

Construcción de modelos a partir del análisis de *cajas negras* en las clases de astronomía.

María Amalia Beltrán

I.E.S. Juan B. Justo

macbeltran@gmail.com

Eje: Pedagogías de la formación en el nivel superior

Tipo de trabajo: Relato de experiencia

Palabras claves: *enseñanza de las ciencias naturales, modelos, analogías*

RESUMEN

El desafío de la formación académica de los futuros docentes de nivel primario es promover el aprendizaje de las Ciencias Naturales, en este caso, de la astronomía, mediante procesos de **modelización** que los ayuden a comprender que las entidades científicas forman parte de un corpus teórico de carácter provisional y no del mundo real.

La introducción de recortes de la historia de la astronomía en las clases de Enseñanza de las Ciencias Naturales III, permite comprender los esfuerzos de la humanidad por conocer el Cosmos. En consecuencia, la utilización de textos de divulgación científica constituye un recurso valioso para lograr una aproximación a la naturaleza de la ciencia como una empresa humana y a los conocimientos científicos como productos de esa actividad.

En esta propuesta, este acercamiento al trabajo científico, enriquecido permanentemente por aportes interdisciplinarios, se da a partir de la lectura y posterior análisis del libro *Así funcionaba el Sol*. (Tignanelli, 1994).

El texto aborda el análisis del concepto de **caja negra** en relación con la constitución del Sol y cómo fueron sustituyéndose los modelos que explicaron históricamente su funcionamiento hasta llegar a sostener argumentaciones a favor de la explicación actual basada en procesos termonucleares.

De esta forma se intenta promover, además, aprendizajes significativos que permitan contribuir en el desarrollo de las competencias lingüísticas (hablar, leer y escribir) requeridas para la construcción de conocimientos disciplinares de forma autónoma en el futuro desempeño profesional de los alumnos del profesorado primario.

introducción

“La duda es un componente imprescindible de una ciencia en desarrollo, una de las premisas del conocimiento científico: o dejamos la puerta abierta a nuestra duda, o no habrá ningún progreso. No hay conocimiento sin problema, no hay problema sin duda...” Richard Feynman¹

La astronomía es una ciencia basada en la observación. Su objeto de estudio, el Universo, no es algo “tangible” y accesible a la percepción directa. La mayoría de los cuerpos celestes son *cajas negras*⁴ cuya estructura, es decir, los fenómenos físicos que ocurren en su interior, se desconocen, y solamente pueden analizarse a través de sus manifestaciones exteriores. (Tignanelli, 2004)

En el marco del Diseño curricular vigente para la jurisdicción de la ciudad de Buenos Aires, se analiza la Progresión de contenidos de los Bloques *La Tierra y el Universo* y *Fuerza y movimiento*, y las ideas básicas a construir en cada ciclo de la escolaridad primaria, así como los conocimientos previos requeridos para abordar su enseñanza.

La observación del cielo *a ojo desnudo*² se inicia en tercer grado.

De los conocimientos previos sobre el Sol, la Luna y las estrellas se avanza sobre la determinación de la presencia permanente de estos cuerpos celestes en cielo y la influencia de las condiciones lumínicas para la detección diurna de todos ellos.

El estudio de los astros se centra en la observación, el análisis de los movimientos aparentes de los cuerpos celestes y la formulación de leyes que rigen los movimientos reales.

Es conveniente promover un análisis histórico reflexionando con los futuros docentes sobre momentos trascendentes en el desarrollo de la astronomía, tales como, las primeras cosmologías (basadas en mitos y en las teorías generadas a partir de observaciones sistemáticas); la astronomía griega (los modelos de Aristóteles y Ptolomeo); la revolución científica (los modelos de Copérnico, Kepler y Galileo) hasta arribar a la imagen actual del universo. .

Considerando que un tratamiento de estos temas que siga el desarrollo histórico puede contribuir a mejorar la enseñanza y, el acercamiento de los lectores al trabajo científico, se propone al curso la lectura y posterior análisis del libro de divulgación científica de Horacio Tignanelli, *Así funcionaba el Sol*. .

Particularmente se reflexiona sobre el concepto de *caja negra* y el proceso de construcción de modelos³ explicativos a partir de la observación y la experimentación y

¹ Citado por Tignanelli, H, en *Así funcionaba el Sol*, p 102

² **A ojo desnudo** es decir, “a simple vista” alzando los ojos al cielo sin el auxilio de instrumentos ópticos.

