

ASTROFÍSICA ESCOLAR: JUGANDO CON DATOS OBSERVACIONALES

Hugo D. Navone^{1 2}
Miriam Scancich^{1 2 3}
Rubén A. Vázquez^{4 5}

Resumen: La utilización de registros observacionales en el diseño de secuencias didácticas en Astrofísica Escolar no es algo usual en el ámbito de la escuela media. Tampoco lo es el abordaje de temáticas desde el contexto que provee Naturaleza de la Ciencia. A estas carencias se le suma la falta de propuestas que hagan intervenir a la computadora como un laboratorio desde el cual se interpela a la naturaleza. Los aspectos mencionados exponen la existencia de un desajuste entre ciencia escolar y ciencia experta estableciendo la necesidad de elaborar proyectos educativos sencillos que promuevan el diálogo interdisciplinar entre ambos campos del conocimiento. Partiendo de estos presupuestos, en este trabajo se presenta la reformulación escolar del problema abordado por Hubble -que diera lugar al diagrama que lleva su nombre- y se exploran las principales dimensiones educativas que emergen del mismo. La propuesta está destinada a alumnos del último año de nivel medio y primeros años de la universidad, y a estudiantes y profesores de Institutos de Formación Docente. Las puestas en práctica realizadas muestran que la propuesta es viable, que moviliza inquietudes en torno a temáticas de Astrofísica y que se fortalece al adquirir un carácter lúdico y cooperativo.

Palabras clave: Diagrama de Hubble. Modelos observacionales. Ciencia Escolar y Ciencia Experta. Naturaleza de la Ciencia.

ASTROFÍSICA ESCOLAR: BRINCANDO COM DADOS OBSERVACIONAIS

Resumo: A utilização de registros observacionais na construção de seqüências didáticas em Astrofísica Escolar não é algo usual no ensino médio. Tampouco o é uma abordagem de temáticas dentro do contexto da Natureza da Ciência. Agrega-se a estas carências a falta de propostas que estimulem a utilização do computador como um laboratório para estudar a natureza. Os aspectos mencionados expõem a existência de um desajuste entre ciência escolar e ciência avançada, estabelecendo a necessidade de elaborar projetos educativos simples que promovam o diálogo interdisciplinar entre ambos campos do conhecimento. Partindo destes pressupostos, este trabalho apresenta a reformulação escolar do problema abordado por Hubble –a relação entre *redshift* e distância das galáxias- e se exploram as principais dimensões educativas que emergem do mesmo. A proposta está destinada a alunos do último ano do nível médio, primeiros anos do curso superior e a estudantes e professores de Institutos de Formação Docente. As atividades práticas realizadas mostram que a proposta é viável, que mobiliza inquietudes em torno da temática e da Astrofísica e que se fortalece ao adquirir um caráter lúdico e cooperativo.

Palavras-chave: Diagrama de Hubble. Modelos observacionais. Ciência escolar e ciência avançada. Natureza da Ciência.

ASTROPHYSICS IN SCHOOLS: PLAYING WITH OBSERVATIONAL DATA

Abstract: The use of observational records in the design of teaching sequences in Astrophysics in High Schools is quite uncommon. It is also uncommon the thematic approach within the context provided by Nature of Science. Besides these shortcomings, we should also consider the lack of proposals to use the

¹ Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR) <navone@ifir-conicet.gov.ar>

² Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (Universidad Nacional de Rosario, Argentina) <scancich@fceia.unr.edu.ar>

³ Escuela N° 8240, Rosario (Provincia de Santa Fe, Argentina)

⁴ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)

<rvazquez@fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar>

⁵ Instituto de Astrofísica de La Plata (CONICET-UNLP)

computer as a laboratory from which nature is studied. These aspects expose the existence of a disconnection between school science and scientist's science, establishing the need for simple educational projects that promote interdisciplinary dialogue between the two fields of knowledge. Based on these assumptions, this paper presents the school reformulation of the redshift-distance problem as addressed by Hubble in his diagram, and explores the main educational dimensions emerging from it. The proposal is directed not only for senior students of high school and/or early 1st year students at University level, but also for students and teachers from teacher training colleges. Practical evidence shows that this proposal is viable, mobilizes interests about issues of Astrophysics and promotes a ludic and cooperative character among students.

Keywords: Hubble Diagram. Observational models. School Science vs Scientist's Science. Nature of Science.

1. Introducción y estado de situación

Los libros de texto son el reflejo de la ciencia y de la didáctica de la época (CORNEJO, 2006), 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).

Partiendo de estos presupuestos teóricos y basados en una muestra de textos de Ciencias Naturales y Física propuestos para el nivel medio en Argentina, en trabajos anteriores se concluyó que las actividades de carácter observacional no están muy presentes en el abordaje de temas de Astrofísica Escolar (NAVONE *et al.*, 2009).

