

Astrofísica escolar: estrategias de enseñanza-aprendizaje para el nivel medio

Navone, H. D.^{1,2,3}; Aquilano, R. O.^{1,2,3}; Melita, J. S.⁴; Pattini, N.⁵

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR); ² Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR); ³ Observatorio Astronómico Municipal de Rosario; ⁴ Centro de Educación Física N° 15, Rosario; ⁵ Planta Campamentil N° 7502, Máximo Paz, Provincia de Santa Fe
navone@ifir-conicet.gov.ar

Astronomía y Astrofísica son vocablos que actualmente se usan indistintamente. Sin embargo, el término astrofísica retiene una especial atención dirigida hacia las causas, conjeturas y explicaciones acerca de los fenómenos astronómicos que debiera estar siempre presente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta temática. En este sentido, resulta interesante tratar de aprovechar y de potenciar las inquietudes que los alumnos notablemente poseen en relación a estos temas mediante estrategias educativas orientadas al desarrollo de habilidades intelectuales que, a su vez, trasciendan el marco disciplinar específico. Desde la perspectiva expuesta, en este trabajo se analiza la forma en que se incluyen los contenidos de Astrofísica en el nivel medio, se constata la poca presencia de propuestas basadas en la observación directa como dispositivo didáctico para la búsqueda de explicaciones físicas de los fenómenos astronómicos y se proponen alternativas que hacen uso de recursos ya presentes en el ámbito escolar como son los campamentos educativos. Finalmente, se describe una experiencia que trata de conjugar todos los elementos expuestos.

Palabras clave: Astrofísica, Escuela Media, Campamentos Educativos.

Astronomy and Astrophysics are terms currently used interchangeably. However, astrophysics retains a special attention directed towards the causes, conjectures and explanations of astronomical phenomena that should be always present in the teaching-learning process of this subject. In this sense, it is interesting to try to seize and to enhance the concerns that students markedly have in relation to these issues through educational strategies aimed to the development of intellectual skills what, in turn, transcend the discipline-specific framework. From the perspective outlined in this work we analyze how the contents of Astrophysics are included at the high-school level, we shown the little presence of direct observations as a teaching tool in searching for natural explanations of astronomical phenomena and we propose alternatives that make use of resources already present in schools such as education camps. Finally, we describe an experience which seeks to combine all the elements exposed.

Keywords: Astrophysics, Middle School, Education Camps.

Introducción

Las ciencias naturales están basadas en la observación y en la experimentación; sin embargo, estas actividades resultan difíciles de reproducir en el ámbito escolar. Así vemos cómo en Física el laboratorio, si existe, se usa normalmente como complemento de los contenidos de un libro de texto y en Astronomía la descripción de los objetos celestes sólo es acompañada con la presentación de imágenes. Es decir, en lugar de ser la experimentación y la observación el punto de partida para el análisis de los fenómenos naturales, éstas son acti-

vidades que no se realizan o bien se relegan al desempeño de un rol complementario y auxiliar.

El estudio de la Astronomía, al ser ésta una ciencia basada fundamentalmente en la observación, contribuye a vivenciar los diversos procesos que intervienen en la construcción del conocimiento científico. Por otra parte, teniendo en cuenta que los alumnos muestran un interés natural por observar y entender los fenómenos astronómicos, resulta factible proponer el desarrollo de actividades que tengan como objetivo una mejor comprensión del

universo y que motiven, a su vez, la formación de un espíritu indagador y crítico. En este sentido, se considera como muy apropiada la utilización del término Astrofísica en la escuela media –si bien actualmente Astronomía y Astrofísica son palabras que se usan casi indistintamente– puesto que el mismo remite explícitamente a pensar en las explicaciones y conjeturas físicas que acompañan a los objetos y a los fenómenos que se analizan, muchos de los cuales son plausibles de ser observados directamente.

La introducción de la problemática astronómica en los distintos niveles educativos ha sufrido una serie de cambios y la realización de un análisis exhaustivo de los mismos excede el alcance de este trabajo. Sin embargo, es posible concluir que ha prevalecido un conjunto de temáticas tales como: gravitación, sistema solar, movimiento aparente del Sol, fases de la Luna, eclipses y movimiento de los planetas; que las mismas han sido actualizadas en sus respectivos enfoques con énfasis en los procesos que gobiernan el origen y el comportamiento de objetos y de sistemas; y que se han incorporado contenidos directamente relacionados con el avance científico registrado en este campo del saber: Relatividad General y sus consecuencias, origen y expansión del universo, radiación cósmica de fondo, evolución de las estrellas, diagrama H-R, supernovas, agujeros negros, estructuras en el universo (sistemas planetarios, cúmulos estelares, galaxias, cúmulos de galaxias) y nuevos instrumentos y técnicas de observación, entre otros.

Ahora bien, la inclusión de nuevos tópicos, así como también la actualización de aquéllos que siempre han estado presentes, no sólo exige la extensión en contenidos del programa escolar sino que también obliga a repensar alternativas didácticas para que las mismas adquieran importancia significativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En este trabajo, se realiza un análisis exploratorio de los contenidos de Astrofísica para el nivel medio y de la forma en que los mismos se despliegan, indagando acerca del rol que asume la *observación* en las distintas propuestas didácticas. Luego, se presentan posibles

alternativas y estrategias dirigidas a fortalecer este campo disciplinar mediante la incorporación de la observación directa de los objetos y de los fenómenos astronómicos, dirigiendo la atención hacia las teorías, explicaciones y conjeturas físicas asociadas a los mismos y sosteniendo siempre una mirada histórica y epistemológica. Para su implementación efectiva, se propone la utilización de recursos educativos ya existentes en el nivel medio. Finalmente, se describe una experiencia educativa que trata de conjugar algunos de los elementos expuestos en este trabajo.

Estado de situación

A los efectos de relevar con cierto grado de consistencia los temas de Astrofísica propuestos para el nivel medio y la presencia de actividades de carácter observacional relacionadas con los mismos, se realizó un análisis de la bibliografía recomendada para Ciencias Naturales y Física partiendo del supuesto que los libros de texto son el reflejo de la ciencia y de la didáctica de la época (Cornejo, 2006). Así, se seleccionó una muestra de las obras escolares existentes tratando de abarcar un amplio espectro de contenidos. Las publicaciones consultadas fueron las siguientes: Barderi *et al.* (2002, 2006), Franco *et al.* (2008a, 2008b), Carreras *et al.* (2001a, 2001b), Amestoy y Lois del Bustio (1998), Alberico y Burgin (2005), Hurrell *et al.* (2003), Cerdeira *et al.* (2001), Berler *et al.* (2008), Mautino (2003), Gaisman (2007), Maiztegui y Sábato (1997), Rela y Sztrajman (1999), Calderón *et al.* (2001) y Aristegui *et al.* (2005).

