONOMY VIVENTIALLY SIGNIFICANT

PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES PARA UMA DIDÁTICA DA ASTRONOMIA VIVENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Nestor Camino*

Cómo citar este artículo: Camino, N. (2021). Diseño de actividades para una didáctica de la astronomía vivencialmente significativa. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(1), 15-37. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.16609>

Resumen

La Didáctica de la Astronomía es una especialidad aún joven, a pesar de unos cuarenta años de desarrollo en el mundo y poco menos en Latinoamérica. Aunque consolidada, tiene todavía mucha potencialidad por desarrollar para profundizar y mejorar las acciones que hemos ido concretado hasta el presente. Podríamos indicar dos grandes inconvenientes para que tal potencialidad se manifieste en las aulas con experiencias creativas y de calidad. El primero, quizás el más importante y urgente a resolver, es la falta de jóvenes educadores e investigadores formados en esta especialidad, aquello de la “masa crítica” necesaria para que una comunidad científica funcione adecuadamente. El segundo inconveniente, vinculado sin dudas al primero, es la falta de una “memoria didáctica”: un corpus de experiencias, materiales, recursos, reales y probados, disponibles libremente para quienes quieran acceder a ellos, para replicarlos y transformarlos. Presentamos algunas reflexiones y propuestas concretas sobre el segundo de los inconvenientes antes citados, en especial con el fin de mostrar una manera posible, valiosa según nuestra experiencia, para el desarrollo de acciones didácticas novedosas. Para el diseño de las mismas se han tomado en cuenta los conceptos de espacio y tiempo y su vinculación con los aspectos observacionales de la Didáctica de la Astronomía, los fundamentos epistemológicos como el mecanismo lógico hipotético-deductivo en la actividad experimental, la capacidad de tomar decisiones creativas en el proceso de

Recibido: 03 de julio de 2020; aprobado: 04 de septiembre de 2020

* Licenciado en Astronomía y doctor en Ciencias de la Educación. Es director del Complejo Plaza del Cielo y miembro del Conicet. Profesor de Fisicomatemática de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina. Su especialidad es la Didáctica de la Astronomía. E-mail: nestor.camino.esquel@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1091-5741>

contrastación entre el modelo y la realidad bajo estudio, y la dimensión vivencial de las acciones didácticas vinculadas al cielo. Las propuestas concretas son dos: deducir la posición del Sol en el cielo a partir de una fotografía de la sombra de nubes tomada desde un avión, y deducir la fase de la Luna a partir de una fotografía de una luminaria esférica blanca. Las propuestas presentadas han sido probadas en aulas reales durante años.

Palabras clave: Astronomía. Didáctica. Observación. Experimentación. Epistemología. Sol. Luna

Abstract

Didactic of Astronomy is still a young specialty, despite some forty years of development in the world and little less in Latin America. Although consolidated, it still has a lot of potentials to be developed to deepen and improve the actions that we have carried out up to the present. We could indicate two major drawbacks for such potentiality to manifest itself in classrooms with creative and quality experiences. The first, perhaps the most important and urgent to solve, is the lack of young educators and researchers trained in this specialty, that of the "critical mass" necessary for a scientific community to function properly. The second drawback, linked without a doubt to the first, is the lack of a "didactic memory": a corpus of experiences, materials, resources, real and proven, freely available to those who want to access them, to replicate and transform them. We present some specific reflections and proposals on the second of the aforementioned drawbacks, especially to show a possible way, valuable in our experience, for the development of novel didactic actions. For their design, we consider concepts of space and time and their link with the observational aspects of the Didactics of Astronomy, the epistemological foundations such as the hypothetical-deductive logical mechanism in the experimental activity, the ability to make creative decisions in the process of contrast between the model and the reality under study, and the experiential dimension of the didactic actions linked to the sky. The concrete proposals are twofold: deduce the position of the Sun in the sky from a photograph of the cloud shadow taken from an airplane, and deduce the phase of the Moon from a photograph of a white spherical luminary. The submitted proposals have been tested in real classrooms for years.

Keywords: Astronomy. Didactics. Observation. Experimentation. Epistemology. Sun. Moon.

Resumo

A Didática da Astronomia ainda é uma especialidade jovem, apesar dos quarenta anos de desenvolvimento no mundo e pouco menos na América Latina. Embora consolidado, ainda tem muito potencial a ser desenvolvido para aprofundar e aprimorar as ações que realizamos até o presente. Poderíamos indicar duas desvantagens principais para

que essa potencialidade se manifeste em salas de aula com experiências criativas e de qualidade. O primeiro, talvez o mais importante e urgente de resolver, é a falta de jovens educadores e pesquisadores treinados nessa especialidade, a da "massa crítica" necessária para que uma comunidade científica funcione adequadamente. A segunda desvantagem, ligada sem dúvida à primeira, é a falta de uma "memória didática": um corpus de experiências, materiais, recursos reais e comprovados, disponíveis gratuitamente para quem deseja acessá-los, replicá-los e transformá-los. Apresentamos algumas reflexões e propostas específicas sobre o segundo dos inconvenientes mencionados, especialmente para mostrar um caminho possível, valioso em nossa experiência, para o desenvolvimento de novas ações didáticas. Para o desenho do mesmo, os conceitos de espaço e tempo foram levados em consideração e sua ligação com os aspectos observacionais da Didática da Astronomia, os fundamentos epistemológicos, como o mecanismo lógico hipotético-dedutivo na atividade experimental, a capacidade de levar decisões criativas no processo de contraste entre o modelo e a realidade em estudo e a dimensão experiencial das ações didáticas ligadas ao céu. Existem duas propostas específicas: deduzir a posição do Sol no céu a partir de uma fotografia da sombra das nuvens tirada de um avião e deduzir a fase da Lua a partir de uma fotografia de uma luz esférica branca. As propostas apresentadas foram testadas em salas de aula reais há anos se considera un espacio ideal para la discusión y el aprendizaje de la ciencia y sus aspectos epistemológicos, en la perspectiva de que estos futuros maestros propagan este aprendizaje a sus estudiantes.

Palabras-chave: Astronomia. Didáctica. Observação. Experimentação. Epistemologia. Sol. Lua..

1. Introducción

La Didáctica de la Astronomía es una especialidad aún joven, a pesar de unos cuarenta años de desarrollo en el mundo y poco menos en Latinoamérica. Aunque consolidada, tiene todavía mucha potencialidad por desarrollar para profundizar y mejorar las acciones que hemos ido concretado hasta el presente.

Podríamos indicar dos grandes inconvenientes para que tal potencialidad se manifieste en las aulas con experiencias creativas y de calidad. El primero, quizás el más importante y urgente a resolver, es la falta de jóvenes educadores e investigadores formados en esta especialidad, aquello de la "masa crítica" necesaria para que una comunidad científica funcione adecuadamente. El segundo inconveniente, vinculado sin dudas al primero, es la falta de una "memoria didáctica": un corpus de experiencias, materiales, recursos, reales y probados, disponibles libremente para quienes quieran acceder a ellos, para replicarlos y transformarlos.

A nosotros, especialistas en Didáctica de la

Astronomía, nos interesa evolucionar, crecer y mejorar, a través de discusiones con otros colegas y aprendices, lo que no siempre es posible por aquel primer inconveniente. Pero más que sobre la teorización de los elementos que conforman esta disciplina nos es esencial la discusión a partir de lo concreto, de lo ya vivido, de lo real que sucede o sucedió en el aula, con el fin de intentar mejorar lo que sucederá allí mismo, siempre con fundamentos, pero no a la inversa: fundamentar desde nuestra posición de privilegio, como teóricos, para que otros vayan a las aulas, no es lo que nos mueve a continuar investigando.

Presentaremos entonces en este trabajo una serie de reflexiones y comentarios a partir de dos actividades didácticas concretas, ya muy probadas en las aulas, aunque siempre posibles de ser mejoradas a partir de nuevas implementaciones con distintas poblaciones, y a partir de los intereses y búsquedas de los colegas que las lleven a las aulas reales.

Establecer a posteriori un diálogo, deseado y necesario, entre quienes nos dedicamos a la Didáctica de la Astronomía, será lo que en definitiva nos permita

crecer como comunidad científica latinoamericana en nuestro campo específico de especialización y dar solución a los antes citados inconvenientes; el presente trabajo quiere ser un aporte a tal fin.

1. Didáctica de la Astronomía: el desafío de una didáctica específica nueva

Ya podemos asumir, sin dudas, que la Didáctica de la Astronomía es una disciplina científica con identidad epistemológica definida, parte importante de la Didáctica de las Ciencias Naturales, en íntima relación con la Didáctica de la Física, con las cuales tiene una raíz común, pero con características que la hacen distinta, tal como se viene fundamentando en distintos trabajos, desde hace ya muchos años (Furió et alii, 1992; Adúriz-Bravo et al, 2002; Castiblanco et al, 2009; Castiblanco et al, 2018; Camino, 2012). Valga esta oportunidad para llamar la atención nuevamente sobre la necesidad de continuar produciendo trabajos de investigación tendientes a fundamentar aún mejor tal identidad. Nos gusta pensar que una didáctica específica tiene en su constitución más profunda diversos desafíos, siempre presentes, siempre cambiantes. El respeto por las vinculaciones con aquellas otras disciplinas científicas de las cuales proviene, Astronomía y Educación en nuestro caso, y de las cuales se nutre a pesar de su identidad diferencial. La necesaria y constante creación de acciones específicamente diseñadas para nuevos tiempos, diferentes estudiantes, contextos socioculturales dinámicos, intereses variados, categorías teóricas recién surgidas y recursos modernos. La validación hacia dentro de la comunidad científica y educativa, que les son propias, de las propuestas innovadoras que se van generando, fruto de la investigación y de la práctica. La construcción de espacios académicos institucionales que respeten, reconozcan y apoyen la actividad. El sostenimiento de la práctica en aula como condición necesaria para la existencia de tal didáctica específica, pero sin poner en riesgo la permanente construcción de conocimiento científico. La búsqueda de la significatividad de los aprendizajes, en un contexto de

novedad permanente como lo es el quehacer en una didáctica específica conformada recientemente. Y como ya lo indicamos en el apartado anterior, la formación de jóvenes profesionales que le den cuerpo estable como verdadera comunidad científica. Podríamos seguir indicando muchos otros desafíos, sin dudas. Las acciones que desarrollemos deberían de alguna manera ir dando respuesta a tales desafíos, en forma consciente, intencional y sistemática, aunque ya no únicamente como individuos, lo que sería una tarea ciclópea, sino pensándonos en el contexto de aquella comunidad científica a la que nos referimos antes.