Continuando en esta línea de análisis, también es posible afirmar que el uso de registros observacionales para la construcción de modelos de diversa naturaleza tampoco es común en la escuela secundaria, aun teniendo en cuenta la amplia disponibilidad de bases de datos y de documentos de libre acceso.

La muestra seleccionada para la realización del presente estudio abarca las siguientes obras escolares: Galoni (2001), Rubinstein (2003), Miguel & Naddeo (2007), Ferrari *et al.* (2008), Aristegui *et al.* (2002, 2005a, 2005b), Rubinstein & Tignanelli (2004), Mautino & Mensio (2001), Díaz *et al.* (2010), González *et al.* (2009), Miguel (2000), Lemarchand *et al.* (2001), Maiztegui & Sábato (1997, 1999), Abellán *et al.* (2005), Bazán & Nisenholc (2010), Consoni *et al.* (2010), Berler *et al.* (2009), Franco *et al.* (2008, 2002), Cerdeira *et al.* (2001), Majas *et al.* (2010), Rela & Sztrajman (1999, 2004), Gaisman (2007), Barderi *et al.* (2006, 2007) y Alberico *et al.* (2001). Cada una de ellas, y en su propio estilo, muestra abordajes interesantes que pueden resultar muy útiles en el diseño de secuencias didácticas específicas; adquiriendo, en este sentido, un carácter complementario a todas las demás.

Si bien en este artículo no se realiza un análisis exhaustivo de las obras escolares que integran la muestra de referencia, hemos tratado de realizar una caracterización general de las mismas en relación a la presencia de contenidos de Astronomía, con especial interés en aquellas que abordan el origen y evolución del Universo.

Varios de los textos analizados no presentan contenidos de Astronomía, lo hacen muy brevemente o bien recurren a los mismos como complementos para el desarrollo de diversas temáticas. Tratando de no ser demasiados taxativos al respecto, en esta primera categoría podríamos incluir a las siguientes obras: Majas *et al.* (2010), Rela & Sztrajman (2004), Abellán *et al.* (2005), Galoni (2001), Rubinstein (2003), Miguel & Naddeo (2007), Ferrari *et al.* (2008), Aristegui *et al.* (2005a), Rubinstein & Tignanelli

(2004), Díaz *et al.* (2010), Barderi *et al.* (2007), Alberico *et al.* (2001) y Maiztegui & Sábato (1997, 1999).

Siguiendo con nuestro estudio, es posible distinguir otro subconjunto en donde aparecen capítulos específicos destinados a tópicos de Astronomía, abarcando el origen y evolución del Universo (teoría del *Big Bang* y expansión del Universo). Los siguientes libros pueden ser integrados en esta segunda categoría: González *et al.* (2009), Miguel (2000), Mautino & Mensio (2001), Bazán & Nisenholc (2010), Consoni *et al.* (2010) y Gaisman (2007).

Finalmente, es posible construir un tercer agrupamiento de obras en donde los capítulos destinados a Astrofísica contienen referencias explícitas a las mediciones realizadas por E. Hubble como sustento observacional de la expansión del Universo y de la teoría del *Big Bang*; algunas de las cuales presentan el diagrama de Hubble que diera origen a la ley que lleva su nombre. Los textos que pueden ser incluidos en esta última categoría de análisis son: Lemarchand *et al.* (2001), Berler *et al.* (2009), Franco *et al.* (2008, 2002), Cerdeira *et al.* (2001), Rela & Sztrajman (1999), Barderi *et al.* (2006) y Aristegui *et al.* (2005b, 2002).

Sin embargo, a pesar de su importancia temática y de la disponibilidad de recursos existentes para explorarla, en estos textos no se propone explícitamente la “problematización” (GAMA & HENRIQUE, 2010) escolar de la propia obra de Hubble, partiendo del contexto histórico en donde se desarrolló, trabajando con los propios registros observacionales usados por este investigador, indagando posibles relaciones en la búsqueda de un modelo y explotando las diversas dimensiones educativas que naturalmente emergen de esta tarea. No obstante, es importante destacar que en BERLER *et al.* (2009) existe una propuesta de trabajo breve sobre la Ley de Hubble como una de las actividades finales del capítulo sobre el origen y la evolución del universo, siendo una referencia a tener en cuenta por su carácter sintético y motivador.

Entonces, partiendo del análisis realizado, en este artículo se propone la reconstrucción escolar del diagrama de Hubble a partir de la velocidad de recesión de un conjunto de galaxias y de las distancias a las que se encuentran -rememorando en parte lo realizado por este investigador- como núcleo articulador de un proyecto educativo en Astrofísica.

