

Astrofísica y Naturaleza de la Ciencia: Estrategias de intersección didáctica

H. D. Navone

A. E. Trumper

L. Manuel

J. S. Melita

R. O. Aquilano

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - UNR

Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR)

Observatorio Astronómico, Planetario y Museo Experimental de Ciencias, Rosario

Centro de Educación Física N° 15, Rosario



Problemática



Investigación Educativa en Didáctica de las Ciencias → Impulsada por la finalidad proclamada de lograr una **Ciencia para Todos**, cuyo correlato teórico es la denominada **Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT)** [Adúriz-Bravo, 2005].

Ciencia para Todos → “La **educación científica** es para todos –no solamente para aquellos que tienen **potencial** para convertirse en científicos, tecnólogos o técnicos-. Todos tienen derecho a comprender y tomar parte en procesos de resolución de problemas de la vida cotidiana que necesitan el conocimiento y las disciplinas de la Ciencia” [DES-UK, 1977; Reid & Hodson, 1993].

ACT → Una persona “**alfabetizada científicamente**” es aquella capaz de comprender que la sociedad controla la ciencia y la tecnología a través de la provisión de recursos, que **usa conceptos científicos, destrezas procedimentales y valores** en la toma de decisiones diaria, que reconoce las limitaciones así como las utilidades de la ciencia y la tecnología en la mejora del bienestar humano, que conoce los principales conceptos, hipótesis y teorías de la ciencia y es capaz de usarlos, que **diferencia entre evidencia científica y opinión personal**, que tiene una rica visión del mundo como consecuencia de la educación científica, y que **conoce las fuentes fiables de información científica y tecnológica** y usa fuentes en el proceso de toma de decisiones [NSTA, 1982].

Mandato Internacional → “Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la **alfabetización científica** en todas las culturas y todos los sectores de la sociedad así como las capacidades de razonamiento y las competencias prácticas y una apreciación de los principios éticos, a fin de **mejorar la participación de los ciudadanos** en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos” [UNESCO, 1999].

Reflejo Nacional → “No se trata sin embargo de cualquier tipo de formación sino de una educación que además contribuya a la **alfabetización científica del conjunto de la población**, de manera que todos los ciudadanos podamos estar en condiciones de interesarnos en, e indagar sobre, distintos aspectos del mundo que nos rodea; poder **tomar decisiones informadas acerca de cuestiones que afectan la calidad de vida y el futuro de la sociedad**; de interesarse por, e involucrarse en, los discursos y debates sobre ciencias; y de arribar a conclusiones basadas en razonamientos válidos que incluyan, cuando corresponda, la interpretación de evidencia empírica” [Informe de la CNMECNyM, 2007].

Y en este contexto de demandas y “mandatos” sociales (nacionales e internacionales) también se verifica que...

Estado de crisis y exclusión

[Informe de la CNMECNyM, 2007]

→ La **enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas** se encuentra en una profunda crisis evidenciada en parte por los **bajos logros de aprendizaje** que los alumnos manifiestan de acuerdo a los resultados obtenidos en los **Operativos Nacionales de Evaluación** llevados a cabo por el Ministerio de Educación (ME) en los últimos años.

→ Además, de los mismos surge que un alto porcentaje de la **población de bajos recursos** se encuentra **excluido** del manejo de los códigos de la ciencia y la tecnología.

Campo de trabajo y marco teórico



→ “Las ciencias deben estar al servicio del conjunto de la humanidad y contribuir a dotar a **todas las personas** de una **comprensión más profunda de la naturaleza y la sociedad**, una **mejor calidad de vida y un entorno sano y sostenible** para las generaciones presentes y futuras” [UNESCO, 1999].

→ “Lo que nosotros buscamos es un ciudadano pensante e informado, capaz de considerar cuestiones tecnológicas y científicas, junto con sus limitaciones económicas, problemas ambientales, criterios éticos y consideraciones sociales y estéticas. **El currículo de Ciencias es el principal vehículo para el logro de la amplitud de perspectivas de las cuales depende la toma de decisiones responsables**” [Reid & Hodson, 1993].

→ La **Didáctica de las Ciencias** es una disciplina que ha logrado cierto grado de autonomía, que se encuentra **centrada en los contenidos de las ciencias**, y que se nutre de otras disciplinas que se ocupan de la cognición y del aprendizaje [Ardúriz-Bravo & Izquierdo Aymerich, 2002].