Aquí, es oportuno remarcar que este trabajo no está dirigido a examinar en detalle cómo se presentan los contenidos de Astrofísica ni tampoco a realizar un análisis comparativo de las obras mencionadas. El propósito ha sido obtener una descripción general de los temas propuestos e indagar, muy particularmente, sobre la existencia de abordajes relacionados con la observación directa de los objetos celestes asumiendo que los libros de texto impregnan las prácticas, organizan las experiencias de los alumnos y de los docentes y establecen tipos de interacción con una enorme fuerza legal (Litwin, 1997). Teniendo todo esto en

cuenta, a continuación se bosqueja el estado de situación que se ha podido constatar.

Todos los libros de texto consultados abordan la Ley de Gravitación Universal con diverso nivel de profundidad, aún aquellos destinados a estadios educativos coincidentes. Los contenidos que se presentan como correspondientes a los primeros años del nivel medio (8° y 9° de EGB, 1° y 2° del secundario) abarcan los siguientes temas: sistema solar y sus componentes; movimientos de la Tierra (movimiento aparente del Sol y sucesión de las estaciones) y de la Luna (fases, eclipses); estrellas; constelaciones; cúmulos de estrellas; galaxias; cúmulos de galaxias; origen y evolución del universo (Barderi *et al.*, 2002; Franco *et al.*, 2008b; Cerdeira *et al.*, 2001). Las obras de Física están dirigidas, en general, a los últimos años (3°, 4° y 5° del secundario y Polimodal), estudian con mayor profundidad las mismas temáticas e incluyen otras adicionales. Algunas de ellas despliegan los contenidos bajo la sección “Elementos de Astrofísica” (Aristegui *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2001). En estos casos, presentan las teorías que explican el movimiento de los astros (Leyes de Kepler, Ley de Gravitación Universal, Teoría General de la Relatividad) y los procesos de formación de los objetos celestes, de los sistemas y de las estructuras del universo, así como su evolución (Aristegui *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2001; Rela y Sztrajman, 1999). En algunas de ellas se pone especial atención a las últimas mediciones y observaciones astrofísicas realizadas: detección de planetas extra-solares, características de la radiación cósmica de fondo, lentes gravitacionales y estructura a gran escala del universo (Aristegui *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2001).

Ahora bien, de todos los casos analizados -la mayoría de los cuales presentan temáticas que tienen un alto nivel de complejidad conceptual- sólo muy pocos hacen referencia a la posibilidad de realizar observaciones directas y en estos últimos las actividades de carácter observacional no son explícitamente motivadoras de los temas a abordar. Más aún, en opinión de los autores, pareciera que cuando la observación entra en el escenario educativo lo hace de manera complementaria, apare-

ciendo con mucha menor importancia de la que realmente tiene en el proceso de construcción del conocimiento científico en Astrofísica.

Así es como en el texto de Carreras *et al.* (2001) sólo se plantea la observación de constelaciones a partir de su búsqueda basada en un mapa estelar del Hemisferio Sur. En Franco *et al.* (2008b) se repite la misma idea proponiendo el reconocimiento de la *Cruz del Sur*, identificando para ello a los “punteros” (las estrellas *Alfa* y *Beta* de la constelación *Centaurus*) que sirven como guía. En esta última obra también se sugiere ubicar a las *Pléyades*, cúmulo estelar abierto que se encuentra en la constelación *Taurus*. Se muestran esquemas aislados de las constelaciones del *Can Mayor*, en referencia a la ubicación de la estrella *Sirio* (Franco *et al.*, 2008b), y de *Orión* (Franco *et al.*, 2008b), pero sin promover la posible observación directa de las mismas. En Cerdeira *et al.* (2001) se presenta un sector de una carta estelar en donde aparece la constelación de *Orión* pero no se motiva su observación, mientras que en la sección “Taller de Actividades” sí se proponen una serie de observaciones y mediciones sencillas: (1) identificación de constelaciones usando las cartas estelares del Hemisferio Sur que se encuentran en el *Diccionario de Ciencia y Tecnología III* que acompaña a la obra; (2) búsqueda del punto cardinal Sur a partir de la prolongación del eje mayor de la *Cruz del Sur*; (3) determinación de la distancia Tierra-Luna y (4) registro del movimiento aparente del Sol. Aristegui *et al.* (2005) propone la realización de una serie de trabajos de campo: (1) verificación del movimiento aparente del Sol usando un gnomon y (2) fotografía del movimiento del cielo nocturno, reconocimiento de las estrellas circumpolares, y estimación de la latitud del lugar de observación a partir de la medición de la “altura” del Polo Sur Celeste.

En síntesis, es posible argumentar que la observación -ya sea a “ojo desnudo”, con algún instrumento o mediante algún dispositivo didáctico- no se encuentra adecuadamente presente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas de Astrofísica. Además, si se comparan las actividades observacionales pro-

puestas en las publicaciones de referencia frente a la variedad de contenidos teóricos presentados, es posible constatar que cumplen un rol complementario y que muchas veces se encuentran desconectadas del hilo conductor que se traza en cada obra. Sumado a esto, aunque muchos de los objetos celestes que se mencionan pueden ser localizados a “ojo desnudo” o con instrumental muy simple (binoculares y telescopios educativos), la mayoría de ellos no se introduce de esta manera ni se dan las referencias necesarias al respecto. Tampoco se verifica la presencia clara y explícita de enfoques históricos y epistemológicos de carácter escolar que ayuden a una mejor comprensión del proceso de construcción del conocimiento disciplinar en Astrofísica (Navone *et al.*, 2009).

Finalmente, se constata la inexistencia de propuestas educativas que posibiliten la inserción efectiva de la observación astronómica en el espacio de enseñanza-aprendizaje escolar y que, a la vez, funcionen como ejes motores del trabajo en Astrofísica.

Propuesta y análisis de enfoques alternativos

En primer lugar, es importante destacar que más allá de las dificultades que surgen en el espacio educativo formal impidiendo la reali-

zación de actividades de observación astronómica, éstas no deberían quedar relegadas a desempeñar un rol de carácter secundario en el desarrollo de los contenidos de Astrofísica.

Independientemente de la posible realización o no de observaciones en el ámbito de la escuela, sería deseable que los libros de texto, así como los docentes a cargo de las asignaturas en donde se imparten estos temas (Ciencias Naturales y/o Física), faciliten aún más todos los elementos y recursos necesarios para promover esa actividad entre los alumnos. Se trata de “salir a mirar el cielo”, de reconocer objetos reales de los cuales se habla en el aula, de despertar inquietudes y de impulsar un espíritu indagador y crítico en la búsqueda de explicaciones ante todo aquello que el firmamento nos presenta. En opinión de los autores, la observación astronómica incentiva el desarrollo de habilidades intelectuales que trascienden el marco disciplinar, generando interés en las ciencias naturales y exactas, pudiendo constituirse en una actividad para el destino del tiempo libre durante toda la vida. En este sentido, es importante tener en cuenta que la Astronomía es una de las pocas ciencias en donde los aficionados desempeñan un rol importante en la observación del cielo (Saizar, 2006).