Esta propuesta es interesante y conceptualmente muy rica, ya que trata acerca de la reproducción -en versión escolar- de parte de una investigación cuyos resultados fueron impactantes para el desarrollo de la Astrofísica, permite indagar acerca de cómo se constituye el campo científico y sus formas de producción simbólica (BOURDIEU, 2008), cómo se construye el conocimiento científico, cómo se lo difunde y cómo se lo valida, posibilitando múltiples abordajes que ponen en juego variados aspectos de Naturaleza de la Ciencia (ADÚRIZ-BRAVO, 2006; HENRIQUE *et al.*, 2010; NAVONE *et al.*, 2009b).

El dispositivo elaborado ilustra una metodología de trabajo de carácter escolar que hace hincapié en los aspectos observacionales de la construcción del conocimiento científico en Astrofísica, poniendo particular interés en el desarrollo de modelos a partir de los datos.

En principio, el proyecto educativo expuesto en este artículo está dirigido a alumnos del último año del nivel medio y primeros años de la Universidad, y a estudiantes y profesores de Institutos de Formación Docente; sin descartar su posible adecuación en otros niveles, instancias y modalidades educativas.

Finalmente, es importante destacar que en todo momento se asume que la secuencia didáctica propuesta no se establece rígidamente ni se cierra en torno a lo expuesto; muy por el contrario, es este un proyecto abierto que deja en manos de los participantes la indagación, la profundización y la recreación del mismo en base a las características del sistema didáctico específico en el que se interviene y desarrolla la acción educativa, puesto que la investigación forma parte de la propia naturaleza de la práctica docente (FREIRE, 2005).

2. Una propuesta didáctica posible

Una de las dimensiones más relevantes que caracterizan al trabajo en ciencia escolar es su aspecto narrativo (WOLOVELSKY, 2006), el cual se sustenta en una multiplicidad de lenguajes y de recursos a los que se acude permanentemente para poner de manifiesto las características fundamentales de esta empresa humana. En este sentido, es posible afirmar que los docentes de ciencias se enfrentan ante la tarea cotidiana de narrar la ciencia en la lengua de todos los días (CHARPAK, 2006).

El proyecto educativo que se expone en este artículo recurre a este aspecto de la ciencia escolar y propone la elaboración de un guión estructurado en torno al trabajo de E. Hubble (HUBBLE, 1929), dando lugar a una secuencia didáctica cuyos principales aspectos se resumen a continuación.

En primer lugar, se propone explorar el contexto histórico que se vivía a comienzos del siglo XX y cómo las observaciones astronómicas a la par de las nuevas teorías de la Física –relatividad especial (1905) y relatividad general (1915)- daban lugar a numerosos cuestionamientos y debates. Es la época en donde se instalan grandes telescopios y se comienzan a calibrar nuevos métodos para determinar distancias en Astronomía, a la vez que se producen complejos desarrollos teóricos; todo esto como preludio de los acontecimientos científicos de la década de 1920 en donde nuestra concepción del Universo cambiaría drásticamente (GANGUI, 2005; LIGHTMAN, 1997; GREENE, 2006; HENRIQUE *et al.*, 2010).

Es posible sintetizar brevemente los aspectos fundamentales del contexto histórico en una serie de eventos que se narran convenientemente a los efectos de situar a los participantes ante los principales debates y reflexiones de la época. Sin pretensiones de completitud, consideramos que los nodos más relevantes de la secuencia histórica que precede al trabajo de Hubble de 1929 pueden ser los siguientes: [1] Slipher (1912) utiliza el “corrimiento espectroscópico” para calcular la velocidad a la que se acerca la entonces “nebulosa espiral” de Andrómeda; [2] se desarrollan y articulan técnicas para medir distancias astronómicas: método de la paralaje, métodos espectroscópicos y relación período-luminosidad de Cefeidas; [3] se combinan los trabajos de H. Leavitt (1912) y de Shapley (1917) para posibilitar la calibración del método de las Cefeidas y así poder calcular distancias; [4] se asiste a ponencias encontradas entre Shapley y Curtis (1920) acerca de la “forma” del universo, la naturaleza de las “nebulosas espirales” y la ubicación del Sol en el contexto de los dos posicionamientos; [5] Hubble determina la distancia a Andrómeda (1924); (LIGHTMAN, 1997; GANGUI, 2005; HAWKING, 2006; GREENE, 2006; HAWKING, 1988; ABRAMSON, 2010; SAGAN, 1982; SHAPLEY, 1921; CURTIS, 1921; WEINBERG, 1993).

El relato en torno a los puntos señalados permite situar a los participantes en el contexto histórico en el cual Hubble se hallaba inmerso. El siguiente paso de la secuencia consiste en presentar una tabla de datos con valores de velocidades de recesión y de distancias a galaxias extraídos del trabajo en donde Hubble presenta su célebre diagrama (HUBBLE, 1929) con el propósito explícito de extraer información a partir de los mismos.

En este punto, la clase se divide en grupos para favorecer el diálogo y la colaboración. En cada uno de ellos se trabaja con los datos, se analiza el significado de las magnitudes involucradas y de sus unidades, y se les propone que exploren qué pueden hacer con ellos. Se trata de situar a los participantes ante un desafío de carácter lúdico y cooperativo, en donde cada uno de ellos “juega” el rol de ser Hubble frente a los datos.