3. Focos de interés para la Didáctica específica de la Astronomía

¿Cuáles serían los puntos más importantes, indispensables, para el diseño de acciones didácticas específicas para una “adecuada” enseñanza de la Astronomía? ¿Qué condiciones, teóricas, metodológicas, epistemológicas, vivenciales, deberían satisfacerse para considerar que estamos ofreciendo a los estudiantes propuestas didácticas satisfactorias desde esta concepción pedagógica científica? Desarrollaremos a continuación algunas de estas condiciones, las que sabemos que no son únicas, pero que son las que a nosotros nos importan particularmente, y por esa razón estamos convencidos de que no deberían estar ausentes en el diseño de acciones para una Didáctica de la Astronomía significativa.

3.1 Espacio y Tiempo y la vinculación con el mundo natural cotidiano

Se podría decir que es evidente que los conceptos de Espacio y Tiempo son fundamentales para la Astronomía, pero no parecieran serlo tanto para la Didáctica de la Astronomía, a juzgar por los trabajos de investigación y propuestas didácticas realizadas en las últimas décadas, pocos e insuficientes sobre estos temas, desde nuestra opinión.

Consideramos que fortalecer la conceptualización del espacio y el tiempo, no sólo desde lo físico y astronómico, sino y quizás principalmente desde lo vivencial, es una de las líneas de desarrollo más importantes de la Didáctica de la Astronomía.

Nos hemos acostumbrado a una enseñanza formal basada en dibujos y esquemas planos que representan pobremente la complejidad del espacio físico, y a tiempos que definitivamente no son los propios de los procesos y fenómenos naturales estudiados por la Astronomía y transpuestos a las aulas en la actividad educativa.

El cielo y su diversidad física, y lo que genera en las personas y en las culturas, se da en un espacio tridimensional, de gran escala (Lanciano, 1996), en tiempos extensos, y ritmos continuos y suaves, lo que no se da en general en las aulas formales, donde casi todo es plano y breve, en especial en lo que respecta a la Astronomía y su didáctica, y generalizable al resto de la enseñanza de las ciencias. Nuestra concepción es que debemos diseñar actividades que involucren observación, registro y sistematización de los datos, en un contexto real, sintiendo la relación corporal con el espacio tridimensional y el tiempo (no los conceptos surgidos de modelos newtonianos sino los que se sienten, sobre los que luego a través de los siglos se construyeron tales modelos), estando verdaderamente en la noche y el día, experimentando la miríada de efectos que podemos vivir (colores, frío, ansiedad, ruidos, extensión, pensamientos, miedos, y muchos más), lo que no sólo nos conmueve, sino que nos une de alguna manera con los compañeros que tengamos en esta tarea y con aquellos otros, a través de la Historia, quienes también vivenciaron el cielo quizás de modo similar o de maneras muy distintas, pero que hoy sólo los imaginamos cuando estudiamos su vida y obra en algún libro (Camino et al, 2014; Alves de Alcântara, 2006).

En nuestra propuesta sobre Didáctica de la Astronomía hemos trabajado desde siempre con la concepción de que Espacio y Tiempo son entes físicos, tomando como referencia el modelo newtoniano

clásico, independientes pero inseparables: es decir, el Espacio-Tiempo absoluto de Newton no implica que ambos conceptos puedan separarse, muy por el contrario, ambos juntos son el modelo y es esa idea la que nos permite imaginar el universo en el que vivimos, que estudiamos y enseñamos, por lo cual deben estar en la acción didáctica. (Camino, 1998, 1999).

Así, las actividades que diseñamos para la Didáctica de la Astronomía deben explicitar siempre, a nuestro entender, y en forma indisolublemente unida las características que cada proceso, fenómeno u objeto manifiestan en la dimensión espacial y en la dimensión temporal. Más aún, toda decisión (de recorte, didáctica, de focalización u otras) que tomemos en la dimensión espacial, tiene su contraparte en la dimensión temporal, y viceversa. Siempre unidas, jamás separadas, aunque independientes desde su ontología. Todo fenómeno puede ser leído, entonces, en ambas dimensiones, espacial y temporal, con características diferenciales. La Figura 1 es un esquema que da contexto general a lo expuesto para nuestra concepción sobre la Didáctica de la Astronomía, en particular la que desarrollamos “a ojo desnudo”.

3.2. Las raíces epistemológicas de una actividad experimental

La observación sistemática y crítica, la generación de preguntas, el registro y transformación de los datos, su análisis y la contrastación de hipótesis y conclusiones provisionales que se van construyendo, partes de un proceso dinámico y diverso, deben estar acompañadas de la concientización de que estamos transitando etapas de algún modo similares a las que llevaron a través de la Historia, y aún en nuestro presente moderno, a la construcción del conocimiento científico que hoy trabajamos en la didáctica puesta en juego en las aulas.

Es nuestra convicción que la Didáctica de la Astronomía debiera tener una parte importante de observación y experimentación (con la acepción que este concepto deba tener para diferenciarse de lo que significa en el contexto de la Didáctica de la

Física, o de las Ciencias Naturales en general). Asimismo, estamos profundamente convencidos que parte importante de lo que hace a nuestro trabajo en las aulas es cómo aprender a preguntar y, luego, cómo aprender a elaborar hipótesis de trabajo.

Para profundizar en los fundamentos epistemológicos de la Astronomía, un campo aún en desarrollo, necesario para comprender su inserción en la Didáctica de la Astronomía, recomendamos los trabajos de Anderl, 2015; Dick, 2013, 2020; Ellis, 2006; Lahiri, 2020.

Saber preguntar es la base de la construcción del conocimiento científico, es una condición indispensable, y anterior a saber elaborar hipótesis. Las preguntas deben ser elaboradas de modo tal que nos orienten a cómo continuar trabajando, buscando, aprendiendo, para recién después arriesgarnos a elaborar hipótesis y diseñar formas de contrastarlas con la realidad bajo estudio. No existe construcción de conocimiento sin curiosidad, sin preguntas, sin mirar a nuestro alrededor con ganas de ir más allá, con la posibilidad de generar explicaciones y

proyecciones que sabemos pueden ser provisorias (Freire, 2003; Flick, 2002, Novak et al, 1998).

Debemos además reconocer que hacer preguntas, elaborar hipótesis y contrastarlas requiere al menos de dos pre-requisitos fundamentales: conocer muy bien el mundo natural bajo estudio y razonar lógicamente, lo que puede lograrse a través de la observación sistemática intencional del cielo, en el caso de la Didáctica de la Astronomía, y de la práctica del razonamiento hipotético deductivo (Figura 1), en un contexto grupal de discusión abierta y respetuosa. Ninguna de las dos actividades es sencilla, y ambas requieren de tiempo, paciencia, constancia y mucha tolerancia, características éstas que también hacen al trabajo científico, desde siempre.

3.3. La toma de decisiones y los rangos de validez de las conclusiones

Es también nuestra convicción que no existe didáctica específica sin un ejercicio permanente en la toma de decisiones: no sólo debemos decidir qué recorte

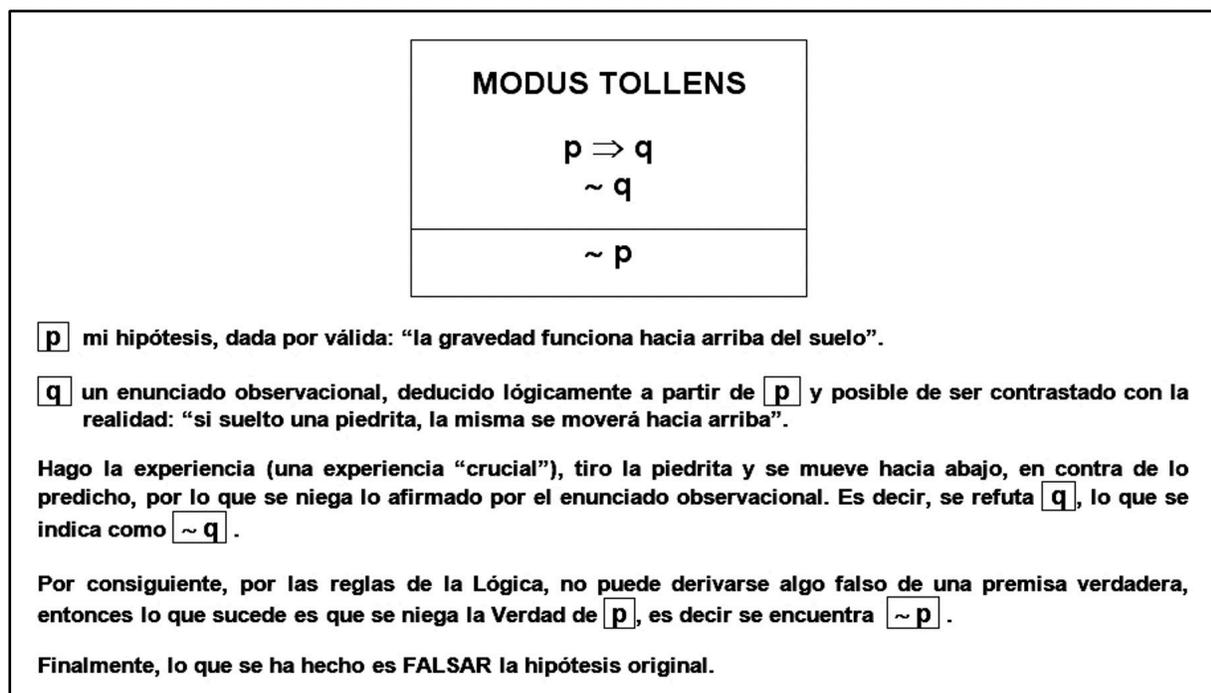


Figura 1. Razonamiento lógico básico hipotético deductivo.