→ Este trabajo se inscribe en el paradigma de investigación educativa denominado **Investigación-Acción Participativa (IAP)**, en donde se asume que el investigador “entra” en una institución o grupo para hacer investigación **junto con** y no **sobre** los participantes [Anderson & Kerr, 2007].

→ La **Ciencia Escolar** se diferencia de la **Ciencia Experta** al establecer sus objetivos en relación con los valores de la educación que la escuela se propone transmitir [Proyecto de Alfabetización Científica - DNGCyFD, 2007]. **Este trabajo trata sobre Ciencia Escolar y no sobre Ciencia Experta.**

→ La construcción de los saberes escolares requiere de un **proceso de transformación** del contenido científico con un amplio grado de libertad – denominado **transposición didáctica**- permaneciendo la **Ciencia Experta** como referente cultural último de la **Ciencia Escolar** [Chevallard, 1991; Proyecto de Alfabetización Científica - DNGCyFD, 2007].

Principio articulador

Numerosos autores coinciden en que no sólo hay que **”saber ciencia”** sino que además es imprescindible **”saber sobre la ciencia”**; esto es, *qué es* (aspecto epistemológico), *cómo cambia* (aspecto histórico) y *cómo se relaciona con la sociedad* (aspecto sociológico).

Todos estos aspectos se integran en **Naturaleza de la Ciencia** escolar, entendida ésta como un **conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica** [Adúriz-Bravo, 2005].

Estado de situación



Hipótesis de trabajo → Los **textos escolares** son verdaderos **documentos históricos** que reflejan tanto la **ciencia** como la **didáctica** de cada época, desplazando a los **contenidos curriculares** en la **planificación** y en las **prácticas de aula** [Cornejo, 2006; CNMECNyM, 2007].

Tratando de sintetizar el panorama de las obras de **nivel medio** analizadas es posible concluir que las mismas van desde aquellas cuyo interés está **centrado en el desarrollo de contenidos específicos** -presentando sólo escasas **referencias históricas**- hasta aquellas en donde aparecen más fuertemente **conceptos de Naturaleza de la Ciencia con cierta intencionalidad didáctica.**

No se registran obras que articulen contenidos de **Astrofísica** desde la perspectiva de **Naturaleza de la Ciencia.**

Entonces...

Resulta necesario diseñar **estrategias de intersección didáctica** que permitan abordar específicamente temas de **Astrofísica y de Naturaleza de la Ciencia** con la **intencionalidad didáctica** de generar en los **docentes** y **alumnos** una **imagen más certera** de lo que la ciencia **es**, ***cómo evoluciona y cómo se interrelaciona*** con la sociedad.

Los contenidos de **Astrofísica son especialmente adecuados para el desarrollo y profundización de esta estrategia de trabajo.**

Posibles coordenadas de intersección didáctica



Sistema Didáctico → La “clase” es un **sistema didáctico** en donde **interactúan alumnos, docentes y contenidos** con el propósito de que los alumnos aprendan [Chevallard, 1991].

Los contenidos variarán en función de los otros elementos del sistema.

Los procesos de **transposición didáctica** constituyen el eje sobre el que se estructura este sistema ofreciendo la oportunidad de **diseñar una ciencia adecuada a los intereses y experiencias de los alumnos.**

Teniendo en cuenta esto, en este trabajo sólo **se enuncian posibles estrategias de intersección didáctica** entre **Astrofísica y Naturaleza de la Ciencia**, **quedando en manos del docente la recreación de esta propuesta en cada situación de enseñanza-aprendizaje particular.**

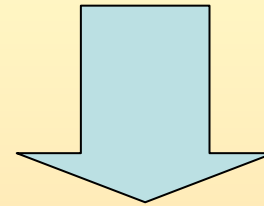
Se propone utilizar las **ideas de Kuhn** acerca del **proceso de construcción del conocimiento científico** como **principio articulador** del trabajo en **Naturaleza de la Ciencia y Astrofísica**, destacando que éste es sólo un **modelo** acerca de cómo evolucionan las ciencias.

Como todo modelo, éste también necesita de una serie de **construcciones teóricas**:
Paradigma, enigma, anomalía, crisis, revolución científica, ciencia normal y ciencia extraordinaria.