Con oportunas intervenciones del docente-facilitador se pasa de la tabla de datos a su representación gráfica y, en este momento, se le propone a los grupos que traten de “sintetizar” de alguna manera la información representada por los datos, es decir, que intenten preguntarse si los datos nos dicen algo más que sus propios valores dispersos; esto es, si es posible trazar una relación entre ellos dando lugar a un proceso de modelización (SADOVSKY, 2005).

Surge, entonces, la idea de trazar una recta que pase “entre” los datos, abstrayendo de esta manera la información que los mismos sugieren. Emerge aquí el primer modelo, que hace uso del lenguaje gráfico y que rápidamente pasa a ser expresado en lenguaje matemático.

La próxima etapa consiste en dialogar acerca de si es posible usar herramientas más potentes para obtener la ley que subyace en los datos, dando lugar al uso de TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en la construcción de un modelo de carácter computacional, esto es, usando lenguajes computacionales. Se proponen diferentes herramientas en torno al cálculo de una regresión lineal por mínimos cuadrados teniendo en cuenta las características del grupo en donde este dispositivo se desarrolla: 1) si se ha llegado al concepto de derivada, es posible presentar el cálculo de los coeficientes de ajuste usando mínimos cuadrados y luego programarlo en algún lenguaje formal adecuado para el nivel medio; LOGO es una buena elección en este sentido (NAVONE & TURNER, 2008); 2) si estos conceptos no están presentes se puede recurrir a algún programa de graficación que tenga la posibilidad de realizar un ajuste por mínimos cuadrados –como GNUPLOT (disponible en: www.gnuplot.info, Febrero 2011)- o bien a una planilla de cálculos; 3) finalmente, también es posible usar algún programa de geometría dinámica como GEOGEBRA (disponible en: www.geogebra.org, Febrero 2011).

Sobre esta etapa de la secuencia didáctica resulta interesante detenerse un momento para analizar algunas obras escolares de Matemática para el nivel secundario a los efectos de verificar si se proponen los recursos conceptuales necesarios como para presentar y explorar el concepto de ajuste por mínimos cuadrados. Así encontramos que en la obra de Itzcovich & Novembre (ITZCOVICH & NOVEMBRE, 2006) se aborda el cálculo de derivadas y se trabaja con las “reglas de derivación”, la “regla de la cadena”, la determinación de extremos de funciones y se plantean problemas sencillos de optimización. En la obra de Abdala *et al.* (ABDALA *et al.*, 2006) se dan aún más elementos para el abordaje de esta temática puesto que en el capítulo destinado a estadística los autores presentan el concepto de correlación, definen el coeficiente de correlación lineal, presentan la recta de regresión lineal para ajustar un conjunto de

datos, mencionan el método de cuadrados mínimos y explicitan el cálculo de los coeficientes de la recta de regresión, aunque sin presentar cómo se obtienen los mismos. Proponen ejercicios al respecto e introducen el cálculo de la recta de regresión usando una “calculadora científica”. Finalmente, también recurren al uso de una planilla de cálculo para obtener el modelo lineal que mejor ajusta a un conjunto de datos y el correspondiente coeficiente de correlación, explicitando todos los pasos necesarios para poder hacerlo.

Si bien no se ha realizado un análisis exhaustivo de las obras de Matemática propuestas para el nivel secundario, a partir de los ejemplos citados anteriormente es posible concluir que la propuesta didáctica que se presenta en este artículo puede ser profundizada articulando recursos conceptuales de Astrofísica, Matemática e Informática, siempre y cuando las condiciones educativas específicas del sistema didáctico en el que se pretende implementarla permitan hacerlo.

Una vez obtenido el modelo utilizando alguna de las estrategias mencionadas anteriormente, se presenta el artículo de Hubble (HUBBLE, 1929) en donde se enfatizan algunos párrafos de interés educativo que ponen en evidencia todo lo trabajado hasta el momento, se destaca la tabla desde donde se extrajo el conjunto de datos utilizado, se muestra el diagrama obtenido y se discuten algunas observaciones y comentarios realizados por el autor.

Nuevamente, entran en juego una serie de factores que movilizan inquietudes: el inglés como lenguaje de las ciencias, la obtención de un modelo observacional y su expresión matemática, el impacto de la tecnología sobre el trabajo de los investigadores, el carácter provisional del conocimiento científico, el *paper* y su rol en el proceso de construcción del conocimiento científico, el sistema de arbitraje de los artículos científicos, los medios en donde los investigadores dan a conocer sus resultados (revistas y reuniones), entre otros temas que genera el propio interés de los participantes.