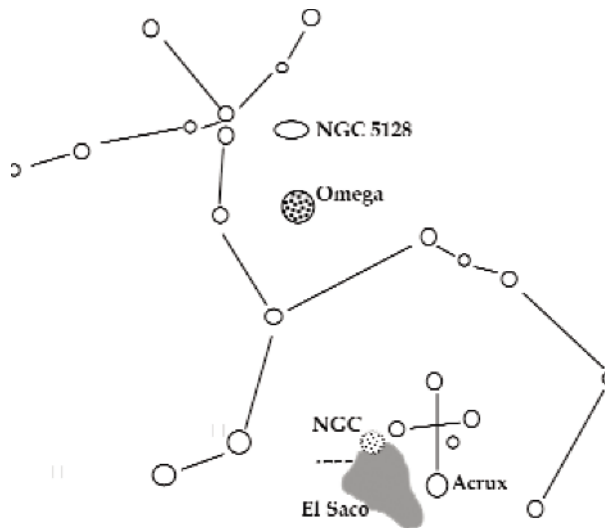


Fig. 1: Esquema simplificado de las constelaciones Centauro y Cruz del Sur con la inclusión de algunos objetos celestes visibles a simple vista o con la ayuda de binoculares (Puerta Restrepo, 1999).

En base a todo lo expuesto, la estrategia más simple que se propone para tratar de incorporar a la *observación astronómica* como *dispositivo didáctico* y como disparador de inquietudes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Astrofísica consiste en presentar cada tema –ya sea en una obra, o en el aula- desde una perspectiva observacional. El objetivo general es otorgarle justa relevancia al rol que cumple la observación en el proceso de construcción del conocimiento científico disciplinar y escolar, sacándola formalmente del plano auxiliar al que frecuentemente queda relegada.

Comenzar a trabajar con la ayuda de cartas, mapas y esquemas que permitan la identificación de constelaciones y de objetos celestes para recorrer el entramado de los contenidos diagramados para Astrofísica es un paso importante en esta dirección. Si bien hay obras que proponen su utilización (Carreras *et al.*, 2001; Cerdeira *et al.*, 2001; Franco *et al.*, 2008b), las mismas quedan postergadas como actividades complementarias, no formando parte del cuerpo principal de contenidos. Además, en general, la infografía que se presenta no resulta lo suficientemente clara como para motivar adecuadamente la observación directa. En algunos casos, por ejemplo, tampoco se recurre a los nombres populares de algunos asterismos bien conocidos, como pueden ser *Las Tres Marías* que forman parte de la constelación de *Orión* y que facilitan su ubicación en el cielo.

Para ilustrar esta idea vamos a trabajar con la bien conocida *Cruz del Sur* o *Crux* (una de las 88 constelaciones establecidas por la Unión Astronómica Internacional) y, también, con la vecina constelación *Centauro*. *Crux* es una constelación circumpolar, siempre presente en los cielos del Hemisferio Sur que, además, forma parte de la cultura popular astronómica de nuestro país. Ambas son fácilmente reconocibles y presentan objetos astrofísicos de interés, algunos de los cuales son mencionados en los libros de texto analizados en este artículo. Trabajando sobre estas constelaciones a partir de un esquema simplificado del cielo en esta región (Fig. 1) es posible introducir una serie de temas y de conceptos; estable-

ciendo a la observación directa en un plano de mayor importancia y brindando los elementos mínimos para que la misma pueda ser realizada por los propios alumnos.

Usando el diagrama, la *Cruz del Sur* se hace perfectamente reconocible en el cielo y, en base a esta identificación, es posible estimar la ubicación del Polo Sur Celeste (Aristegui *et al.*, 2005), reflexionar acerca de la importancia de este punto imaginario, introducir conceptos importantes para la Astronomía de posición (cenit, ecuador celeste, coordenadas celestes, *altura* de los astros, entre otros) y todos los temas relacionados con el movimiento aparente de las constelaciones sobre la bóveda celeste (movimientos de rotación y de traslación de nuestro planeta; precesión del eje de la Tierra y su influencia sobre el zodíaco astronómico y el astrológico; Rosenvasser Feher, E., 2004). Así como también, ubicar el punto cardinal Sur como se sugiere en Cerdeira *et al.* (2001) u obtener un valor aproximado de la latitud del lugar de observación midiendo la *altura* de este punto imaginario usando un sextante de construcción sencilla, tal como se presenta en Aristegui *et al.* (2005). En este último caso, resultaría importante discutir con los alumnos por qué la *altura* de este punto coincide aproximadamente con la latitud. Otro tema interesante a trabajar aquí es el concepto mismo de *constelación*, ya que antiguamente *La Cruz del Sur* pertenecía a la constelación del *Centauro*, pero la Unión Astronómica Internacional las separó cuando dividió al cielo arbitrariamente¹ -y oficialmente- en las 88 regiones imaginarias (constelaciones) que hoy se utilizan, de manera tal que todo punto de la bóveda celeste se encuentre en alguna de ellas.

Siempre sobre este esquema (Fig. 1), se dirige ahora la atención hacia las estrellas que conforman las constelaciones. Así, es posible ubicar a los “punteros” de la *Cruz del Sur*: *Alfa* y *Beta del Centauro*; la observación de estas dos estrellas se sugiere en Franco *et al.* (2008b). *Alfa del Centauro*, es el sistema estelar más próximo a la Tierra, hecho que permite reflexionar sobre el concepto de distancias en Astrofísica (unidades y metodologías de determinación). También, al ser éste un sis-

tema estelar múltiple (conformado por *Alfa Centauri A*, *Alfa Centauri B* y *Proxima Centauri*²), posibilita la introducción de la noción de *sistemas estelares* en general (sistemas múltiples, cúmulos, galaxias) y trabajar sobre el concepto de campo gravitatorio como responsable de la existencia de tales estructuras. Al incorporar la idea de distancia, es importante destacar que las estrellas que constituyen las constelaciones -si bien forman una figura sobre la superficie de la bóveda celeste- no son todas equidistantes de la Tierra como aparenta ser, ni tampoco sufren la influencia mutua de sus campos gravitatorios. En oposición a este concepto, aparecen, justamente, los sistemas múltiples, cuyo sustento sí es la fuerza de gravedad y en donde las estrellas que los componen se encuentran “casi” a la misma distancia de nuestro planeta. En este último caso se trata de sistemas ligados físicamente.