Fuente: Autor.

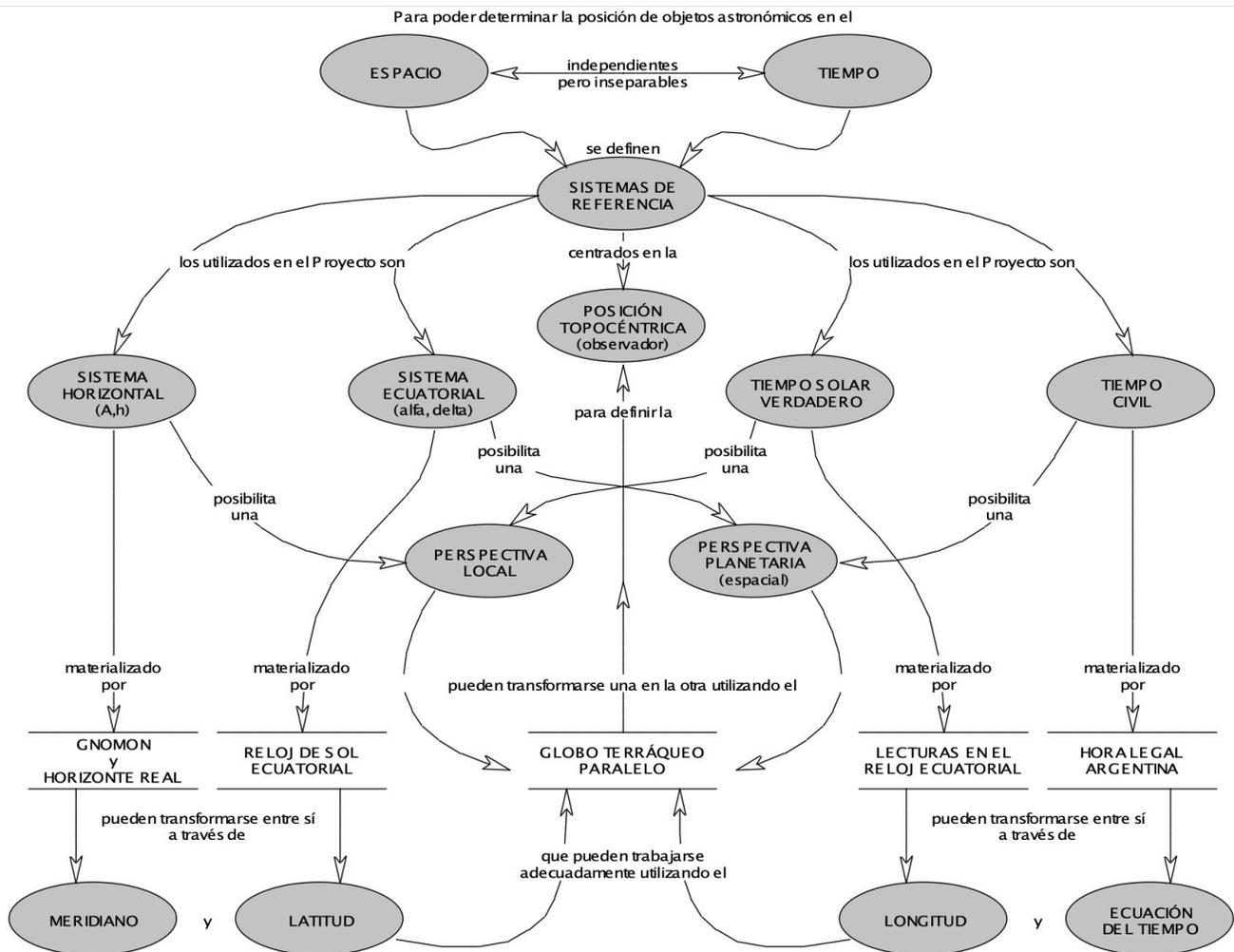


Figura 2. Esquema de síntesis de la relación Espacio-Tiempo en el contexto de la Didáctica de la Astronomía.

Fuente: Autor

de contenidos conceptuales realizar en cada caso, sino también qué formalismo matemático utilizaremos, cuál es el rango de incerteza experimental que aceptaremos, cuáles son las aproximaciones y simplificaciones conceptuales y metodológicas que haremos, hasta dónde profundizaremos la discusión acorde con las posibilidades e intereses de nuestros estudiantes, entre muchas otras decisiones surgidas en general del grupo de trabajo conformado por los docentes y estudiantes.

Las decisiones que tomemos, entonces, condicionarán a posteriori el tenor de las respuestas que

construyamos en cada caso, y darán un rango de validez a las conclusiones que elaboremos.

Es decir, sin perder relevancia ni rigurosidad, debemos ser conscientes de que todo proceso didáctico (y científico en general, es importante recordar) es válido en el marco de las asunciones y decisiones que se tomen, en un cierto contexto histórico y social (la comunidad científica en general, o un grupo de estudiantes en un aula particular). No hay procesos de construcción de conocimiento ni validaciones realizadas en absoluto ni para siempre.

3.4. Actividades vivencialmente significativas

En una época en que la concepción constructivista del aprendizaje es la visión dominante, al menos en el campo de la Enseñanza de las Ciencias Naturales, ha tenido fuerte desarrollo además la mirada ausubeliana de tal proceso, lo que ha dado en llamarse “aprendizaje significativo” (Ausubel et alii, 1983). David Ausubel propuso hace tiempo una serie de condiciones para la construcción de aprendizajes significativos, en síntesis: los materiales a utilizar debían ser lógicamente significativos (su estructura lógica interna), ser potencialmente significativos para el aprendiz (cierta sintonía entre los materiales y la psicología de quien aprende), y además debía contarse con la disposición de quien aprende (algo de enorme trascendencia, a pesar de la relativamente escasa atención que se le da).

En nuestro caso, buscamos que tales condiciones para el aprendizaje significativo estén satisfechas al diseñar y luego llevar a la práctica acciones concretas en la Didáctica de la Astronomía. Sin embargo, nos permitimos agregar una condición más, que se suma a las anteriores y estaría temporalmente a posteriori de las mismas: la actividad didáctica

propuesta debe ser “vivencialmente significativa” (Camino et al, 2017).

Consideramos (a partir de nuestra experiencia, vale decir) que los resultados en cuanto a la construcción de aprendizajes significativos en el campo de la Didáctica de la Astronomía son “mejores”, más profundos, más estables, a nuestro entender “más significativos”, cuando el aprendiz se involucra vivencialmente en los fenómenos y situaciones bajo estudio, observando, sintiendo, viviéndolo como propio, identificándose con el proceso. Cabe destacar que esta nueva condición refleja nuestra propia mirada sobre el quehacer didáctico, ya que nuestra especialidad es el trabajo a ojo desnudo, por lo que no deben interpretarse estos fundamentos como crítica o desvalorización de otras formas de enseñar Astronomía.

3.5 La creatividad de quien diseña una actividad didáctica

Estamos asimismo convencidos de que para diseñar actividades para la Didáctica de la Astronomía debemos ser creativos, no sólo en lo que respecta al planteo de la actividad en sí misma, sino sobre qué aspectos de la realidad haremos preguntas.

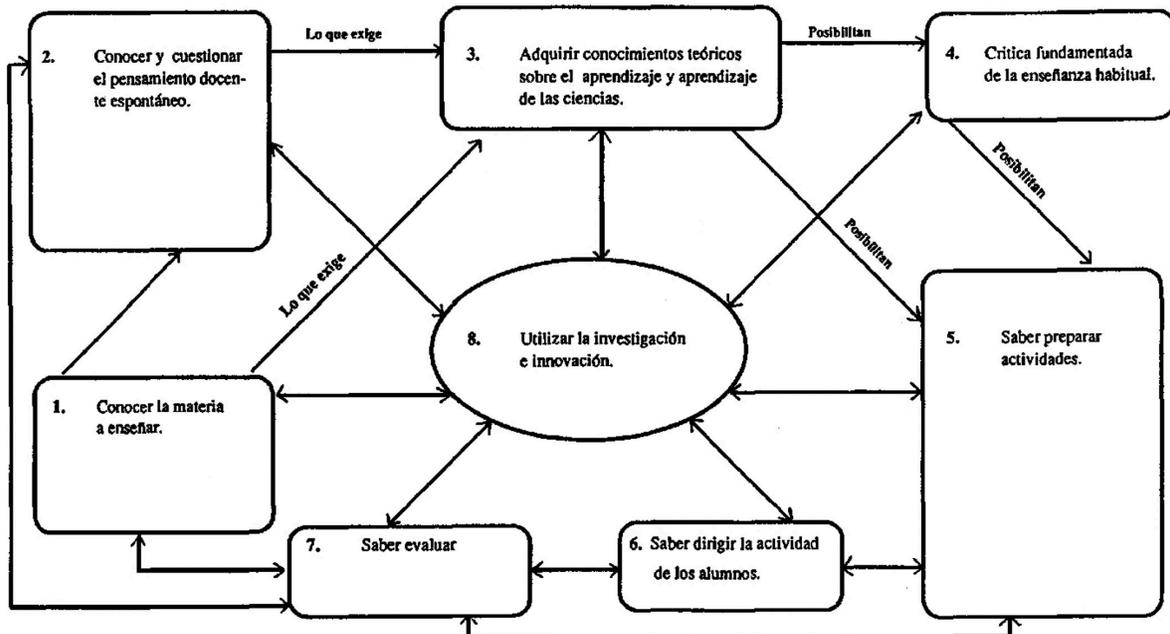


Figura 3. Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias.