³ Acordamos con La concepción de Giere [1992] de un modelo científico es a la vez sencilla y amplia y extremadamente potente: cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, califica de modelo teórico: no solo los modelos altamente abstractos más elaborados, sino también las maquetas, las

cómo fueron sustituyéndose los modelos que explicaron históricamente el funcionamiento del Sol hasta llegar a sostener argumentaciones a favor de la explicación actual basada en procesos termonucleares.

Analizar las situaciones de lectura y escritura en contextos de estudio, como así también los modos de intervención docente que cada una de ellas demanda, requiere la utilización de habilidades cognitivo-lingüísticas adquiridas por los alumnos en trayectos de formación anteriores.

El aprendizaje sobre astronomía y los diversos modelos de Universo (geocéntrico, heliocéntricos, etc.) presenta grandes dificultades, y una proporción alta de estudiantes no consigue una comprensión adecuada de aspectos básicos de los mismos (Solbes, 2011). En consecuencia, el trabajo centrado en el uso de modelos sencillos de los cuerpos celestes, es una estrategia que permite a los alumnos comprender y explicar por ejemplo, cómo los movimientos en el sistema Sol-Tierra-Luna dan lugar a la sucesión de días y noches; de las estaciones y también a la producción de eclipses.

“La comprensión del sistema Tierra-Sol-Luna, en términos de forma, tamaño y movimiento, es el pilar fundamental para comprender el sistema solar en sí mismo, y constituye el punto de partida para poder acceder a una idea global del universo”. (Tignanelli, 1993);

MODELIZACIONES A PARTIR DE CAJAS NEGRAS

Los destinatarios de la propuesta que se describe a continuación son alumnos del Profesorado de formación de docentes de nivel Primario. Las edades oscilan entre los 18 años y los 35 años.

El número de alumnos inscriptos en Enseñanza de las Ciencias Naturales 3 en el Primer cuatrimestre del presente ciclo lectivo fue de 12 alumnos.

Se dividió la clase en pequeños grupos (integrados por tres alumnos) permitiendo el intercambio de ideas y conocimientos entre los integrantes del mismo y la socialización con el resto de sus pares tanto en instancias de comunicación oral a través de puestas en común realizadas en clase. De esta forma se trata de que los alumnos sean protagonistas de aprendizajes participativos, colaborativos y cooperativos en los que se ejercite el respeto por las opiniones divergentes y el enriquecimiento personal dado en las interacciones docente-alumnos y entre los pares.

Comparando un problema astronómico con otro cibernético puede establecerse una

imágenes, las tablas, los grafos, las redes, las analogías...siempre que habiliten, a quien los usa, a describir, a explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto subrogado...(Adúriz Bravo, 2011)

analogía: "tenemos un objeto cuya estructura interna desconocemos; sólo podemos verificar que ese objeto tiene "entradas" y "salidas". Es decir, las entradas son las influencias externas que recibe ese objeto y las salidas son las reacciones con que el mismo responde a dichas influencias"⁴.

A partir de la observación, en función de los conocimientos previos y muchas veces a través de procesos de pensamiento de tipo analógico, cualquier persona es capaz de imaginar y generar representaciones [modelos mentales]. (Izquierdo,)

Los elementos constituyentes de un modelo mental son los siguientes:

1. Una *primera representación* mental del sistema físico que se quiere modelizar.
2. Una *segunda representación* mental, deducida a partir de la primera, dotada de reglas de inferencia que permiten la predicción de posibles acercamientos al sistema físico modelizado. (Johnson-Laird). Ésta modelización permite comparar el comportamiento del modelo construido mentalmente con el comportamiento real del sistema físico modelizado.

Aprender ciencias... implica aprender a cambiar las formas de ver los fenómenos, de razonar, de hablar y de emocionarse en relación a ellos, todo de forma simultánea (Arca y cols., 1990).

Para ampliar la comprensión de los futuros docentes en torno a *las relaciones entre teoría y observación* y la manera de afrontar el trabajo con las cajas negras y la modelización sobre su funcionamiento, y por ende sobre su constitución interna, se les presenta el siguiente dispositivo: (foto 1)

Se trata de una caja negra en la que disponen de:

- un orificio para observar su interior (foto 2)
- un orificio que se opone al anterior y está tapado por una lámina de un material traslúcido de modo que permite el ingreso de cierta cantidad de luz (foto 3)

A partir de la información recabada deberán intentar explicar su funcionamiento y proponer un modelo analógico al observado, construirlo y comparar el grado de semejanza que guarda con el dispositivo observado.