También resulta interesante estudiar *Acrux*, puesto que se trata otra vez de un sistema estelar, en el cual dos de sus componentes pueden ser resueltas usando un telescopio. En este punto es muy conveniente mencionar que las evidencias observacionales indican que buena parte de las estrellas se encuentran “acompañadas”, es decir, forman parte de sistemas estelares múltiples; siendo los sistemas binarios muy abundantes (Aristegui *et al.*, 2005). Es posible aprovechar esta situación de aprendizaje para discutir si el Sol podría tener alguna estrella u objeto acompañante, como se ha sugerido varias veces en la literatura, hipótesis que no pudo ser confirmada pero que tampoco ha sido totalmente rechazada, posibilitando de esta manera la reflexión desde la perspectiva que brinda Naturaleza de la Ciencia escolar.

El próximo paso consiste en trabajar con sistemas de estrellas más complejos, se trata de los *cúmulos estelares*. Estos sistemas contienen un gran número de miembros que se mantienen unidos por efecto de la atracción gravitatoria mutua (Franco *et al.*, 2008b; Aristegui *et al.*, 2005). Es posible distinguir dos tipos de tales sistemas: (a) *cúmulos abiertos*, sin forma definida y constituidos por estrellas jóvenes y (b) *cúmulos globulares*, de forma casi esférica, conformados por estrellas

más viejas. En la Fig. 1 se muestra la ubicación del *cúmulo abierto* NGC 4755, más conocido como *El Joyero*, fácilmente reconocible con binoculares. Arriba, en la misma figura, tenemos al *cúmulo globular* más brillante del cielo: *Omega Centauri* (mencionado como ejemplo de esta clase de objetos en Franco *et al.*, 2008b), constituido por varios millones de estrellas y siendo éste, además, uno de los objetos más distantes de nuestra galaxia que resulta observable a simple vista.

Continuando ahora con sistemas estelares aún más complejos, de mucha mayor cantidad de miembros -los que pueden ser sistemas y objetos de muy diversa naturaleza (estrellas, estrellas múltiples, sistemas planetarios, cúmulos estelares)-, surgen entonces las galaxias. En la región del cielo analizada también se encuentra un sistema de este tipo, se trata de la lejana galaxia NGC 5128 (Fig. 1) que puede ser localizada usando binoculares. La mayoría de las obras analizadas presentan estas estructuras estelares, sin embargo muy pocas indican la posibilidad de observación de las mismas y ninguna de ellas da precisiones al respecto. Cabe destacar que desde el Hemisferio Sur es posible ubicar a dos galaxias a simple vista, se trata de la *Pequeña Nube de Magallanes* y de la *Gran Nube de Magallanes*. Es notable que los libros de texto relevados en este artículo no promuevan especialmente esta posibilidad, siendo dichos objetos de gran valor para la Astronomía y, también, muy importantes como recursos didácticos para el abordaje de diversos temas. En particular, resulta interesante reflexionar con los alumnos que se trata de sistemas extra-galácticos, es decir, que se encuentran fuera de nuestra galaxia y que conforman el denominado *Grupo Local*, junto con nuestra *Vía Láctea* y otras galaxias vecinas (del orden de treinta), vinculadas todas ellas por la atracción gravitatoria mutua (Feinstein y Tignanelli, 1994). Aquí también es posible proponer una indagación de carácter histórico y epistemológico acerca de cuándo y cómo el universo deja de ser sólo nuestra galaxia para pasar a ser ésta una más de las tantas existentes.

Una vez descriptos los principales sistemas, observables a simple vista o con binoculares,

se propone examinar las características más notables de las estrellas presentes: brillo y color. El brillo de las estrellas es el resultado de la combinación de dos factores: la distancia a la cual se encuentra el astro y la energía que realmente produce. Así, por ejemplo, *Alpha Centauri A* es una estrella semejante al Sol (su radio es de $1,2 R_{\odot}$ ³, es de color amarillento y tiene una temperatura superficial aproximada de 5900 K, igual que nuestro astro) pero sin embargo aparece mucho más débil en el firmamento porque se encuentra muy distante ($\sim 4,35$ años-luz). *Alpha Centauri B* es un poco más pequeña ($0,8 R_{\odot}$), de color anaranjado y, por lo tanto, tiene una temperatura menor (~ 5200 K). En cambio, *Proxima Centauri* es una estrella enana roja, mucho más pequeña ($0,2 R_{\odot}$) y más fría que nuestro Sol (~ 2700 K). En Astronomía, la magnitud de una estrella (o de un objeto celeste) es una medida de su brillo (Calderón *et al.*, 2001). Ahora bien, cuando se trata de sistemas estelares múltiples el brillo que vemos a simple vista resulta de una combinación de las magnitudes de las componentes individuales, en este caso los astrónomos hablan de *magnitud combinada*. La *magnitud absoluta*, en cambio, hace referencia al brillo real de la estrella. Todos estos conceptos pueden ser motivados y trabajados con diverso grado de profundidad, analizando los objetos que se observan en la región del cielo representada por la Fig. 1.

Si se desea analizar estrellas de otro tipo, el sistema *Acrux* presenta dos estrellas azules, una sub-gigante y otra enana, cuyas temperaturas alcanzan ~ 30000 K. La relación entre color y temperatura superficial de las estrellas (Saizar, 2006) es otro de los conceptos que se pueden introducir a partir de la observación de esta zona del firmamento. Dicha relación está presente en la obra de Franco *et al.* (2008b), en donde también se mencionan las clases espectrales y se dan algunos ejemplos de estrellas representativas pero no se recomienda la observación directa de las mismas, aún siendo varias de ellas notables ejemplos de la clase a la que pertenecen e identificables fácilmente en el cielo. Se menciona por ejemplo a *Sirio* (en la constelación del *Can Mayor*), *Betelgeuse* y *Rigel* (en *Orión*) y *Antares* (en

Escorpión). En todos estos casos es posible presentar esquemas simplificados como el de la Fig. 1 que faciliten la ubicación de estos astros para la observación directa de su magnitud aparente y de su color. Es recomendable además, habiendo recabado cierta experiencia a partir del ejemplo anterior, verificar si en cada caso se trata de estrellas aisladas o de sistemas estelares, y qué tipo de estrellas componen dichos sistemas⁴.

La observación de los diversos tipos de estrellas opera como dispositivo didáctico para motivar la introducción de las distintas etapas de la evolución estelar, acompañada convenientemente por una descripción general del diagrama H-R (Aristegui *et al.*, 2005) y de las relaciones entre distintas magnitudes físicas que en él se expresan (Saizar, 2006).