Fuente: Gil Pérez, 1991

Consideramos que podemos y debemos preguntar sobre todo: sobre los fenómenos del cielo tanto como sobre lo cotidiano que nos rodea, podemos generar didáctica específica; de un eclipse, de las sombras de los objetos de nuestro entorno, del color de las estrellas, de la forma de las galaxias. No hay “recetas” ni temas más importantes que otros, eso depende de nosotros, del grupo de trabajo, del contexto institucional, de la oportunidad didáctica. La creatividad es también uno de los campos en que los docentes e investigadores en Didáctica de la Astronomía debemos formarnos, creemos que nadie “nace creativo”. Sin embargo, es una parte muy importante del diseño de actividades generar miradas distintas sobre conceptos y fenómenos que quizás sean clásicos, habituales en la enseñanza formal, cotidianos o “trillados”. Si no fuera así, estaríamos condenados a que la enseñanza de las fases de la Luna fuera un tema aburrido, sin nuevas preguntas ni motivación alguna para los más jóvenes.

Hace ya muchos años, casi treinta años, Daniel Gil Pérez (1991) discutía qué saberes deberíamos tener los profesores de ciencias (Figura 3). Tal discusión tiene aún plena vigencia (lo que debería llamarnos a reflexión, especialmente a quienes trabajamos en formación docente y en didácticas específicas). Gil Pérez indicaba como muy importante revalorizar la cualidad creativa de la función docente.

En acuerdo con el citado Autor, consideramos que asimismo en el diseño de actividades para una Didáctica de la Astronomía significativa la creatividad es un valor fundamental, apoyada esta característica en el conocimiento profundo de la disciplina y de los resultados y productos de la investigación en el campo específico.

4. Dos actividades “ejemplares” (en el sentido kuhniano)

Presentamos a continuación dos actividades diseñadas específicamente a partir de las consideraciones desarrolladas en los apartados anteriores.

Podemos considerar a las mismas como actividades “ejemplares”, en el sentido que lo expresa Thomas Kuhn (1992, Posdata, pp. 286-287):

“...las concretas soluciones de problemas que los estudiantes encuentran desde el principio de su educación científica, sea en los laboratorios, en los exámenes, o al final de los capítulos de los textos de ciencia. Sin embargo, a estos ejemplos compartidos deben añadirse al menos algunas de las soluciones de problemas técnicos que hay en la bibliografía periódica que los hombres de ciencia encuentran durante su carrera de investigación post-estudiantil, y que también les enseñan, mediante el ejemplo, cómo deben realizar su tarea. Más que otras clases de componentes de la matriz disciplinaria, las diferencias entre conjuntos de ejemplares dan a la comunidad una finísima estructura de la ciencia”.

Los dos ejemplos que presentamos muestran de qué manera podemos diseñar actividades didácticas que satisfagan todos aquellos componentes antes desarrollados, tanto en sus aspectos conceptuales propios de la Astronomía, como del tipo de razonamiento puesto en juego en su resolución, y también del tipo de discusiones compartidas que fomentamos se den al trabajar sobre tales actividades, explicitando las decisiones que vamos tomando en cada caso. Es decir, a través del trabajo que proponemos con estas actividades, se pone en evidencia qué elementos tiene y cómo funciona en la realidad nuestra visión sobre la Didáctica de la Astronomía (nuestro “paradigma”, en el sentido kuhniano).

Ambas actividades han sido implementadas principalmente en talleres de formación docente continua y de formación docente inicial, tanto para maestros de nivel primario como para profesores de nivel secundario de distintas especialidades. Fueron utilizadas además en otras oportunidades en charlas abiertas al público, con estudiantes de nivel secundario y con colegas de nuestra especialidad (astrónomos, investigadores en Enseñanza de la Astronomía, estudiantes de postgrado).

Las intervenciones fueron en formato taller, como se indicó, y las actividades fueron diseñadas específicamente para generar un proceso de discusión fundamentada entre pares, en pequeños grupos inicialmente y luego en plenario, con la orientación

del Autor, quien permanentemente dialogaba con los participantes, aclaraba dudas, coordinaba la discusión, entre otras funciones naturales de esta modalidad de trabajo. Los aprendizajes construidos al implementar estas actividades no fueron evaluados a posteriori, porque los talleres implementados implicaban una única posibilidad de contacto con los participantes (en distintas ciudades y países, como instancias de capacitación breves, aunque intensas en el tiempo, entre otros factores); así, no hubo evaluación post-implementación, pasado un cierto tiempo, más allá de los contactos casuales con algunos de los participantes.

Es importante llamar la atención sobre que los participantes se incorporaron al taller en forma voluntaria, como parte de acciones de formación o capacitación, y que en general ya habían tenido al menos algún acercamiento a los elementos básicos de la Astronomía (coordenadas horizontales, fenómenos cotidianos, entre otros), o bien habían tenido en su formación alguna reflexión sobre la enseñanza de las ciencias y de la Astronomía. En los casos en que estos acercamientos no fueran suficientes, el trabajo entre pares y el acompañamiento del coordinador hacían posible el desarrollo del

taller, integrando miradas diversas que en definitiva enriquecían el trabajo compartido.

Al iniciar el trabajo de aula, la dinámica de participación es muy intensa, y en general, luego de pasado un primer momento de incertidumbre y “extrañeza” ante el tenor de la actividad, cuando finalmente se avanza en la resolución de las actividades propuestas, se nota con mucha claridad que el trabajo colaborativo, la discusión en grupo y la puesta a prueba de diversidad de hipótesis van haciendo que los participantes comprendan de qué se trata lo que se les propone y finalmente lleguen con mucha satisfacción a conclusiones que al principio ni imaginaban que podrían elaborarse.

Se presentan a continuación ambas actividades, en cada caso con el análisis de las principales dificultades, errores y avances realizados por los participantes a lo largo de los muchos talleres realizados, mostrándose un posible camino de resolución de cada actividad (propio del Autor, no único) y finalmente se da una breve discusión crítica de las dificultades y de los principales puntos de valor que a nuestro criterio tienen las mismas.

Los invitamos, por supuesto, a llevarlas a la práctica y a transformarlas según sus propios criterios, ya



Foto 1. Una farola esférica de alumbrado público, iluminada por el Sol.

Fuente: Autor.

que de eso se trata el quehacer compartido de la didáctica específica en general, y de la Didáctica de la Astronomía en especial.

4.1. Actividad “Sobre el estado de iluminación de una esfera lisa y de la Luna”

En la Foto 1 se muestra una luminaria muy común en el servicio de alumbrado público, con forma de esfera blanca, al estar iluminada por el Sol. ¿En qué fase debería estar la Luna si nuestro satélite estuviera en el cielo en el mismo instante en que fue tomada la foto de la luminaria? ¿A qué hora fue tomada esta foto?

Estimación de la altura angular del Sol

Como todo cuerpo con forma esférica (asumida perfecta a los fines de esta actividad), la esfera lisa de la luminaria (lisa no significa blanca, sino que no tiene ninguna marca, referencia, orientación u otra, de ningún tipo, Camino et al., 2020) de la luminaria, al estar en el mega espacio cercano al Sol, tiene una mitad iluminada y una mitad no iluminada (lo mismo ocurre con la Luna, con la Tierra, con un planeta): la línea de separación entre ambas mitades es lo que se denomina “terminador”. Esta línea es un círculo máximo, definido por la intersección del plano de iluminación proveniente del Sol (asumido como frente de onda plano, dada relación entre la distancia Tierra-Sol y el entorno espacial en el que se desarrolla esta experiencia) y la superficie esférica

de la luminaria.

Es justamente esta línea en el espacio la que nos permitirá estimar la dirección hacia el Sol, y consecuentemente su altura angular sobre el horizonte (astronómico) del lugar: la perpendicular al plano que contiene al terminador da la dirección hacia el Sol y, prolongada hasta su intersección con el suelo, da la altura angular buscada.

En la Figura 4 se representa la situación descrita, obteniéndose así una altura angular de aproximadamente 8° para el Sol en el instante en que se tomó la foto.

Primera discusión sobre la fase de la Luna en el instante de la foto

La actividad requiere de concluir cuál sería la fase de la Luna, si la misma estuviera en el cielo en el mismo instante en que la farola presenta el estado de iluminación que se registró en la foto.

En la mayoría de los talleres en que hemos utilizado esta actividad la interpretación inmediata que hacen los participantes es que la Luna tiene la misma fase que vemos en la farola, es decir: un cuarto, cualquiera ya fuera menguante o creciente, lo cual no es correcto.

Es decir, se asume que la farola se ve bajo una cierta “fase”, y se asigna la misma fase a la Luna, sin discutir las múltiples posiciones de nuestro satélite en el cielo, diferentes de la posición de la farola con respecto al observador (el fotógrafo).

La actividad no afirma, ni sugiere siquiera, que

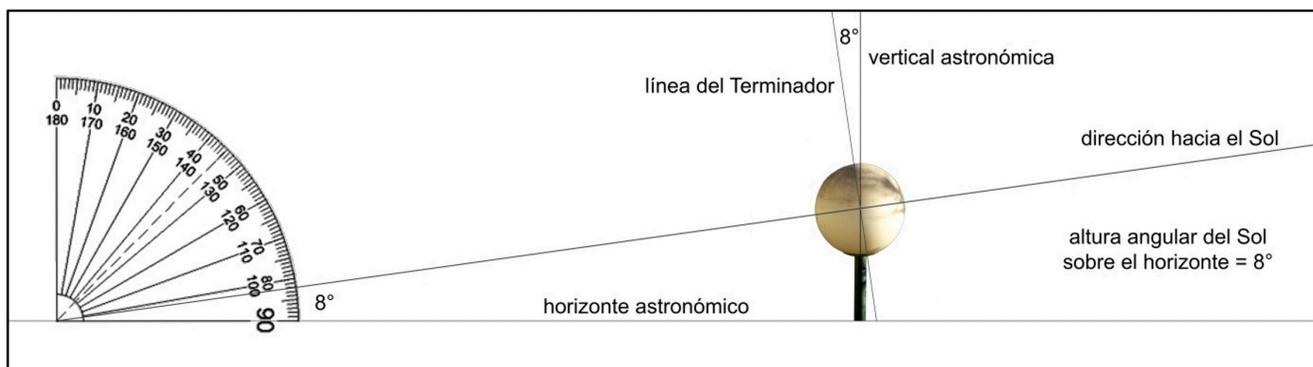


Figura 4. Estimación de la altura angular del Sol a partir del estado de iluminación de la esfera lisa.