Situados ahora en el ámbito educativo, necesitamos generar **“modelos escolares”** (inevitablemente incompletos) para “acercar” estas ideas a los **docentes** (en primera instancia) y **a los alumnos** (en instancias posteriores) **mediante el trabajo de sus docentes.**

Para ello, usamos una analogía...

Supongamos que un **explorador** tiene que transitar por un **nuevo territorio**, el cual ya ha sido **explorado parcialmente** por **otros exploradores** en otras ocasiones.



Para ello cuenta con un **mapa**, una **brújula**, con la **experiencia** de haber explorado **otros lugares** y con los **conocimientos** propios de todo explorador...

Quienes trabajan en ciencias se parecen mucho a nuestro explorador...

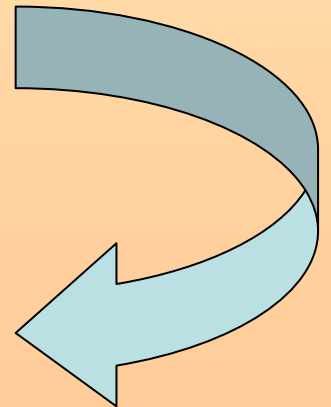


Imagen del progreso de las Ciencias (Kuhn)

Paradigma → Constituido por los **supuestos teóricos generales**, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una determinada **comunidad científica**.

Para nuestro explorador el **paradigma desde el cual explora un territorio** estaría “materializado” por el **mapa** (experiencias de otros), por la **brújula** (instrumentos y técnicas de su tiempo) y por sus **conocimientos y experiencias previas**.

Siendo la **comunidad científica** toda la **comunidad de exploradores**.

Ciencia Normal → Actividad de **resolver problemas (enigmas)** bajo las reglas de un determinado paradigma.

Para nuestro explorador la **Ciencia Normal** sería la **actividad de verificar y corregir el mapa** a medida que **explora un territorio, comunicando las novedades** que va encontrado a su paso a toda la **comunidad de exploradores**.

Enigmas → Todo paradigma contiene **problemas** que **no se “ajustan del todo”** a lo establecido y que se tratan de resolver en el marco de lo que hoy denominamos **“actividad científica”**.

Para nuestro explorador los **enigmas** serían las **“fallas”** que va encontrando en el mapa o los **nuevos accidentes** y **territorios** que no están descritos en el mismo.

Crisis y Revoluciones → Cuando la **Ciencia Normal** acumula **enigmas persistentes (anomalías)** que afectan a los propios fundamentos de un **paradigma**, se entra en un **período de crisis** y surgen nuevos paradigmas.

Se produce una **Revolución Científica** cuando se abandona un paradigma y se lo reemplaza por otro.



Nuestro explorador concluye que el **mapa no sirve**, que hay que rehacerlo por completo, pudiendo ser de **relativa utilidad** conservar algunas porciones del mismo.

Una vez introducidos estos conceptos, es posible **ponerlos en acción** usando ahora **contenidos disciplinares**.

Para ello se proponen los siguientes **prototipos de trabajo** –articulados en una **secuencia didáctica**- como ejemplos de muchos otros posibles:

Episodio I

El Sistema Solar y sus modelos: Desde el **Modelo de Ptolomeo al Modelo de Copérnico**. Aquí es posible trabajar todo lo anticipado hasta el momento: modelos, paradigmas, enigmas, anomalías, correcciones, crisis y revolución científica, cambio de paradigma, rol de la evidencia empírica.

Episodio II

Observaciones de Galileo y su impacto sobre el paradigma existente: Observación de estrellas en todas direcciones (muchos “mundos” posibles), imperfecciones en la Luna (cráteres, valles y montañas) y en el Sol (manchas y rotación solar), lunas de Júpiter (un “sistema copernicano” en miniatura) y fases de Venus (evidencia de la validez del modelo copernicano). Consolidación del paradigma copernicano. **Popularización de la Astronomía.** Rol del **telescopio** (instrumentos en ciencias). Nacimiento de géneros literarios como **divulgación científica** y **ciencia-ficción**.