"Lo que interesa para favorecer la construcción colectiva de los modelos es que haya una diversidad de formas de ver y de representarse la realidad, ya que, sin representaciones distintas, no hay posibilidad de avanzar en el proceso de modelización... La necesidad de una representación surge de la necesidad de explicar algo y por ello es tan importante que la experiencia planteada no resulte obvia o sin sentido para el alumnado." (Sanmartí, 2002)

Las actividades iniciales tienen carácter exploratorio y se espera que los alumnos obtengan información sobre el *objeto de estudio*, extraigan información sobre los

⁴ Tignanelli, en Así funcionaba el Sol, p 97

resultados de las acciones que realizan sobre éste y puedan proponer un modelo sobre su funcionamiento esquematizando su posible estructura interna.

Entre los comentarios vertidos luego de las observaciones surge la hipótesis de un grupo que describe que “algo cae”.

Cuando se reflexiona sobre las características de la caída se concluye que “la dirección es vertical y el sentido de arriba hacia abajo”.

Se postula que los objetos deben ser cuerpos sólidos tienen distinta forma y tamaños variados, estimándose sus dimensiones entre mm y 1cm. Se establece que podrían ser brillantinas, mostacillas y lentejuelas de distintos colores

Una de las alumnas propone que los objetos caen lentamente porque atraviesan un líquido. Dada la nitidez de la observación, éste debe ser transparente e incoloro.

Otra alumna expresa que lo que se observa parece ser el reflejo sobre espejos *como en un caleidoscopio*. Otra afirma en voz alta que “*no hay que girarlo para ver*”, entonces, surge el interrogante general: *¿qué hay allí dentro?*

Una reflexión final permite poner en evidencia que en todas las observaciones se han puesto en juego los conocimientos previos de cada uno de los observadores, los cuales permitían hacer comparaciones. (Por ejemplo, asociar las imágenes que se observan con las producidas con un caleidoscopio).

La actividad siguiente es pensar un modelo que de cuenta del funcionamiento del dispositivo.

Se les propone que armen un sencillo diseño experimental para comparar la caída de los cuerpos en distintos líquidos transparentes e incoloros (foto 4)

Estos diseños experimentales están asociados al desarrollo de contenidos de Física (las leyes del movimiento, la atracción gravitatoria, los fenómenos producidos en la interacción de la luz con distintos materiales: la refracción y la reflexión de la luz, etc.), refuerzan los saberes previos en relación a la necesidad de identificar y controlar variables, al uso de instrumentos (por ej. cronómetros) y la toma, el registro y la interpretación de datos empíricos que favorecen la formulación de conclusiones.

En este caso, los alumnos, compararon la rapidez de caída de distintos cuerpos dentro de un fluido transparente en estado líquido. Dado que se trataba de un juguete artesanal, consensuaron probar líquidos inócuos: agua potable, alcohol fino, glicerina y vaselina.

Con el auxilio de un cronómetro registraron el tiempo que demoraba en caer cada

cuerpo desde la boca del tubo (posición A) hasta el fondo del tubo (posición B). Luego realizaron los cálculos correspondientes y lo compararon con el tiempo registrado en la caja negra suministrada por la docente.

$$\text{Rapidez} = \text{espacio recorrido} / \text{tiempo empleado} \quad \text{mm/seg}$$

Comparando los resultados descartaron los medios más fluidos (agua y alcohol) y lograron establecer que podría tratarse de otro líquido más viscoso que el agua o de una mezcla de vaselina y glicerina ya que la rapidez de caída era un promedio entre los valores correspondientes a estos medios.

El cambiar las formas de ver implica cambiar las formas de razonar. (Arca, 1990).

De expresiones categóricas en tiempo presente, del tipo “el líquido es glicerina” paulatinamente se pasa a expresiones de carácter hipotético “el medio podría ser otro material o bien el resultado de una mezcla de glicerina y vaselina que le otorgue una viscosidad intermedia a la de ambos líquidos, de modo que la rapidez de caída de los sólidos resulte un valor intermedio.” La clase siguiente construyeron sus modelos.(fotos 5 y 6)

“[En el] proceso de modelización es necesario promover la reflexión metacognitiva, ayudando a reconocer qué se está aprendiendo y cómo, es decir, cómo se van relacionando las observaciones con las ideas y qué características tienen éstas. Deben haber momentos de recapitulación, en los que los alumnos han de poder expresar las ideas con sus palabras y autoevaluarse. Tomar conciencia de que se aprende es la mayor fuente de motivación.” (Sanmartí, 2002)

El trabajo reflexivo sobre el diseño y uso de modelos de representación convenientes promueve la construcción de marcos teóricos para validar los modelos didácticos y explicitar sus inevitables limitaciones.