Fuente: Autor.

ambas fases (la de la farola en la foto y la de la Luna en el cielo local) sean iguales: no se indica en ninguna parte que la Luna, si estuviera presente en el cielo, debería verse tal como aparece la farola para el observador que tomó la fotografía.

Es decir: la Luna debería estar en el cielo, en cualquier lugar, en cualquier fase, la pregunta es si a partir de la foto podríamos estimar en qué posición y en qué fase. Vale decir que no hay una única respuesta a esta pregunta, tendremos que construir la respuesta que más nos satisfaga a partir de los fundamentos y elecciones (espacio-temporales, en principio) que decidamos tomar.

Sin embargo, del análisis de la Figura 4 sí se podría concluir algo “absoluto” (en el sentido de “común para todos los participantes y discusiones posibles”): si la fase de la Luna fuera Llena, debería estar diametralmente opuesta al Sol, con una altura angular de -8° , y por consiguiente no estaría en el cielo visible por encima del horizonte, cual es la condición impuesta por la consigna de la actividad. Por esto, podemos afirmar que, en el instante de la foto, la Luna no está en la fase Llena. Hemos “eliminado”

una fase lunar del conjunto de posibles soluciones.

Vinculación Tiempo-Espacio: ¿a qué hora habrá sido tomada la foto?

Dada la altura angular del Sol, 8° , tal como se concluyó del primer análisis, pareciera ser claro que la foto debiera haber sido tomada cerca de la salida del Sol o bien cerca de su puesta. Vale entonces aclarar que para hacer tal afirmación debemos asumir cierta latitud geográfica del lugar de observación: en nuestro caso, la foto fue tomada en la ciudad de San Juan, Argentina, a unos 31° Sur.

La actividad puede desarrollarse de todos modos (en otras regiones de Latinoamérica, por ejemplo), aunque las consideraciones pueden variar según fuera la latitud asumida por el grupo de participantes, ya que tal información no se da como dato. Esta aclaración acota el rango de posibles soluciones, ya que, si la foto hubiera sido tomada en latitudes muy altas, podría ser que la Luna tuviera esa altura angular (8°) y que el momento del día no fuera cercano a la salida o puesta del Sol.



Foto 2. La foto fue tomada el 16 de octubre de 2013, en la ciudad de San Juan, durante la realización de la 13ª Reunión Nacional de Educación en la Física (REF XIII), por la tardecita, a poco de su salida, y a dos días aproximadamente de entrar en la fase Llena.

Fuente: Autor.

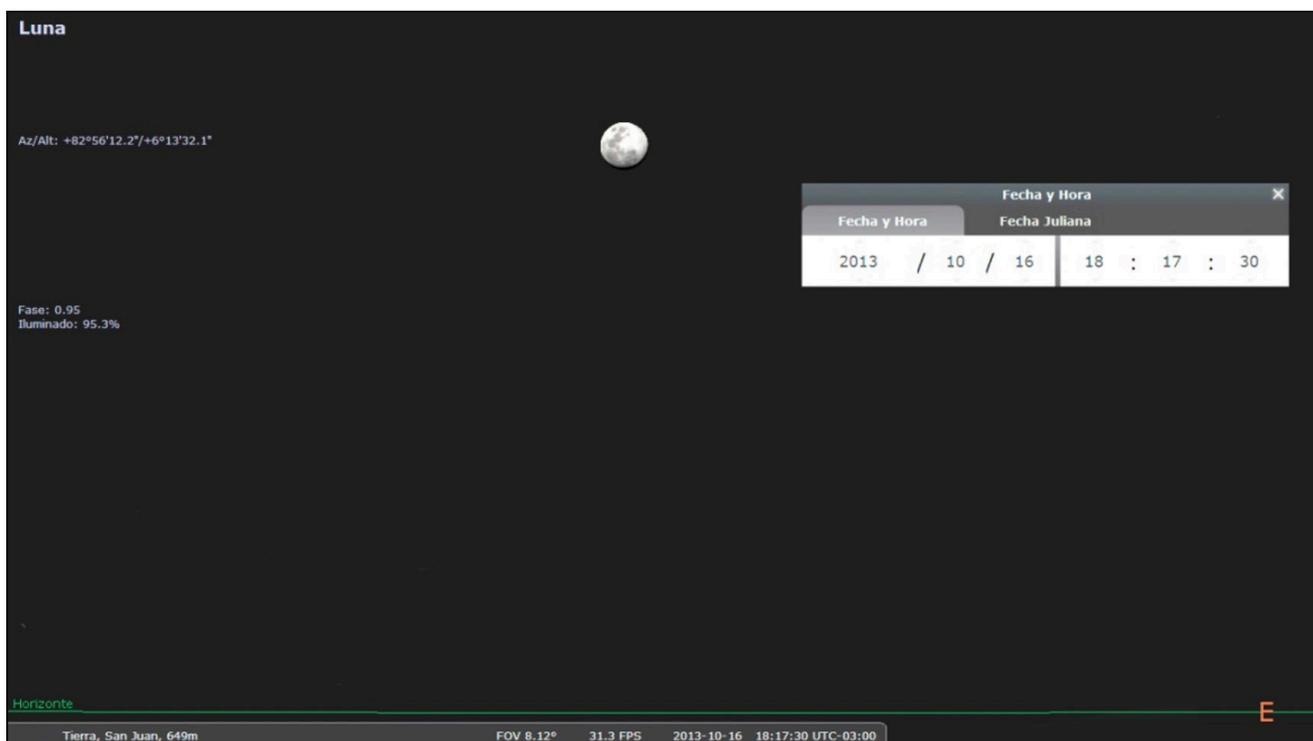


Figura 5. Captura de pantalla editada del software Stellarium, con la Luna en el instante de la foto.

Fuente: Autor.

Retomando entonces el razonamiento inicial, habría dos soluciones posibles: cerca de la salida del Sol o cerca de la puesta del Sol (“cerca” remite a “próximo en el tiempo”). Debemos tomar una decisión, optando por uno de los dos instantes, para continuar con el desarrollo de la actividad, lo que condicionará luego las posibilidades en cuanto a la ubicación espacial y la fase de la Luna.

Si la foto hubiera sido tomada poco después de la salida del Sol, y por estar la Luna en un estado de iluminación menor al 100%, la fase debería ser un menguante en sus primeras etapas (unos dos días después de Luna Llena), y la Luna debería estar hacia la región Oeste del horizonte. Viceversa, si la foto hubiera sido tomada poco antes de la puesta del Sol, la fase debería ser un creciente en sus últimas etapas (unos dos días antes de Luna Llena), y la Luna debería estar hacia la región Este del horizonte.

Dada la información que brinda la foto, ¿existe una única respuesta a las preguntas de la actividad? ¡¡No!! Hay dos conjuntos de respuestas: podría ser una Luna en fase menguante, tomada poco después

de la salida del Sol, o bien podría ser una Luna en fase creciente poco antes de la puesta.

¿Existe una forma de dilucidar cuál de las dos soluciones “es” la real (real en el sentido de que la foto es real)? ¡¡Tampoco!! Así también sucede muchas veces en el proceso de construcción de la ciencia, y se requiere entonces obtener registros observacionales independientes de los anteriores, para lograr así depurar las posibles soluciones a una pregunta o hipótesis de investigación.

La decisión que tomemos sobre la dimensión temporal (amanecer o atardecer), vinculará indisolublemente a la dimensión espacial (fase de la Luna y ubicación). Sin embargo, la foto no es ficticia; pero la información que brinda la actividad no es unívoca, sino que permite dos respuestas, y ambas representan realidades físicas posibles. La Foto 2 y la Figura 5 muestran la “realidad” de la situación planteada.

Nótese que la farola de la foto original está vista “de costado”, y que se nota claramente que la porción no iluminada de la misma coincide con la porción



Foto 3. Nubes y sus sombras proyectadas sobre el suelo, fotografiadas desde un avión.

Fuente: Autor.

no iluminada de la Luna (abajo en ambas). Luna y farola, ambas, iluminadas por el Sol.

4.2. Actividad “A partir de las sombras de nubes”

A partir de la Foto 3 siguiente, tomada desde un avión de Aerolíneas Argentinas viajando sobre la Patagonia desde Buenos Aires rumbo a Esquel se trata de responder a las siguientes preguntas.

¿Qué altura angular tenía el Sol, aproximadamente, en ese momento? ¿Sería posible estimar aproximadamente la hora a la que fueron tomadas estas fotos? Si consideramos que la altura angular y la hora dentro del día, antes estimadas, fueran un dato, ¿sería posible estimar la estación y el día en que fueron tomadas las fotos? ¿Dónde estaba sentado quien tomó

esta foto: ventanilla izquierda o ventanilla derecha? Esta actividad, utilizada en especial con estudiantes de profesorado y con docentes de todos los niveles, así como con otros participantes de perfil similar a lo presentado en la anterior actividad, nos ha resultado de gran utilidad para generar encendidas discusiones y muy interesantes procesos de generación de preguntas, de planteo de hipótesis, y de búsqueda de contrastación de las mismas con el hecho de que la foto muestra un hecho físico real, no es una simulación ni un experimento mental.

Sin embargo, al principio del trabajo, recién planteada la actividad, la primera reacción es, casi siempre, de sorpresa, de extrañeza, como si estuviéramos preguntando por el color de ojos del piloto del avión, como si ésta no fuera una actividad didáctica



Figura 6. La ruta aérea, simplificada como una línea recta entre los puntos de partida y llegada.

Fuente: Autor.

sería diseñada para el aprendizaje de conceptos de Astronomía.

El primer paso es imaginar la ruta aérea, ubicándonos en la situación de quien tomó la foto bajo estudio. Si bien sabemos que ninguna ruta aérea es una línea recta perfecta, a los fines de este ejercicio asumiremos (tomamos una decisión) que la trayectoria del vuelo fue un segmento de recta entre Buenos Aires y Esquel, cuyo rumbo aproximado es Noreste-Suroeste, como se indica en la Figura 6. Es claro que este ejercicio no depende de que el Autor tomó la foto sobre Argentina, ya que el mismo puede ser realizado con otras fotografías tomadas

en vuelos sobre cualquier región, Brasil, Colombia, etc., aunque en todos los casos deberemos tomar decisiones sobre la geometría de la trayectoria del vuelo, sobre la latitud en el momento de tomar la foto, etc.