Retornando nuevamente a la Fig. 1, la misma contiene un objeto bastante peculiar, perfectamente observable a simple vista en cielos de baja contaminación lumínica (Franco *et al.*, 2008b). Se trata de *El Saco de Carbón*, una enorme *nebulosa oscura de polvo y gas* que opaca el brillo de las estrellas que se encuentran por detrás de él. Este ejemplo es interesante porque permite incorporar un nuevo elemento conceptual muy importante en Astrofísica, se trata del *medio interestelar* y de la *extinción* selectiva que provoca sobre la radiación que lo atraviesa proveniente de diversas fuentes.

Para completar el panorama de observaciones posibles, a continuación se exponen algunos trabajos de carácter observacional que pueden ser utilizados como dispositivos didácticos para abordar una serie de temáticas.

La mayoría de las obras analizadas describen al Sol; algunas de ellas mencionan la *actividad solar*, la presencia de *manchas* en la superficie de la estrella y hacen referencia al *período de rotación* del astro. En este sentido, resulta interesante proponer la observación de las *manchas solares* y la constatación de la existencia de su movimiento rotacional a partir del cambio de posición de las mismas en función del tiempo, así como también, si es posible, realizar una estimación del período correspondiente. Es probable que el Sol no presente manchas cuando se realiza la obser-

vación, en este caso siempre es posible acceder vía Internet a las bases de datos en donde se almacenan las imágenes del astro diariamente para hacer este trabajo. En esta situación, se estaría realizando una observación a través de un recurso que ni los docentes ni los alumnos manejan, pero que contiene toda la información sobre el fenómeno que se desea analizar⁵. Para observar por propia cuenta la presencia de manchas en el Sol sólo basta proyectar con un binocular la imagen de la estrella sobre una pantalla. Esta actividad, muy simple, constituye un dispositivo didáctico que permite motivar la introducción de una serie de problemáticas relacionadas con el Sol (Saizar, 2006; Tignanelli, 2004): movimientos; actividad solar y sus consecuencias, teorías explicativas y conjeturas; estructura; espectro de la radiación solar; composición química; técnicas e instrumentos de observación; producción de energía; aprovechamiento de la energía solar; efectos no deseados de la radiación solar, adelgazamiento de la capa de ozono e índice de radiación UV, efecto invernadero natural y artificial; entre otros. Este trabajo puede ser complementado sugiriendo o realizando la visita a observatorios que hacen el seguimiento de la actividad solar⁶.

La observación de nuestra Luna es otra de las actividades que es necesario promover. La presencia de *cráteres* y de "*mares*", la identificación de los más importantes (utilizando un mapa de la Luna), y la indagación acerca de los procesos que originaron estas formaciones estimula la imaginación de alumnos y docentes. En particular, resulta interesante trabajar sobre las teorías elaboradas acerca del origen de la Luna, ya que meditar sobre las mismas tiene una alta riqueza conceptual. Por supuesto, también resulta atractivo reflexionar sobre las diferentes fases que presenta el astro, las razones por las que muestra siempre una misma cara (movimientos de rotación y de traslación lunares), así como estimar la distancia a la que se encuentra a partir del conocimiento de su diámetro, tal como se sugiere en Cerdeira *et al.* (2001).

Todas las obras mencionadas se refieren al sistema solar y a los planetas que lo componen, pero ninguna de ellas promueve un *pro-*

grama de observación para los que pueden ser visibles fácilmente a "ojo desnudo", con binoculares o usando un pequeño telescopio (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, a su tiempo, son observables a simple vista); tampoco se mencionan claramente los recursos necesarios para ello: efemérides y características del instrumental que es imprescindible usar dependiendo del tipo de observación, o bien, sitios de consulta en Internet u observatorios de carácter público a los cuales se puede recurrir. Así, por ejemplo, en Franco *et al.* (2008b) se nombran como visibles a Mercurio, Venus, Marte y Júpiter, mientras que sobre Saturno no se menciona esta posibilidad. En Barderi *et al.* (2002) y en Cerdeira *et al.* (2001) se hace un resumen descriptivo de los planetas del sistema solar, pero no se indica la factibilidad de observar a aquellos que, al menos, serían visibles a simple vista en algún momento. Mientras que Aristegui *et al.* (2005) y Calderón *et al.* (2001) proponen trabajar con las Leyes de Kepler para analizar el movimiento de los planetas; además, en la primera de las obras mencionadas se presenta el esquema usado por Copérnico para explicar el movimiento de Marte en el cielo, el cual resulta particularmente interesante para trabajar una serie de conceptos con los alumnos desde un punto de vista histórico y epistemológico; sin embargo, en ninguna de ellas se promueve explícitamente la observación directa de los planetas.

En base a lo expuesto, a continuación se plantea una estrategia didáctica que trata de integrar las actividades de carácter observacional relacionadas con los últimos temas mencionados, esto es: *manchas solares*, exploración de los *accidentes lunares* y observación de *planetas*. En opinión de los autores, estos temas podrían ser retomados desde el punto de vista histórico, tratando de elaborar a partir de ellos un examen de carácter epistemológico acerca del proceso de construcción del conocimiento en Astrofísica. Para ello, es muy conveniente recurrir a la obra de Galileo y al uso que hace del telescopio como instrumento que permite ampliar las capacidades físicas e intelectuales del hombre, situando a la observación en un plano de predominante impor-

tancia para el desarrollo de la Astronomía. Así, resulta interesante analizar el debate entre Galileo y Scheiner acerca de la naturaleza de las manchas solares. La supuesta perfección del Sol que pregonaba este último autor a partir de las teorías dominantes en la época se contraponía a la imperfección del astro que sugería Galileo al sostener que estas manchas estaban sobre la superficie de la estrella y que, además, el movimiento de las mismas implicaba que el astro rotaba. Obviamente todo esto estaba en total contradicción con la supuesta inmutabilidad y perfección de los cielos de aquel entonces (Boido, 1998). Sumado a ello, los “defectos” de la Luna -con sus cráteres y sus mares- observados por Galileo mostraban que los cielos y los objetos celestes no eran como se creía. Siguiendo en esta línea de trabajo, es imprescindible incluir referencias para la observación de las fases del planeta Venus y de los satélites de Júpiter, los que conforman un “sistema solar” en miniatura y que fuera el descubrimiento más importante que hiciera Galileo, según sus propias palabras (Gaisman *et al.*, 2007). Las fases de Venus, tal como aparecían, evidenciaban que este astro giraba en torno al Sol (modelo heliocéntrico de Copérnico) y no siguiendo *epiciclos* alrededor de nuestro planeta (modelo geocéntrico de Tolomeo), y el sistema conformado por Júpiter y sus lunas indicaba que la Tierra no era el centro de todo. La importancia de todos estos descubrimientos de carácter observacional realizados por Galileo a partir de la construcción de su propio telescopio en 1609 y la posterior re-elaboración teórica es de innegable importancia histórica, epistemológica, científica y, por lo tanto, educativa, ya que los mismos pueden ser recreados en el ámbito escolar, constituyéndose en una alternativa muy interesante para introducir diversos conceptos de Astrofísica; así como también, para desplegar elementos de Naturaleza de la Ciencia escolar indispensables para una mejor comprensión del proceso de construcción del conocimiento científico y de sus avatares (Navone *et al.*, 2009).