Los resultados de Hubble se contextualizan ahora teniendo en cuenta los avances realizados en el campo teórico destacando nuevamente el carácter observacional (empírico) de los resultados obtenidos. Los eventos históricos que se pueden tomar como referencia para hacer esta correspondencia entre modelos observacionales y teoría pueden ser: [1] los resultados obtenidos por Friedman en donde se describe la posibilidad de un Universo dinámico a partir de la Teoría General de la Relatividad (1922, 1924) y [2] el modelo teórico propuesto por Lemaître (1927) que explicaría las observaciones de Hubble y su ley de expansión (HAWKING, 2006; GANGUI, 2005; LIGHTMAN, 1997).

En esta etapa es posible recurrir a modelos y analogías a los efectos de mostrar el significado del diagrama obtenido por Hubble. Para ello se utilizan actividades propuestas por otros autores tales como: [1] “visualizar” la expansión del Universo superponiendo transparencias que contienen un conjunto de puntos al azar -haciendo coincidir algún punto de referencia- en donde una de ellas sufrió una pequeña ampliación; [2] producir el movimiento de marcas –que corresponden a galaxias- al estirar una banda elástica y [3] representar galaxias sobre la superficie de un globo e inflarlo para observar el movimiento relativo (MORENO, 2010).

Finalmente, la secuencia concluye dialogando acerca de la constante de Hubble, el valor obtenido por el autor y los valores actuales aceptados, las diferencias entre ambos y las razones de tales discrepancias, así como el significado cosmológico de este parámetro, siempre en términos de ciencia escolar y pensando a estos contenidos como

elementos que enriquecen el mundo simbólico de los participantes, que invitan a la reflexión promoviendo inquietudes y movilizando vocaciones (REID & HODSON, 1993; FOUREZ, 2005).

Resulta interesante destacar que esta propuesta puede ser profundizada aún más mediante la utilización de bases de datos de carácter público desde donde es posible obtener registros de velocidades y distancias a galaxias a los efectos de re-calcular el diagrama de Hubble. Tal es la actividad propuesta en la sección “Proyectos” del *SkyServer* usando datos del *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS, 2005). Continuando en esta línea de análisis, la secuencia didáctica también puede ser enriquecida utilizando conceptos que requieren un mayor nivel de abstracción, tal como -por ejemplo- proponen Brescansin de Amôres & Guerra Aleman (2009) (citado en Henrique *et al.*, 2010).

La exposición de este proyecto escolar ha tratado de ser lo más amplia posible, explorando múltiples dimensiones educativas sin entrar en especificidades ni detalles de carácter técnico. Las razones para la utilización de este criterio se sustentan en la necesidad de que sean los propios docentes quienes recreen el dispositivo que se presenta, explorando un trayecto propio en el contexto del sistema didáctico en el que se desenvuelven (CHEVALLARD, 2009). En este sentido, es posible afirmar que la propuesta dista mucho de ser una receta, es más bien un bosquejo que permite re-crear una multiplicidad de variantes teniendo en cuenta factores de carácter educativo específico cuyo análisis escapa a los alcances del presente estudio. No obstante, durante el desarrollo de este artículo hemos tratado de brindar numerosas referencias que abarcan desde artículos científicos, trabajos de investigación en didáctica de las ciencias y textos escolares hasta obras de divulgación científica, sitios en internet y *software* educativo, todo ello con el propósito de facilitar la implementación en diversos escenarios.

En cuanto al tiempo de desarrollo de la propuesta -sólo a título indicativo y lejos de ser categóricos al respecto en virtud de lo expuesto anteriormente- estimamos que los principales aspectos de la secuencia didáctica podrían ser articulados en 2 o 3 clases de 2 horas de duración cada una.

3. Puesta en práctica y resultados obtenidos

La propuesta que relatamos ha sido implementada adecuándola a los objetivos educativos específicos de cada grupo destino. Por las razones expuestas anteriormente, no han sido puestos en práctica todos los aspectos que potencialmente incluye; sin embargo, nos ha sido posible extraer conclusiones de carácter general que revelan el impacto de la misma en los participantes.

Los grupos destinatarios han sido estudiantes del último año del nivel medio en el contexto de la asignatura Física y estudiantes universitarios del segundo año de Licenciatura en Física en el marco de un Taller de Introducción a la Física Computacional.

En ambas experiencias se trabajó cooperativamente tomando los principales aspectos de la secuencia didáctica descrita anteriormente. La propuesta reveló en todos los grupos un interés por la ciencia en general, y por la Astronomía, en particular.

El relato del contexto histórico en donde se desarrolla el trabajo de Hubble - adecuado para cada caso en particular- resultó un ingrediente muy interesante a la hora de ponerse en el lugar del astrónomo y trabajar con los datos.