Estimación de la altura angular del Sol sobre el horizonte

Quizás la principal dificultad que surge al analizar la foto bajo estudio es que la misma fue tomada “hacia abajo” pero no perpendicular al suelo, por lo que en la imagen hay que tratar de interpretar cuál

es el ángulo que forma la luz del Sol con el suelo, sin contar con la ayuda de ningún ángulo recto. Así, deberemos tomar varias decisiones, algunas físicas y otras didácticas, todas quizás discutibles (Figura 7). El primer paso es unir los centros de las dos nubes (indicado como 1) y luego unir los centros de sus respectivas sombras (indicado como 2). Este paso requiere de elegir (decidir) cuál sería el centro de cada nube y cuál el centro de cada sombra; en ambos casos, la elección es arbitraria, por criterio personal o del grupo de trabajo.

Luego, uniremos cada centro de nube con el centro de su respectiva sombra (indicado como 3). Este paso se fundamenta en la propagación rectilínea de la luz, ya que Sol-nube-sombra están en una misma línea recta; así, esta elección ya no es arbitraria, sino que está basada en una propiedad física

válida en la descripción actual del mundo físico, del estudio de la Luz (Camino, 2014), y esencial para la Astronomía.

Hasta aquí, las decisiones tomadas no han sido muy conflictivas: luego de discutir un tiempo, los participantes en esta actividad rápidamente acuerdan con estos pasos. Sin embargo, no es así cuando se busca decidir desde qué ángulo con respecto al suelo (al horizonte astronómico) estaría llegando la luz del Sol (su altura angular).

El hecho de no contar con ángulos rectos que nos ayuden a tomar una referencia unívoca hace que este punto de la actividad sea muy conflictivo (y muy rica la discusión que se genera). La foto no ofrece una separación cielo-tierra, lo que impide tomar una horizontalidad al menos aproximada. Asimismo, la supuesta cuadrícula de los sembrados

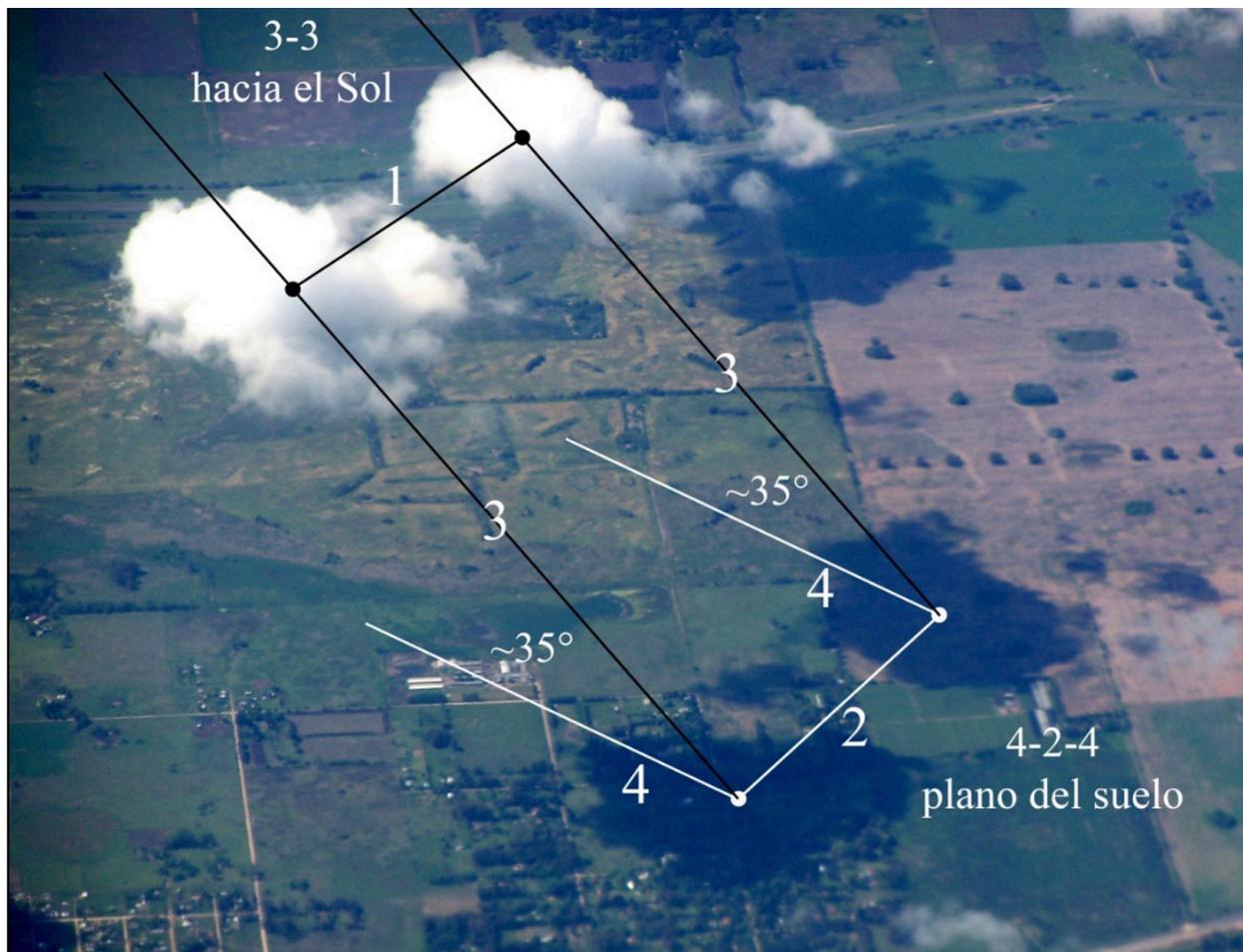


Figura 7. La geometría de la luz del Sol, las nubes y sus respectivas sombras sobre el suelo.

Fuente: Autor.

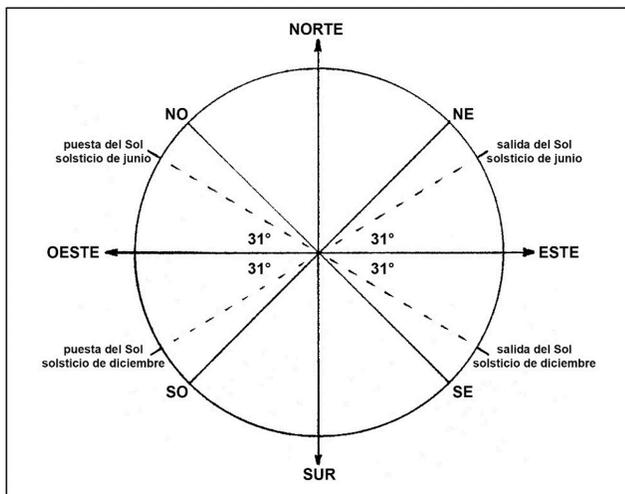


Figura 9. Esquema que muestra la máxima variación en Acimut para las salidas y puestas del Sol, calculada para una latitud de 39°.

Fuente: Autor.

una latitud de 39° Sur, a partir de trabajar con trigonometría esférica sobre la esfera celeste, tal como es habitual en Astronomía de Posición. La Figura 8, muestra el triángulo esférico cuyos vértices son

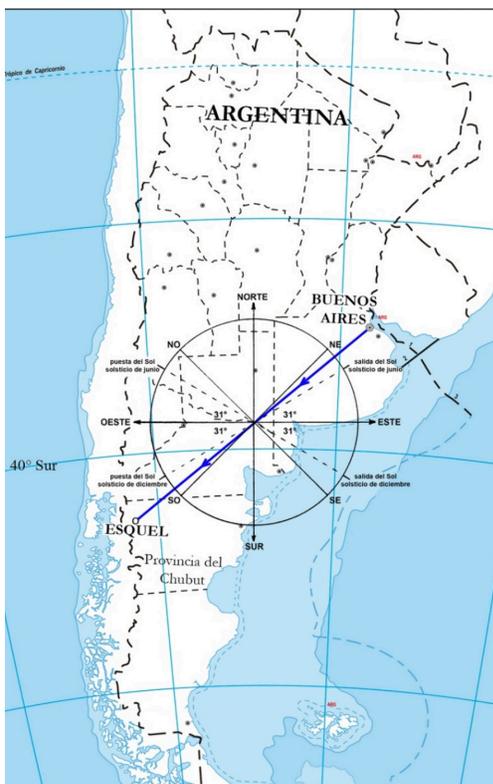


Figura 10. Esquema que muestra la amplitud en Acimut de salidas y puestas del Sol, superpuesta a la ruta aérea, para una latitud de 39° Sur.

Fuente: Autor.

el Polo Sur celeste y las dos puestas de Sol (en los equinoccios y en el solsticio de diciembre), lo que dará la amplitud en Acimut máxima posible para tal latitud (Camino et al, 1997).

Resolviendo el triángulo esférico en gris, llegamos a la siguiente relación:

Para una latitud de 39° Sur (lo mismo sería para la latitud de 39° Norte), la máxima amplitud en Acimut para salidas y puestas del Sol con respecto a los puntos cardinales Este y Oeste, respectivamente, es de casi 31°.

Es decir, jamás el Sol saldrá por el Noreste en invierno ni por el Sureste en verano (puntos a 45° del Este), ni se pondrá por el Noroeste en invierno ni por el Suroeste en verano (puntos a 45° del Oeste), para una latitud como la que estudiamos.

Este resultado nos dará la posibilidad de restringir fuertemente las posibles respuestas que demos a las preguntas planteadas por la actividad a partir de la fotografía de las nubes y sus sombras. La Figura 10 muestra el mapa con la ruta aérea, con el esquema de la variación en Acimut de la Figura 9 superpuesto a él.

¿Verano o invierno, mañana o tarde, ventanilla derecha o ventanilla izquierda?