Así, se espera que los futuros docentes minimicen, por ejemplo, el uso en las clases de astronomía de maquetas del Sistema solar superando la desproporción (tamaño/distancia interplanetaria) y su falta de dinamismo. Posteriormente, a través del uso de recursos visuales como imágenes satelitales, videos y programas de simulación (Google SKY- Celestia, Stellarium) se amplía el campo de conocimiento de los alumnos en relación a la modelización sobre la constitución y funcionamiento del universo y se reflexiona sobre las ventajas de su inserción en las clases de astronomía .

REFLEXIONES FINALES

Los procesos de *modelización* desarrollados en las clases de Enseñanza de las

Ciencias Naturales ayudan a comprender que las entidades científicas forman parte de un corpus teórico de carácter provisional y no del mundo real. El propósito principal de las actividades de modelización es que los alumnos logren conceptualizar que *un modelo es una construcción hipotética, una herramienta de investigación útil para obtener información acerca de un objeto de estudio que no puede ser observado o medido directamente, y que no se basa, como una analogía, en un dominio conocido* (Raviolo, 2009)

La lectura de textos de divulgación científica posibilita el desarrollo de las competencias lingüísticas (hablar, leer y escribir) requeridas para la construcción de conocimientos disciplinares de forma autónoma en el futuro desempeño profesional de los alumnos del profesorado primario.

La introducción de episodios de historia de la astronomía posibilita el manejo de información acerca del diseño y la utilización de instrumentos de observación (telescopios y radiotelescopios) y de métodos indirectos de recolección de datos (espectrometría) para la determinación de las formas, dimensiones, características de las superficies de los cuerpos celestes y su composición, respectivamente, constituyendo éstos conocimientos científicos primordiales que los futuros docentes deben manejar para orientar a sus alumnos en la construcción de una imagen más acabada y realista de actividades que realizan los astrónomos y los permanentes aportes que reciben de los físicos; y cómo ambos gestan y validan los conocimientos científicos a los cuales, por ser parte del patrimonio cultural, todos los ciudadanos deben tener acceso.

BIBLIOGRAFÍA:

Adúriz Bravo, A, (2011), Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución, en Galagovsky, L, Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos, Lugar Editorial.

Adúriz Bravo, A, Izquierdo-Aymerich, M, Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales, REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS, Año 4 Número especial 1 , (pdf)

Domínguez Castiñeiras, X, (2010), Argumentación y discurso didáctico, Dpto. Didáctica (pdf) das Ciencias Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela

González Tovar, S, Huérfano Aguilar, G, (2010), El uso de las analogías en la clase de Ciencias Naturales. Un estudio de caso, Asociación Colombiana para la investigación en Ciencias Y Tecnología EDUCyT, Memorias, II Congreso Nacional de

investigación en educación en ciencias y tecnología, 21 a 23, ISBN: 978-958-99491-1-5

Raviolo, A , Ramírez, P , López, E, (2010,), Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías, Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 7(3), pp. 581-612.

Solbes, J, Palomar, R, (2011), ¿Por qué resulta tan difícil la comprensión de la astronomía a los estudiantes?, DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES. N.º 25, 187-211 (ISSN 0214-4379)

Tignanelli, H, (2004), Así funcionaba el Sol, Ed. Colihue

ANEXO



1



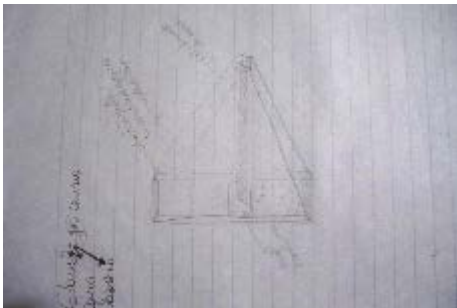
2



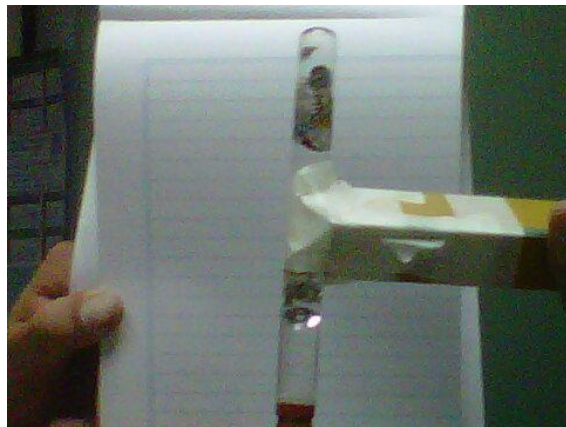
3



4



5



6