Los registros observacionales operaron como disparadores de una serie de interrogantes: específicos, en relación a los objetos, conceptos y magnitudes involucradas; y también generales, ya que dotaron de significado al trabajo del investigador generando una serie de inquietudes en torno al tipo de labor que realizan los científicos. Emergió fuertemente el papel de los instrumentos relacionado con el carácter provisional del conocimiento científico, así como también el rol de los *papers* en la comunicación y validación de resultados por parte de la comunidad científica.

También fue posible dialogar acerca de la relación entre modelos empíricos y teoría, y acerca de cómo los dos acercamientos se realimentan continuamente (ADÚRIZ-BRAVO & IZQUIERDO-AYMERICH, 2009).

En el nivel universitario, la actividad de modelización fue profundizada llegando a implementar el ajuste de datos por mínimos cuadrados, diseñando y codificando el algoritmo en un lenguaje formal de alto nivel.

En la experiencia desarrollada en el nivel medio, se trabajó con el concepto de ajuste a partir de la modelización gráfica sobre los datos y extrayendo la recta de mejor ajuste “a ojo”, para luego pasar a describir el método de ajuste por mínimos cuadrados. Se reflexionó acerca del concepto de modelo en general y de modelo observacional en particular; hecho que permitió introducir la problemática de errores e incertezas en las mediciones y el carácter estadístico subyacente.

La actividad, en general, llamó la atención de los alumnos al colocarlos en el rol de investigadores. En este sentido, resultó de particular interés el trabajo con el *paper* de Hubble puesto que puso a los participantes ante una fuente original de conocimiento científico, mostrando a su vez la provisionalidad de los resultados contenidos en la misma.

Si bien la experiencia fue altamente positiva, creemos que la misma necesita de un mayor tiempo de trabajo a los efectos de poder resolver con mayor tranquilidad las inquietudes que surgen y profundizarlas para dar lugar a otros interrogantes. Más allá de las limitaciones del tiempo escolar, es necesario repensar el rol del docente como habilitador de otros tiempos que puedan transponer el trabajo específico de aula. En este sentido, la propuesta es muy adecuada para ser abordada en talleres extraescolares y en actividades relacionadas con ferias de ciencia escolares, entre otras posibilidades.

En ambos grupos se trabajó sobre el significado cosmológico de la constante de Hubble, se discutió acerca del valor obtenido por el mencionado autor en su trabajo y se exploraron los valores aceptados actualmente. La relación conceptual entre la Ley de Hubble y la teoría del *Big Bang* emergió a partir del diálogo grupal facilitado por las oportunas intervenciones del docente.

4. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado el diseño de un proyecto escolar estructurado en torno al diagrama de Hubble publicado en su conocido artículo de 1929. Se han destacado las principales dimensiones educativas que, a nuestro criterio, pueden ser exploradas a través de este dispositivo. Se han bosquejado las etapas de una posible

secuencia didáctica, y se han presentado criterios y referencias de trabajo que permiten su implementación, enriquecimiento y re-creación en diversos contextos educativos.

La propuesta explora conceptos de Naturaleza de la Ciencia al establecerse desde un contexto histórico, al reflexionar acerca del conocimiento establecido y de los cambios que se produjeron en la imagen del Universo en las primeras décadas del siglo pasado y al utilizar una fuente primaria -el *paper* de Hubble y los datos que en él se reportan- como recurso para su implementación y para la discusión acerca del proceso de construcción del conocimiento científico, su validación por parte de una comunidad de especialistas, su difusión y su carácter provisional.

Cumple en presentar el rol de los datos observacionales en la construcción de modelos y en el sustento de teorías, posibilita que los participantes “jueguen” con los registros al representar el papel de investigadores ante un enigma por resolver y pone de manifiesto cómo intervienen métodos y tecnologías en la medición de las magnitudes intervinientes. En particular, sitúa a los participantes ante la complejidad que implica la medición de velocidades y de distancias en Astrofísica.

Sumado a todo lo expuesto, este dispositivo también se constituye en un ejemplo escolar sencillo acerca de cómo intervienen las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en el tratamiento de datos observacionales y en la construcción de modelos.

La propuesta es de carácter transversal e interdisciplinar, ya que compromete a diversas áreas del conocimiento: Astronomía-Astrofísica, Física, Matemática, Estadística, Informática, Filosofía, Historia e Inglés; es de carácter amplio, quedando deliberadamente en manos de los docentes su adecuación para ser implementada en los sistemas didácticos y contextos educativos específicos en donde desarrollan su tarea.

A partir de los resultados obtenidos en su puesta en práctica podemos decir que cumple en despertar inquietudes y vocaciones, produce un acercamiento entre ciencia escolar y ciencia experta, entusiasmo por su carácter lúdico frente a los datos y al juego de roles subyacente, cumple en interpelar los métodos de trabajo de los investigadores y de la ciencia al evidenciar su carácter provisional y, a veces, erróneo, mostrando que se trata de una empresa humana sujeta a permanentes cambios y transformaciones; hace surgir temáticas de diversa naturaleza que no estaban presentes en el diseño original pero que dan lugar a la realización de posibles trabajos de indagación y de exploración posteriores, con múltiples derivaciones.