En la Figura 11 se presenta la situación física que correspondería a suponer (una hipótesis) que la foto fue tomada desde la ventanilla derecha del avión en su vuelo a Esquel. Si así fuera, esto restringiría fuertemente la posición del Sol en el cielo, el instante de tiempo dentro del día y la época del año; si alguna de estas posibles restricciones mostrara algún tipo de imposibilidad (un absurdo, ver Figura 2), la hipótesis sería falsa, y deberíamos realizar un análisis similar para la ventanilla izquierda. Veamos. El sector en rojo indica los distintos valores del Acimut del Sol en las puestas, desde el extremo más al norte, durante el solsticio de junio, hasta el extremo más al sur, durante el solsticio de diciembre, pasando por el punto medio, el Oeste, durante los equinoccios. No hay otro punto sobre el horizonte astronómico por el cual se ponga el Sol, para una latitud aproximada de 39° Sur, en ningún día del año.

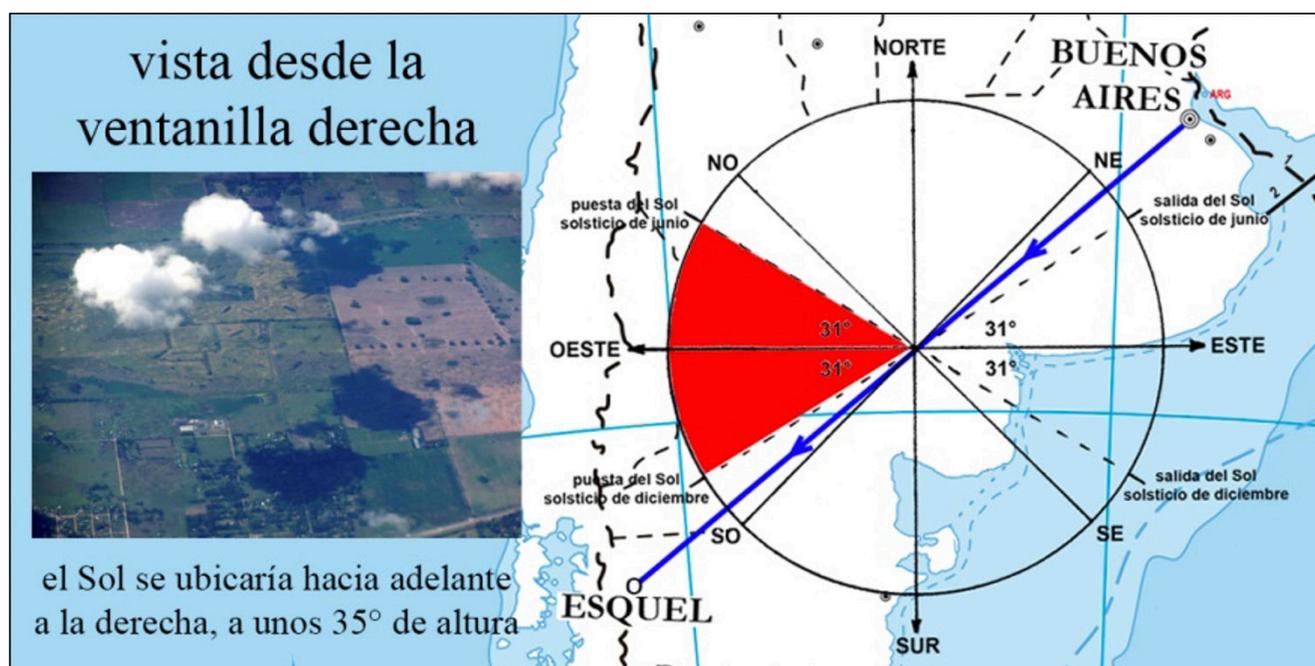


Figura 11. Análisis de la situación bajo estudio focalizando sobre la ventanilla derecha.

Fuente: Autor.

El sector en rojo indica que, si el Sol se ubicara allí, su altura sobre el horizonte debería ser muy baja, ya que se aproxima a la puesta. En particular, la mitad norte del sector en rojo, correspondiente a otoño e invierno, indicaría que al mirar por la ventanilla derecha el Sol debería ya haberse puesto, y la mitad sur del sector en rojo, correspondiente a primavera y verano, indicaría que al mirar por la ventanilla derecha el Sol debería tener una altura cercana a 0° . Podríamos concluir, sin mayor esfuerzo, que en ningún caso mirando por la ventanilla derecha, con el Sol yendo hacia la puesta, veríamos la foto bajo estudio: con un Sol iluminando nubes desde una altura de unos 35° , hacia la derecha de la ventanilla y muy hacia adelante de la ruta del avión en el que viajamos.

Es decir, dado que la hipótesis (“la foto fue tomada desde la ventanilla derecha”) lleva luego de un razonamiento deductivo a que entonces el Sol debería estar cerca de la puesta, lo que claramente no coincide con el estado de iluminación de las nubes y sus respectivas sombras en la foto (dicho de otro modo: en ningún día del año, en una latitud como la tomada como referencia, el Sol se ubicaría en

esa posición en el cielo del sector oeste), podemos concluir entonces que “la foto no fue tomada desde la ventanilla derecha”.

En la Figura 12 se presenta la situación física que correspondería a suponer (otra hipótesis) que la foto fue tomada desde la ventanilla izquierda del avión en su vuelo a Esquel. También así se restringiría fuertemente la posición del Sol en el cielo, pero ya sabiendo que sólo será posible ubicarlo en la región que da hacia el Este, ya que la falsación de la hipótesis anterior eliminó todas las ubicaciones hacia el Oeste.

El sector en azul indica los distintos valores del Acimut del Sol en las salidas, desde el extremo más al norte, durante el solsticio de junio, hasta el extremo más al sur, durante el solsticio de diciembre, pasando por el punto medio, el Este, durante los equinoccios. No hay otro punto sobre el horizonte astronómico por el cual salga el Sol, para una latitud aproximada de 39° Sur, en ningún día del año.

Del primer análisis de esta Figura, rápidamente podemos concluir que la foto fue tomada antes del mediodía solar verdadero, ya que la ventanilla derecha

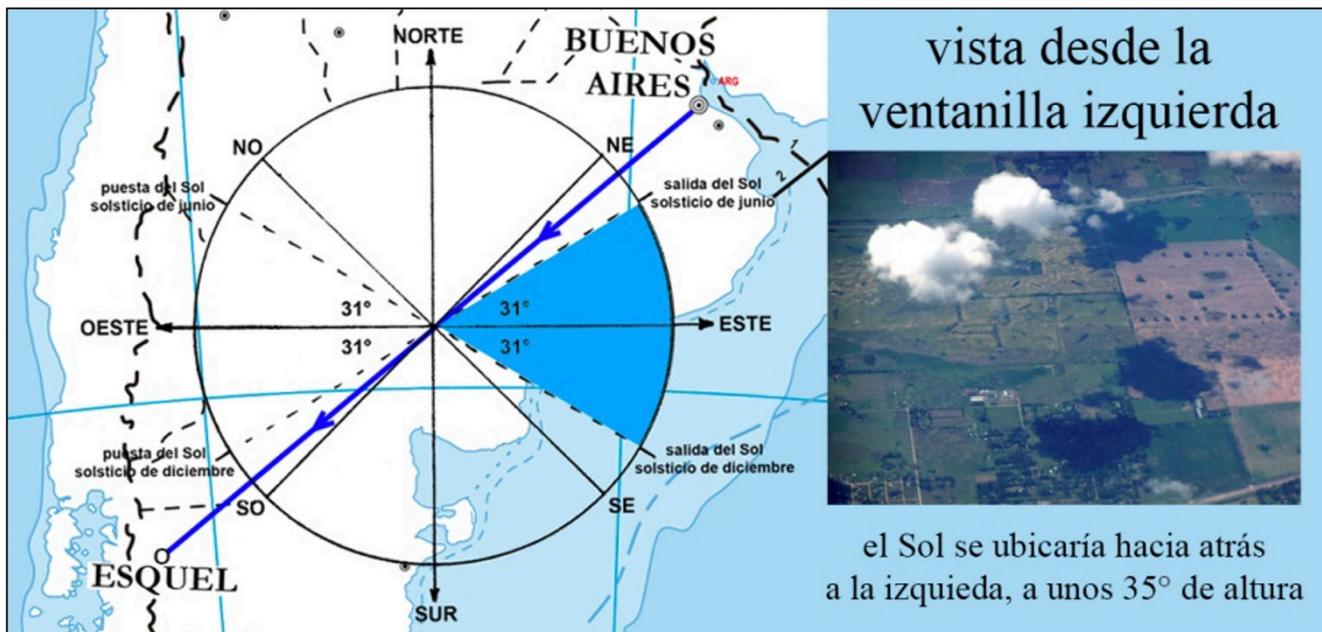


Figura 12. Análisis de la situación bajo estudio focalizando sobre la ventanilla derecha.

Fuente: Autor.

no “ve” la zona norte del cielo, sino sólo la parte que va desde el Sur al Este. Estas restricciones en la dimensión espacial (en Acimut) llevan solidariamente a restringir las posibilidades en la dimensión temporal: la foto no pudo haber sido tomada en otro momento que, por la mañana, entre el amanecer y bastante antes del mediodía solar.

Por otra parte, si el Sol se ubicara en la mitad norte del sector en azul, correspondiente a otoño e invierno, indicaría que al mirar por la ventanilla izquierda éste aún no habría salido o estaría recién asomando; en ningún caso, en este medio sector azul norte, el Sol tendría una altura angular sobre el horizonte de 35° .

La mitad sur del sector en azul, correspondiente a primavera y verano, indicaría que al mirar por la ventanilla derecha, casi perpendicular a ella, el Sol debería ya haber salido (solsticio de diciembre) o bien estar recién salido. Sin embargo, la foto indica que desde la ventanilla no se ve el Sol directamente, sino que el mismo está hacia atrás a la izquierda, por lo que debió haber salido hace un buen rato, lo que implicaría entonces que la fecha de la foto debería ser cercana al solsticio de diciembre: es decir, salió temprano y remonta en el cielo a una altura

media bastante antes del mediodía solar verdadero, lo que es típico de finales de la primavera e inicio del verano, para una latitud como la tomada para esta actividad (39° Sur).