Varias de las obras analizadas (Barderi *et al.*, 2002; Franco *et al.*, 2008b; Cerdeira *et al.*, 2001; Aristegui *et al.*, 2005) presentan como

temas de estudio la teoría del *Big Bang* y la *expansión del universo*. Sin embargo, en ninguna de ellas se promueve algún tipo de observación que movilice inquietudes de carácter cosmológico y sólo algunas hacen referencia al trabajo observacional que constituye el sustento de esta teoría (Ley de Hubble; en Aristegui *et al.*, 2005). En este sentido, es posible proponer dos estrategias didácticas complementarias. En la primera de ellas se recurre a la denominada *Paradoja de Olbers* para indagar como él mismo lo hiciera en 1820: *¿por qué el cielo entero no brilla como el Sol?* o bien, *¿por qué es oscura la noche?* Olbers, retomando el trabajo de otros autores y razonando con las premisas de su tiempo -que establecían un universo uniforme, estable, infinito, sin principio ni fin en el espacio ni en el tiempo (Rela y Sztrajman, 1999)- mostró con argumentos muy simples que durante el día y la noche el cielo debería brillar intensamente producto de la radiación incidente de infinitas estrellas. La propuesta observacional que surge es, entonces, muy sencilla: mirando el cielo conjeturar cuáles son las posibles respuestas a esta paradoja planteada tan inteligentemente por Olbers. La más simple de todas es recurrir a la existencia de polvo y de gas interestelar que extingue la luz de las estrellas, para ello sólo basta recurrir al ejemplo de la nebulosa *El Saco de Carbón* presentado anteriormente y luego trabajar por qué razones esta explicación no es satisfactoria; para concluir, finalmente, que la respuesta a esta paradoja se relaciona con el hecho de que el universo tuvo un origen, que las estrellas que lo conforman no son eternas y que la radiación que nos llega de ellas tiene velocidad finita, estando además “debilitada” por el fenómeno de expansión del universo (Ganguí, 2005).

La segunda alternativa posible para el abordaje de esta temática se basa en la realización de un trabajo observacional de carácter indirecto, esto es, utilizando datos medidos por otros investigadores para analizarlos y extraer conclusiones. Al respecto, se propone obtener la Ley de Hubble a partir de la *velocidad de recesión* de un conjunto de galaxias y de las *distancias* a las que se encuentran, tal

como este investigador lo hizo. Específicamente, se plantea realizar la regresión lineal⁷ que permite derivar la mencionada ley. Esta propuesta es muy interesante y conceptualmente muy rica, ya que trata acerca de la reproducción de parte de una investigación cuyos resultados fueron impactantes para el desarrollo de la Astrofísica. Además, de esta recreación surge que Hubble cometió algunos errores y que, si bien la formulación de su ley es válida, el resultado obtenido para su constante no es el aceptado actualmente, hecho que aporta nuevos elementos para discutir con los alumnos acerca de las formas en que transcurre el trabajo en ciencias.

Finalmente, es importante destacar que los ejemplos expuestos sirven para ilustrar una metodología de trabajo de carácter escolar que hace hincapié en los aspectos observacionales de la construcción del conocimiento científico en Astrofísica y que los mismos no siguen una secuencia didáctica bien definida, la que debiera ser estudiada en profundidad, proyecto que está fuera de los alcances de este artículo pero que será objeto de futuros estudios en esta temática.

Diseño de una estrategia integradora

Las estrategias y alternativas didácticas expuestas muestran que la *observación* puede y debe estar presente en el despliegue de los contenidos de Astrofísica, por ser ésta una actividad central en la construcción del conocimiento científico y porque enriquece notablemente el proceso de enseñanza-aprendizaje al despertar inquietudes, incentivar la elaboración de conjeturas y de explicaciones, promover la reflexión acerca del desarrollo histórico y epistemológico de las ciencias, y al estimular la apropiación de diversos tipos de habilidades que trascienden el marco disciplinar específico.

No obstante, si bien se estima que las propuestas son superadoras del actual estado de situación, la puesta en práctica de lo expuesto parece limitada por las posibilidades reales que tienen los alumnos y los docentes de llevarlas a cabo.

Sin embargo, esto no necesariamente debe ser así. El sistema educativo público cuenta

con recursos curriculares y con espacios de enseñanza-aprendizaje que pueden ser utilizados para articular convenientemente el *abordaje observacional* aquí propuesto para la Astrofísica escolar.

En primer lugar, es importante señalar que en el área de Educación Física -específicamente en la temática denominada *Vida en la Naturaleza*- existe la figura del *campamento educativo* como posible actividad a desarrollar desde la escuela. La provincia de Santa Fe, por ejemplo, posee *Plantas Campamentales* que pertenecen al Ministerio de Educación provincial, a las que concurren alumnos de todos los establecimientos educativos. Estos lugares están alejados de los centros urbanos, por lo que disponen de “cielos” con muy baja *contaminación lumínica*; las escuelas concurren por varios días, por lo que cuentan con alta flexibilidad en los horarios para el desarrollo de todo tipo de actividades; y son ambientes que permiten trabajar con diversas metodologías de enseñanza-aprendizaje. La conjunción de estas características hace que estos espacios educativos sean ideales para el trabajo observacional en Astrofísica (Navone *et al.*, 2005).

Esta propuesta es integradora puesto que posibilita el acceso de todos los alumnos a los recursos observacionales, promueve un necesario trabajo multidisciplinar e interdisciplinar y facilita la entrada en la escuela de estrategias educativas que normalmente se encuentran en el circuito educativo no formal (Navone *et al.*, 2005).

Las actividades descriptas anteriormente –mas otras, dependiendo de los objetos y fenómenos astronómicos que se presenten en la época en que se desarrolla el campamento educativo- pueden concretarse sin mayores problemas. Para ello, se plantea la observación del cielo a “ojo desnudo”, luego usando binoculares y, por último, mediante telescopios sencillos. La secuencia didáctica parte de la percepción del firmamento en general (movimientos de la esfera celeste, objetos y constelaciones), para luego ir disminuyendo paulatinamente el campo visual y aumentando el nivel de detalle mediante el uso de binoculares (observando la topografía de la *Luna* o un planeta, por ejemplo). La actividad fina-

liza usando un telescopio y examinando los objetos celestes más minuciosamente (regiones particulares de nuestro satélite natural o Júpiter y sus lunas, por ejemplo).