Finalmente, creemos que la propuesta logra establecer pautas generales y coordinadas de trabajo específicas para la elaboración de un guión a ser escrito, narrado y protagonizado por todos los participantes, pasando a formar parte de un posible bagaje de recursos para la acción educativa en el campo de la ciencia escolar.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Hugo Hortiguera (Spanish Studies School of Languages and Linguistics, Griffith University, Australia) por sus valiosas contribuciones en la redacción de este trabajo.

6. Referencias

ABDALA, C. *et al.* (2006). **Nueva carpeta de Matemática IV** (1° de Polimodal y su equivalente en el nuevo sistema de Educación Secundaria). Buenos Aires: Aique.

ABELLÁN, M. K. *et al.* (2005). **Ciencias Naturales 8**. Buenos Aires: Tinta Fresca.

ABRAMSON, G. (2010). **Viaje a las estrellas: de cómo (y con qué) los hombres midieron el universo**. Buenos Aires: Siglo XXI.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias REIEC**, año 4, 1, pp. 40-49. Disponible en: <<http://reiec.sites.exa.unicen.edu.ar/numero-especial>>. Acceso en: Febrero 2011.

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2006). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. Disponible en: <<http://www.educared.edu.pe/modulo/upload/130077622.pdf>>. Acceso en: Febrero 2011.

ALBERICO, P. *et al.* (2001). **Ciencias Naturales y Tecnología 8° EGB**. Buenos Aires: Aique.

ARISTEGUI, R. A. *et al.* (2005a). **Física I**. Buenos Aires: Santillana.

ARISTEGUI, R. A. *et al.* (2005b). **Física II**. Buenos Aires: Santillana.

ARISTEGUI, R. A. *et al.* (2002). **Ciencias Naturales 9**. Buenos Aires: Santillana.

BARDERI, M. G. *et al.* (2006). **Ciencias Naturales 9**. Buenos Aires: Santillana.

BARDERI, M. G. *et al.* (2007). **Ciencias Naturales 8**. Buenos Aires: Santillana.

BAZÁN, M. D.; NISENHOLC, R. (2010). **Ciencias Naturales 9**. Buenos Aires: Tinta Fresca.

BERLER, V. *et al.* (2009). **Ciencias Naturales 9**. Buenos Aires: Estrada.

BOURDIEU, P. (2008). **Los usos sociales de la ciencia**. Buenos Aires: Nueva Visión.

BRESCANSIN DE AMÔRES, E.; GUERRA ALEMAN, I. (2009). Redshift e Lei de Hubble. Disponible en: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/hubble.pdf>>. Acceso en: Febrero de 2011.

CERDEIRA, S. *et al.* (2001). **Ciencias Naturales y Tecnología 9° EGB**. Buenos Aires: Aique.

CHARPAK, G.; LÉNA, P.; QUÉRÉ, Y. (2006). **Los niños y la ciencia**. Buenos Aires: Siglo XXI.

CHEVALLARD, Y. (2009). **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique.

CONSONI, S. N. *et al.* (2010). **Ciencias Naturales 8**. Buenos Aires: Estrada.

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.

CURTIS, H. (1921). Dimensiones y estructura de la Galaxia. **Bulletin of the National Research Council** Vol. 2, Part 3, May, 1921, Number 11, pp 171-217. Traducción: R. A. Vázquez. Disponible en: <<http://fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar/~egiorgi/cumulos/historica/debate/grandebate.pdf>>. Acceso en: Febrero 2011.

DÍAZ, G. *et al.* (2010). **Física**. Buenos Aires: Santillana.

FERRARI, A. *et al.* (2008). **Ciencias Naturales 8**. Buenos Aires: Santillana.

FRANCO, R.; BARDERI, M. G.; TADDEI, F. P. (2002). **Ciencias Naturales 8**. Buenos Aires: Santillana.

FRANCO, R. *et al.* (2008). **Ciencias Naturales 9**. Buenos Aires: Santillana.

FREIRE, P. (2005). **Pedagogía de la autonomía**. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

FOUREZ, G. (2005). **Alfabetización científica y tecnológica**. Buenos Aires: Colihue.

GAISMAN, M. T *et al.* (2007). **Física**. Buenos Aires: Santillana.

GALONI, H. A. (2001). **Física**. Buenos Aires: Sainte Claire.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. (2010). Astronomía na sala de aula: por quê?. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA** 9, p. 7-15, 2010.

GANGUI, A. (2005). **El Big Bang: La génesis de nuestra cosmología actual**. Buenos Aires: EUDEBA.

GREENE, B. (2006). **El tejido del cosmos**. Barcelona: Crítica.