De acuerdo con lo antes expuesto, podríamos afirmar que la foto podría haber sido tomada durante la mañana, antes del mediodía solar verdadero local, en una época que va desde la segunda mitad de la primavera hasta la primera mitad del verano (desde principios de noviembre a principios de febrero, muy aproximadamente).

Podemos decir, entonces, que la hipótesis “la foto fue tomada desde la ventanilla izquierda” ha sido corroborada, lo que trajo como consecuencias lógicas varias otras afirmaciones, referidas a la época del año y al instante dentro del día, en que el observador registró estas nubes y sus sombras (vale decir, siendo honestos, que no pudimos averiguar finalmente cuál era el color de los ojos del piloto...). La foto fue tomada por el Autor, el día 10 de octubre de 2010, a las 10 horas 51 minutos, en un vuelo regular de Aerolíneas Argentinas, sobre la región entre las provincias de Buenos Aires y Neuquén (latitud de 39° Sur, longitud de 64° Oeste, aproximadamente),

desde la ventanilla izquierda. Según el software Stellarium, la posición del Sol en ese momento era acimut = 51° y altura = 46° , aproximadamente. Es decir, el Sol estaba hacia atrás y levemente a la izquierda de la dirección de vuelo, a una altura un poco mayor que la estimada.

¿Cómo evaluamos la diferencia entre estos datos reales y los deducidos a partir del proceso realizado al resolver la actividad? Hay una diferencia de varios días con respecto a la época del año, de casi diez grados en la altura angular estimada, y algo menos de diferencia con el Acimut estimado del Sol y con la deducción sobre el instante en que se tomó la foto. El conjunto de incertezas en los resultados obtenidos de esta actividad es, para nosotros, muy satisfactorio, con rangos de valores pequeños según nuestro criterio y acordes con nuestros objetivos didácticos. Sin embargo, cada uno de nosotros podría haber obtenido respuestas diferentes y rangos de incertezas distintos, de acuerdo con las decisiones que tomáramos (estimación de ángulos y direcciones espaciales, intervalos temporales, etc.). De todos modos, la evaluación de esta actividad es, también, motivo de discusión, abierta, propia de quienes la utilicen; ¡¡ese fue siempre su objetivo!!

5. Comentario final

Hemos querido mostrar en este trabajo de qué manera un conjunto de criterios que son propios de nuestra práctica en Didáctica de la Astronomía se ponen de manifiesto en el diseño de actividades para el aula: relación espacio-temporal, interacción con el entorno natural cotidiano, involucrarse vivencialmente en la toma de decisiones y búsqueda de la creatividad, tendiendo al tan ansiado cambio didáctico en nuestras prácticas.

Nubes, sombras y objetos iluminados por el Sol vemos todos los días, sin embargo, observarlos con intencionalidad didáctica y transformarlos en objeto de estudio para el diseño de actividades de aula es lo que no hacemos todos los días; sin embargo, es posible, sólo tenemos que intentarlo.

Es nuestra convicción que todos podemos convertir

cualquier situación natural en el entorno astronómico en el que vivimos en una oportunidad para llevar a nuestras aulas actividades experimentales, que pongan en juego nuestra sensibilidad y nuestra capacidad de asombro, de razonamiento, de generar preguntas e hipótesis, de arriesgar respuestas, trabajando con otros para construir conocimiento, y así retornar una y otra vez a contemplar activamente, como personas y como educadores e investigadores, toda la belleza del universo en el que vivimos. Este es el desafío para quienes somos Didactas de la Astronomía.

5. Referencias

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín, IZQUIERDO AYMERICH, Mercè. (2002). "Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma". **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vol. 1, N°3, pp. 130-140.
- ALVES DE ALCÂNTARA, Laryane, ALEXANDRE FREIXO, Alessandra. (2016). "O céu noturno como cenário do tempo: uma possibilidade para o ensino de astronomia". **Revista Góndola, Ensino y Aprendizaje de las Ciencias**. e-ISSN: 2346-4712 • Vol. 11, No. 1. pp 70-85. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n1.a5.
- ANDERL, Sibylle. (2015). "Astronomy and Astrophysics in the Philosophy of Science". arXiv:1510.03284. [physics.hist-ph]
- AUSUBEL, David, NOVAK, Joseph, HANESIAN, Helen. (1983). **Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo**. Ed. Trillas, Segunda edición, México.
- CAMINO, Néstor, ROS, Rosa María. (1997). "¿Por dónde sale el Sol?". **Revista Educación en Ciencias**, vol. 1, núm. 3, pp. 11 a 17. Buenos Aires, Argentina.
- CAMINO, Néstor. (1998). **Fichas de trabajo del Proyecto de Investigación "Espacio y Tiempo en EGB2 y EGB3. Aspectos conceptuales y didácticos de la determinación del espacio y el tiempo**

- mediante la construcción de un reloj de Sol". Complejo Plaza del Cielo, Esquel, Argentina.
- CAMINO, Néstor. (1999). "Sobre la Didáctica de la Astronomía y su Inserción en EGB", 1999. En Kaufman, M. y Fumagalli, L., **Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y Propuestas Didácticas**. Ed. Paidós, BA, Argentina. pp. 143-173.
- CAMINO, Néstor. (2012). "La Didáctica de la Astronomía como campo de investigación e innovación educativas". En Bretones, P. (comp.), **Actas elect. del I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia** (SNEA I). RJ, Brasil.
- CAMINO, Néstor, LANCIANO, Nicoletta. (2013). "Cómo es Esquel desde arriba. El macro espacio en la mente y en la hoja". **Actas del Congreso Internacional de Geografía**, 74ª Semana de Geografía y 28º Simposio de Educación. GAEA-Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Boletín N°132, Especial. Buenos Aires, Argentina. ISSN 0325-2698. pp. 55-67.
- CAMINO, Néstor, TERMINIELLO, Cristina. (2014). "Escuelas a cielo abierto. Experiencias posibles sobre Didáctica de la Astronomía en escuelas públicas". Capítulo del libro **Ensino de Astronomia na escola. Concepções, ideias e práticas**. Organizador: Marcos Daniel Longhini (UF Uberlândia). Editora: Átomo, Brasil. ISBN 978-85-7670-239-9. pp. 423-441.
- CAMINO, Néstor. (2014). "La luz en el universo actual". Capítulo del libro **Radiaciones. Una mirada multidimensional**, del Programa "Escritura en Ciencias – 2013", Instituto Nacional de Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación. 2014. ISBN 978-950-00-1046-7.
- CAMINO, Néstor, PAOLANTONIO, Santiago. (2017). "Eclipses de cuando éramos chicos. Recuerdos vivencialmente significativos sobre eclipses de Sol en adultos mayores." **Revista Latinoamericana de Enseñanza de la Astronomía** (RELEA). N° 24, p. 69-101.
- CAMINO, Néstor, LANCIANO, Nicoletta, TERMINIELLO, Cristina. (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** (RevIn). Volume 1 – publicação Contínua. e-ISSN 2675-4258. Disponible em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/252>
- CASTIBLANCO, Olga Lucía, VIZCAÍNO, Diego Fabián. (2009). "¿Qué es la Didáctica de la Física?". **X Conferencia Interamericana de Educación en Física**. U de Antioquia, Medellín, Colombia.
- CASTIBLANCO, Olga Lucía, NARDI, Roberto. (2018). "What and how to teach didactics of physics? An approach from disciplinary, socio-cultural, and interactional dimensions". **Journal of Science Education**, v. 19, n. 1.
- DICK, Steven J. (2013). **Discovery and classification in Astronomy. Controversy and consensus**. Cambridge University Press. NY, USA.
- DICK, Steven J. (2020). "The Philosophy of Astronomy, Cosmology and Astrobiology: A Preliminary Reconnaissance". En: **Space, Time and Aliens**. Collected Works on Cosmos and Culture. Springer, NY, USA. Capítulo 37. ISBN 978-3-030-41614-0 (eBook).
- ELLIS, George F. R. (2006). "**Issues in the Philosophy of Cosmology**". <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0602280v2>
- FLICK, Uwe. (2002). **Introducción a la investigación cualitativa**. Editorial Morata. Cap. V: Preguntas de investigación. pp. 61-67.
- FREIRE, Paulo (2003). **El grito manso**. Siglo XXI Editores, BA, Argentina. Capítulo 2: Práctica de la pedagogía crítica, pp. 28-38.
- FURIÓ, Carles, GIL PÉREZ, Daniel, PESSOA DE CARVALHO, Anna María, SALCEDO, Luis E. (1992). "La formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: papel de las didácticas específicas". **Investigación en la Escuela**, N°16, p. 16.
- GIL PÉREZ, Daniel, (1991). "¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?". **Enseñanza de las Ciencias**, 9 (1), pp. 69-77.

- KUHN, Thomas S., (1992). **La estructura de las revoluciones científicas**. Fondo de Cultura Económica, Breviarios. Buenos Aires, Argentina. 4ª Reimpresión.
- LAHIRI, Avijit. (2020). **Science as an Interpretation of the World: Inference and Belief**. Self publisher. Chapter 8 "Abduction: theory in emergence". <http://philsci-archive.pitt.edu/17284/>
- LANCIANO, Nicoletta. (1996). "L'analisi delle concezioni e l'osservazione in classe: strumenti per la definizione degli obiettivi educativi e delle strategie pedagogiche per l'insegnamento dell'Astronomia nella scuola elementare in Italia". Tesis doctoral, N°235, Universidad de Ginebra, Suiza. 313 pp. +Allegati.
- LANCIANO, Nicoletta, CAMINO, Néstor. (2008). "Del ángulo de la Geometría a los ángulos en el cielo. Dificultades para la conceptualización de las coordenadas astronómicas Acimut y Altura". **Enseñanza de las Ciencias**, 26 1, España.
- NOVAK, Joseph, GOWIN, Bob. (1998). **Aprendiendo a aprender**. Ediciones Martínez Roca, Barcelona, España.