En este sentido, es conveniente destacar que el uso de binoculares (se recomienda: 7x50, 8x40 o 10x50) es muy adecuado para alumnos de diferentes edades, ya que posibilita explorar amplias zonas del cielo y ubicar, fácilmente, objetos extensos y/o difusos como nebulosas, constelaciones, galaxias, cúmulos estelares y cometas; así como también avistar planetas y los accidentes de la Luna. El telescopio resulta imprescindible para observar a Júpiter y sus satélites más notables, por ejemplo.

Es importante tener en cuenta que para el uso correcto de este instrumental se necesitan realizar actividades de aprestamiento y de calibración, las que requieren de un cierto tiempo de trabajo previo antes de hacer las observaciones. Además, y también en este tiempo de preparación, conviene reflexionar acerca de las precauciones a tener presente cuando se manipulan sistemas ópticos. Todo esto, pensado y articulado convenientemente, contribuye a enriquecer enormemente las posibilidades educativas que brinda el empleo de estos recursos.

Para que la actividad observacional resulte significativa se propone su implementación en tres tiempos escolares bien definidos. Un tiempo anterior al desarrollo del campamento, en el aula, estableciendo un *programa de observaciones* con todos los recursos necesarios para ello; un tiempo de desarrollo en el campamento, de trabajo intensamente interdisciplinar; y finalmente, un tiempo de reflexión de regreso al aula, para realizar la síntesis de todo lo observado. A su vez, los autores consideran que es imprescindible la elaboración de material específico para el desarrollo de las observaciones programadas -como el que se muestra en la Fig. 1-, el que debe estar acompañado de indicaciones y de explicaciones a los efectos de facilitar la tarea de observación.

Finalmente, el equipamiento necesario para la concreción de este tipo de proyectos debería estar disponible en cada una de las Plantas Campamentales puesto que la inversión requie-

rida para ello es mínima, sobre todo si se tiene en cuenta que se convierte en un recurso de uso común al ser compartido por todos los establecimientos educativos que concurren a estos lugares.

Sobre una experiencia concreta

Algunas de las ideas expuestas en este artículo han sido implementadas en la Planta Campamental N° 7502 (Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe) a partir de un proyecto educativo institucional abarcador en donde la *observación astronómica* formó parte de un programa de trabajo en *Educación Ambiental*.

Este establecimiento cuenta con instrumental óptico diverso conformado por: lupas de bajo aumento (~3x) y de mediano aumento (~8x), binoculares de distintas prestaciones ópticas (10x25, 8x40, 10x50), un telescopio reflector (D:130mm, F:900mm) y un telescopio refractor (D:80mm, F:1200mm), ambos con montura ecuatorial. Las lupas se emplean en la exploración del *mundo de los pequeños animales*, los binoculares son utilizados en la *observación de aves silvestres* y en *Astronomía*; mientras que los telescopios son de uso astronómico exclusivo.

Las actividades, diagramadas en talleres, se integraron en el área de Educación Ambiental, en donde la Astronomía queda incluida al requerir de cielos no contaminados y al estar dirigida hacia la percepción y comprensión del universo con el que interactuamos y del que somos parte. El uso de instrumentos ópticos posibilita la articulación de estas prácticas que parecen muy diversas pero que comparten el requerimiento de tener que extender nuestras capacidades físicas para poder *observar* en mejores condiciones o bien para ver lo que no nos es posible detectar a simple vista.

Durante el desarrollo del Taller de Astronomía se han observado: manchas solares; el movimiento nocturno y diurno de la esfera celeste; los planetas Venus, Marte y Saturno; Júpiter y sus satélites más brillantes; los cráteres y “mares” de la Luna; galaxias como la Pequeña Nube de Magallanes y la Gran Nube de Magallanes; la Vía Láctea; constelaciones como la Cruz del Sur, Orión, Escorpión y los

objetos celestes más importantes asociados a estas regiones (estrellas, cúmulos estelares, nebulosas y galaxias) y los cometas Machholz (2005) y Mc Naught (2007). Las observaciones fueron acompañadas por el despliegue de los contenidos de Astrofísica escolar involucrados en cada una de ellas, promoviendo la búsqueda de explicaciones mediante el diálogo y la reflexión con los alumnos, siempre desde una perspectiva histórica y epistemológica. Para apoyar estas actividades se diseñó material didáctico con un estilo muy cercano a lo divulgativo.

Finalmente, se ha constatado que el resultado de esta experiencia educativa ha sido altamente positivo al atrapar la atención de todos los participantes y al movilizar inquietudes mientras se desplegaban contenidos de Astrofísica escolar a partir de la observación directa de objetos y de fenómenos astronómicos diversos, según surge del propio trabajo de campo y de entrevistas informales realizadas a alumnos, padres y docentes.

Conclusiones

En este artículo se ha presentado una descripción general de los contenidos que se proponen para Astrofísica en la escuela media a partir del análisis de parte de la bibliografía utilizada en este nivel.

Se ha constatado que la *observación astronómica* no participa del cuerpo principal de temas, quedando relegada a un plano auxiliar o complementario, de forma similar a lo que ocurre con las actividades de carácter experimental o computacional.

A partir de este diagnóstico y del reconocimiento del rol metodológico y conceptual que desempeñan las actividades observacionales en la construcción del conocimiento científico, se han presentado alternativas y estrategias didácticas tendientes a modificar este estado de situación, estableciendo a la *observación* de los objetos y de los fenómenos celestes como eje articulador para el despliegue de los contenidos de Astrofísica. También, y a través de

ejemplos concretos, se propuso el abordaje observacional de las distintas temáticas desde un punto de vista histórico y epistemológico, indagando acerca de los procesos que intervienen en el desarrollo de las ciencias. Todo esto se hizo sin perder de vista la agenda de temas que presenta la bibliografía recomendada para la escuela media.

Luego, estas ideas se integraron en un diseño más abarcador, conjugando recursos y espacios curriculares ya previstos para este nivel, pero que no se usan normalmente para el trabajo en ciencias, en general, y en Astronomía, en particular. Se trata de la temática *Vida en la Naturaleza*, perteneciente al área de *Educación Física*, y del *campamento educativo* que opera como herramienta pedagógica de la misma.

Teniendo en cuenta que las actividades campamentales se desenvuelven en lugares alejados de los centros urbanos, con muy baja contaminación lumínica, y en donde se dispone de una amplia flexibilidad en el uso de los espacios y de los tiempos, características que las hacen especialmente adecuadas para la *observación astronómica*, se concluye que éstos son ámbitos de enseñanza-aprendizaje ideales para desplegar contenidos de Astrofísica escolar mediante la observación directa de objetos y de fenómenos celestes.