GONZÁLEZ, A. N.; LULIANI, L.; MUÑOZ, J. C. (2009). **Física**. Buenos Aires: Tinta Fresca.

HAWKING, S. W. (2006). **Brevísima historia del tiempo**. Barcelona: Crítica.

HAWKING, S. W. (1988). **Historia del tiempo**. Buenos Aires: Grijalbo.

HENRIQUE, A. B.; FLÓRIO, V.; L'ASTORINA, B. (2010). Discussões sobre Natureza da Ciência em um curso sobre a História da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA** 9, p. 17-31, 2010.

HUBBLE, E. (1929). A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA** 15, 3, pp. 168-173. Disponible en: <<http://fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar/~egiorgi/cumulos/historica/publicaciones/hubble3.pdf>>. Acceso en: Febrero de 2011.

ITZCOVICH, H.; NOVIEMBRE, A. (2006). **Matemática 3** (Polimodal). Buenos Aires: Tinta Fresca (2006).

LIGHTMAN, A. (1997). **Luz antigua: nuestra cambiante visión del universo**. Santiago de Chile: Andrés Bello.

- LEMARCHAND, G. A. *et al.* (2001). **Física**. Buenos Aires: Puerto de Palos.
- LITWIN, E. (1997). **Las configuraciones didácticas**. Buenos Aires: Paidós.
- MAJAS, F. *et al.* (2010). **Física**. Buenos Aires: Ediciones SM.
- MAIZTEGUI A.; SÁBATO, J. (1999). **Física I**. Buenos Aires: Kapeluz.
- MAIZTEGUI A.; SÁBATO, J. (1997). **Física II**. Buenos Aires: Kapeluz.
- MAUTINO, J. M., MENSIO, A. A. (2001). **Física 8**. Buenos Aires: Stella.
- MIGUEL, H. (2000). **El universo de la física**. Buenos Aires: CCC Educando.
- MIGUEL, C. R.; NADDEO, J. M. (2007). **Física I**. Buenos Aires: GZ.
- MORENO, R. (2010). Expansión del Universo. **I Curso Internacional de Didáctica de la Astronomía para Nivel Secundario**, NASE (Network for Astronomy School Education), Rosario, Argentina, 2010. Disponible en: <[http://www.iaucomm46.org/web_nase/Talleres/Expansion del Universo.pdf](http://www.iaucomm46.org/web_nase/Talleres/Expansion%20del%20Universo.pdf)>. Acceso en: Febrero de 2011.
- NAVONE, H. D. *et al.* (2009a). Astrofísica escolar: estrategias de enseñanza-aprendizaje para el nivel medio. **Revista de Enseñanza de la Física** 22, 1, pp. 57-70.
- NAVONE, H. D. *et al.* (2009b). Astrofísica y Naturaleza de la Ciencia: Estrategias de intersección didáctica. En: Gómez, M. *et al.* (Eds.). **Actas del WORKSHOP DE DIFUSIÓN Y ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA**. Córdoba: Asociación Argentina de Astronomía, 2009. Disponible en: <http://www.astronomiaargentina.org.ar/archivos/actas_de_workshops/wdea.pdf>. Acceso en: Febrero 2011.
- NAVONE, H. D.; TURNER, P. A. (2008). Física computacional en el nivel medio: ¿una asignatura pendiente? **Revista de Enseñanza de la Física** 21, 2, pp. 61-74.
- REID, D. J.; HODSON, D. (1993). **Ciencia para todos en secundaria**. Madrid: nancea.
- RELA, A.; SZTRAJMAN, J. (2004). **Física I**. Buenos Aires: Aique.
- RELA, A.; SZTRAJMAN, J. (1999). **Física II**. Buenos Aires: Aique.
- RUBINSTEIN, J.; TIGNANELLI, H. (2004). **Física I**. Buenos Aires: Estrada.
- RUBINSTEIN, J. (2003). **Aprender Física**. Buenos Aires: Lugar.
- SADOVSKY, P. (2005). **Enseñar Matemática hoy**. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- SAGAN, C. (1982). **Cosmos**. Barcelona: Planeta.
- SDSS (2005). El diagrama de Hubble. **Sloan Digital Sky Survey (SDSS)**. Disponible en: <<http://cas.sdss.org/dr5/sp/proj/advanced/hubble/>>. Acceso en: Febrero 2011.

SHAPLEY, H. (1921). Evolución de la idea del tamaño galáctico. **Bulletin of the National Research Council** Vol. 2, Part 3, May, 1921, Number 11, pp 171-217. Traducción: R. A. Vázquez. Disponible en: <http://fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar/~egiorgi/cumulos/historica/debate/grandebate.pdf>. Acceso en: Febrero 2011.

WOLOVELSKY, E. (2006). **Maestros: narradores de la ciencia**. Buenos Aires: noeduc.

WEINBERG, S. (1993). **Los tres primeros minutos del universo**. Barcelona: Salvat.