Episodio III

Urano y Neptuno: La secuencia didáctica continúa con el surgimiento del paradigma newtoniano para analizar el concepto de **falla predictiva** como “pista” para la investigación científica [Miguel, 2002] a partir del análisis del descubrimiento de **Neptuno**. **El enigma se resuelve en términos del propio paradigma.**

Episodio IV

Mercurio y Vulcano: Este ejemplo resulta muy interesante porque el enigma es persistente y se **transforma en anomalía**; pero se resuelve por un **cambio de paradigma** en cuya creación no tiene participación, no sin antes pasar por un **intento de reafirmación del paradigma existente** buscando un **factor perturbador** dentro de sus límites (el supuesto planeta **Vulcano**). **En este caso se dice que el paradigma se “disuelve”** [Miguel, 2002].

Episodio V

Plutón: Se propone **explorar** los antecedentes, discusiones, debates y propuestas acerca de la definición del término “**planeta**” y la nueva conformación del Sistema Solar adoptada por la Unión Astronómica Internacional (IAU).

Este prototipo de trabajo es interesante porque re-explora nuevamente la noción de **modelo** al reconfigurarse el Sistema Solar bajo una nueva agrupación conceptual de sus componentes (**reordenamiento del paradigma**); propone la discusión acerca de la definición de un término científico –planeta- que pretende representar sin ambigüedades a toda una categoría de objetos (**nuevas categorías conceptuales**); muestra que existen discrepancias entre los científicos y, también, definiciones alternativas (**la ciencia como empresa eminentemente humana**); permite explorar el proceso de búsqueda de consenso desarrollado en la IAU (**sociología de la ciencia**); entre otros tantos aspectos en donde se conjugan diversas temáticas de **Naturaleza de la Ciencia** y **Astrofísica** en sus versiones tanto escolar como erudita.

Implementación de la propuesta y experiencias en desarrollo



El Campamento Educativo es una herramienta pedagógica del eje curricular **Vida en la Naturaleza** perteneciente al área de **Educación Física**.

Numerosos factores hacen de esta **herramienta pedagógica** el lugar por excelencia en donde desarrollar **actividades de intersección didáctica entre Astrofísica y Naturaleza de la Ciencia**:

- (1) su planificación, organización e implementación requiere de un **trabajo interdisciplinar**;
- (2) se dispone de **espacios y tiempos muy flexibles**;
- (3) se desarrolla en lugares de **baja contaminación lumínica** ya que están alejados de los centros urbanos;
- (4) se pueden reproducir las **observaciones de Galileo** y reflexionar sobre ellas a medida que se van **desplegando contenidos de Astrofísica y de Naturaleza de la Ciencia escolar**;
- (5) el espacio de enseñanza-aprendizaje es particularmente rico en potencialidades educativas puesto que comparte características que son propias del **circuito educativo no formal e informal** [Navone *et al.*, 2005 y 2008].

- ☀ La propuesta que se presenta en este trabajo ha sido implementada en **talleres de capacitación para docentes de Educación Física** con especialidad en **Vida en la Naturaleza** que poseen cátedras en los **Institutos de Formación Docente** y para **docentes de nivel medio de todas las disciplinas**. **El objetivo de estos talleres es “acercarles” estas temáticas promoviendo el trabajo interdisciplinar**. Desde nuestro punto de vista, se trata del inicio de un proceso de Alfabetización Científica y Tecnológica de los actores (docentes) del sistema educativo.
- ☀ Se ha desarrollado en **“tiempo de campamento”**, como parte de la **capacitación en servicio** que está implementando el **Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe** para que docentes de diversas áreas y campos curriculares incorporen al **Campamento Educativo como herramienta pedagógica interdisciplinar**.

Los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones cualitativas realizadas son positivos ya que muestran un alto interés por parte de los docentes en incorporar “culturalmente” las temáticas abordadas y, dependiendo del campo disciplinar específico, se verifica un intento por apropiarse de las estrategias didácticas propuestas que conectan contenidos curriculares de **Astrofísica** con **Naturaleza de la Ciencia**.

Conclusiones



En términos generales, se concluye que resulta imprescindible **generar estrategias educativas (didácticas)** dirigidas a **articular contenidos** disciplinares e interdisciplinares. En este trabajo se hizo una propuesta concreta en este sentido.

Hoy más que nunca la escuela debe ser un lugar en donde se trabaje sobre **principios articuladores** que permitan **construir y consolidar redes conceptuales** posibilitando la adquisición de habilidades para “leer” y analizar la realidad, para reflexionar críticamente sobre ella y para **participar activamente en su transformación.**

En este sentido, en este trabajo se rescata el rol transformador de la educación.