En este sentido, se enumeraron los elementos necesarios para la implementación efectiva de la propuesta educativa y se mostró que la misma es realizable a partir de la experiencia recabada en la Planta Campamental N° 7502 (Ministerio de Educación, Provincia de Santa Fe).

Finalmente, es importante destacar que en este trabajo sólo se han explorado algunos de los temas que pertenecen a la agenda de problemáticas a investigar en el área de educación en Astrofísica, y que el desarrollo del mismo estuvo siempre orientado hacia la elaboración de propuestas educativas que fueran realizables y factibles en el ámbito de la escuela media pública.

Notas

- ¹ En realidad ya existían catálogos en donde la *Cruz del Sur* o *Cruz* estaba separada de *Centaurus*, pero es la UAI la que formalmente deja establecida dicha división en 1928.
- ² *Próxima Centauri* es actualmente la estrella más cercana a nuestro sistema solar.
- ³ R_{\odot} es el radio solar.
- ⁴ Sirio es en realidad un sistema binario compuesto por una estrella grande que tiene 3,5 veces la masa solar (*Sirio A*) y por una estrella *enana blanca* (*Sirio B*) que posee masa similar a la del Sol pero confinada en un volumen aproximadamente igual al de la Tierra. Sirio B fue la primera estrella observada de este tipo.
- ⁵ Los astrónomos recurren frecuentemente a información almacenada en grandes bases de datos para investigar diversos fenómenos.
- ⁶ El Observatorio Astronómico Municipal de Rosario cuenta con un filtro que, adosado a un telescopio, permite la observación en detalle del Sol.
- ⁷ Para ello se puede utilizar un programa de graficación como el *gnuplot* (software libre).

Referencias

- Alberico, P. y Burgin, A. (2005). *Ciencias Naturales y Tecnología 8*, Buenos Aires: Aique.
- Amestoy, E.; Lois del Bustio, E. (1998). *Ciencias Naturales 8*, Buenos Aires: Stella.
- Aristegui A.; Baredes, C. F.; Dasso, J.; Delmonte, J. L.; Fernández, D. P.; Sobico, C. I. y Silva, A. M. (2005). *Física II*, Buenos Aires: Santillana Polimodal.
- Barderi, M. G.; Franco, R. y Taddei, F. P. (2002). *Ciencias Naturales 8° EGB*, Buenos Aires: Santillana.
- Barderi M. G.; Franco, R.; Frid, D. J.; Hardmeier, P. (2006). *Ciencias Naturales 9 (Todos Protagonistas)*, Buenos Aires: Santillana.
- Berler, V.; Consoni y Venero (2008). *Ciencias Naturales 9*, Buenos Aires: Estrada.
- Boido, G. (1998). *Noticias del planeta Tierra*, Buenos Aires: A-Z editora.
- Calderón, S. E.; Lemarchand, G. A.; Naso, C. A.; Navas, D. R.; Negroti, P. F.; Rodríguez Usé, M. G.; Vázquez, S. M.; Codner, G. (2001). *Física Activa (Polimodal)*. Buenos Aires: Puerto de Palos.
- Carreras, N.; Conti, O.; Fernandez, C.; Lantz, M.; Milano, C. y Oliver, C. (2001a). *Ciencias Naturales 8*, Buenos Aires: Puerto de Palos.
- Carreras, N.; Conti, O. y otros (2001b). *Ciencias Naturales 9*, Buenos Aires: Puerto de Palos.
- Cerdeira, S.; Cwi, M.; Ferrari, H.; Greco, M.; Marín, G.; Mollerach, R.; Ortí, E.; Tonina, A. y Turner, S. (2001). *Ciencias Naturales y Tecnología 9° EGB*, Buenos Aires: Aique.
- Cornejo, J. N. (2006). La enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela argentina (1880-2000): Un análisis de los textos. *Enseñanza de las Ciencias* 24(3), pp. 357-370.
- Espinoza, A. M.; Montero, A.; Serafini, G. y Suárez, H. (2005). *Ciencias Naturales 8*, Buenos Aires: Longseller.
- Feinstein, A. y Tignanelli, H. (1994). *Una visita al universo conocido*, Buenos Aires: Colihue.
- Franco, R.; Godoy, E. I.; Iglesias, M. C.; López Arriazu, F.; López de Riccardini, S.; Muzzanti, S. M. y Serafini, G. D. (2008a). *Ciencias Naturales 8 (Nuevamente)*, Buenos Aires: Santillana.
- Franco, R.; Frid, D. J., Iglesias, M. C.; López de Riccardini, S.; Taddei, F. P. y Glejzer, C. E. (2008b). *Ciencias Naturales 9 (Nuevamente)*, Buenos Aires: Santillana.
- Gaisman, M. T.; Waldegg Casanova, G.; Adúriz-Bravo, A.; Díaz, F. G.; Lerner, A. M. y Rossi, D. S. (2007). *Física (Perspectivas)*, Buenos Aires: Santillana.
- Gangui, A. (2005). *El Big Bang: La génesis de nuestra cosmología actual*, Buenos Aires: EUDEBA.
- Hurrell, J. A.; Leschiutta Vázquez, M. S. y Rela, A. (2003). *Ciencias Naturales 8*, Buenos Aires: Ediciones SM.
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas*. Buenos Aires: Paidós.
- Maiztegui A. y Sabato, J. (1997). *Física I y II*, Buenos Aires: Kapeluz.
- Mautino, J. M. (2003). *Física Polimodal*, Buenos Aires: Stella.
- Navone, H.; Gastaud, C.; Pattini, N. y Aquilano, R. (2005). El Campamento-Observatorio: un espacio de aprendizaje posible para la enseñanza y divulgación de la Astronomía. *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, BAAA 48.
- Navone, H. D.; Trumper, A. E.; Manuel, L.; Melita, J. S. y Aquilano, R. O. (2009). Astrofísica y Naturalidad de la Ciencia: Estrategias de intersección didáctica. Memorias del *Workshop de Difusión y Enseñanza de la Astronomía* organizado por la Asociación Argentina de Astronomía (Córdoba, Argentina).

- Puerta Restrepo, G. (1999). *Guía para viajeros del cielo*, Buenos Aires: Planeta.
- Rela A. y Sztrajman J. (1999). *Física II*, Buenos Aires: Aique.
- Rosenvasser Feher, E. (2004). *Cielito lindo: Astronomía a simple vista*, Buenos Aires: Siglo XXI.
- Saizar, P. (2006). *Por los senderos de la noche: guía de viaje para mochileros del universo*, Buenos Aires: EUDEBA.
- Tignanelli, H. (2004). *Así funcionaba el Sol*, Buenos Aires: Colihue.