

LOS CIENTÍFICOS Y LA ALFABETIZACIÓN EN ASTRONOMÍA

Alejandro Gangui

CEFIEC-FCEyN-UBA, IAFE-CONICET
Ciudad Universitaria - (1428) - Buenos Aires - Argentina
e-mail: gangui@df.uba.ar

Alumnos y futuros docentes de escuelas primarias llegan al aula de ciencias con modelos pre-construidos y consistentes del universo que los rodea. Esto también sucede en temas de astronomía. Suponer que es la sombra de la Tierra el origen de las fases lunares (teoría del eclipse) o que la alta temperatura del verano se debe a la pronunciada cercanía entre la Tierra y el Sol (teoría del alejamiento) son nociones alternativas muy comunes, incluso entre los docentes en formación. Los contenidos mínimos de la educación básica y los programas de estudio de los docentes, incluyen estos y muchos otros tópicos en física y astronomía, hasta cubrir temas tales como la fusión nuclear para explicar la evolución estelar o la geometría del espacio-tiempo para una aproximación a la cosmología moderna y a la existencia de agujeros negros en el universo. En este trabajo se hace énfasis en algunos recursos que pueden ayudar a mitigar la abundancia de nociones alternativas y facilitar el aprendizaje significativo. Los científicos pueden y deben trabajar con los formadores de docentes, para que juntos puedan acercarse paulatinamente a un adecuado cambio conceptual en temas de astronomía.

Palabras Claves: Astronomía, nociones alternativas, enseñanza en la escuela primaria.

Students and prospective primary-school teachers reach general science courses with preconstructed and consistent models of the Universe surrounding them. This also happens with Astronomy. To assume that lunar phases are due to the shadow of the Earth (the so-called "theory of the eclipse") or that the high summer temperatures are due to the increased vicinity of the Earth and the Sun (the "distance theory"), are very common misconceptions, even among pre-service teachers. Both the basic educational contents for students and study programs for science teachers include these and other topics in physics and astronomy, ranging to as advanced subjects as nuclear fusion to explain stellar evolution and space-time geometry for an approach to modern cosmology. In this work we review some resources that might help cope with the abundance of alternative conceptions and ease the learning of astronomy. Scientists can -and should- work with school teachers' educators so that, together, they can approach an adequate conceptual change in astronomy issues.

Key Word: Astronomy, misconceptions, elementary school teaching.

I. INTRODUCCIÓN

Las ciencias nos rodean, pero muchas veces no comprendemos -o quizás no nos cuestionamos suficientemente sobre- lo que vemos. Los niños llegan al aula de ciencias con modelos pre-construidos y consistentes del universo que observan. Los docentes de ciencias en formación también. Estudios realizados en varios países muestran que existe una gran variedad de temas de astronomía en los cuales un alto porcentaje de los futuros docentes de la escuela primaria y media presentan representaciones alternativas. La pregunta que cabe hacerse es si están dados los elementos como para que estos docentes entiendan los conceptos básicos de la ciencia (por ejemplo, de astronomía y astrofísica) que luego deberán enseñar. Asimismo, ¿sabemos si existe una adecuada interacción entre los formadores de docentes y los científicos en actividad? ¿Tenemos en claro qué temas esenciales de la materia que los ocupará frente a los alumnos saben correctamente los docentes antes y después de terminada su instrucción? En temas de astronomía, y seguramente en todos los demás, ninguna innovación será posible sin antes proveer una adecuada respuesta a estos interrogantes.

Para discutir estos temas -que creemos importantes- es necesario ver primero qué sucede en otras latitudes. Debemos luego identificar quiénes presentan problemas

con la comprensión de temas científicos o con su transmisión: ¿Solo los alumnos? ¿Quizás también los futuros docentes de ciencias? Los docentes ya formados y con experiencia, y los mismos científicos (con los ya clásicos problemas de transmisión de su ciencia): ¿ellos también? Veremos en lo que sigue que cada uno de estos grupos presenta un cuadro donde siempre hay algo por mejorar.

II. EL PLANETA TIERRA Y EL UNIVERSO

En el caso particular de la astronomía, existen ciertos temas que se muestran conflictivos a la hora de intentar su cabal comprensión, ya se trate por parte de los alumnos como de los docentes en formación. Algunos tópicos que repetidamente sobresalen en las publicaciones son:

Las fases de la Luna: las diferentes fases / iluminaciones de la superficie de nuestro satélite, ¿son debidas a la sombra de la Tierra? Estas fases, ¿surgen como consecuencia de que, desde el punto de vista de la Luna, se produce un eclipse, donde es la Tierra el cuerpo celeste que oculta al Sol?

Ciclo día-noche: el eterno ciclo de luz y sombra, de días y noches, ¿se debe al movimiento de la Tierra alrededor del Sol? Para los niños más pequeños, ¿el Sol se

termina ocultando detrás de las nubes o de las montañas durante la noche?

Verticalidad en la Tierra y gravitación: el problema de los antípodas, la concepción de la gravitación como atracción hacia el centro del planeta. Los interrogantes: ¿qué significa "caer" hacia abajo?, ¿dónde queda ese "abajo"?

Las cuatro estaciones: las diferentes estaciones del año, con sus climas y temperaturas característicos, ¿se producen debido a que la Tierra se halla a diferentes distancias del Sol? ¿o es que, para una dada ubicación geográfica, el eje de la Tierra se inclina más en verano que en invierno? (notemos que esto último también se relaciona con las nociones alternativas sobre el ciclo día-noche).

Composición y forma del sistema solar: las trayectorias planetarias tienen formas pronunciadamente elongadas, se ven como elipses de notable excentricidad (y aquí existe una relación con las diversas nociones sobre las temperaturas en las diferentes estaciones del año). Además: ¿dónde termina nuestro sistema solar?, ¿en la próxima estrella? (Aquí también podemos mencionar la natural confusión generada por la reciente re-clasificación de los planetas y el caso de Plutón, relegado a ser -de ahora en más- tan solo un planeta enano...)

Nuestra ubicación en el Universo: la posición de la Tierra y del sistema solar en el Universo. ¿Ubicación?, ¿respecto de qué?, ¿existe un arriba y un abajo en el Universo?

Estos temas no son los únicos, pero es interesante constatar que son representativos de los contenidos de los programas de estudio de la educación básica para los alumnos, como así también de los currícula de formación docente inicial y de enseñanza media, como veremos más abajo, siempre dentro de la unidad El planeta Tierra y el Universo.

III. PROGRAMAS ESCOLARES: ¿QUÉ DEBEN APRENDER LOS ALUMNOS?

En temas de astronomía, los contenidos mínimos publicados por el gobierno de la provincia de Buenos Aires para la escuela primaria y media (sitio web: abc.gov.ar) incluyen:

EGB-1: La Tierra y la Luna en el Sistema Solar. Estrellas, planetas y satélites: diferenciación. Luz y sombra. La sucesión del día y la noche. La observación del cielo y el registro de sus características. Movimiento del Sol, de la Tierra y de la Luna: hechos observables. Las estaciones.

EGB-2: Movimientos reales y aparentes de los astros. Galaxias y estrellas, viajes espaciales. Orientación y puntos cardinales. Inclínación del eje terrestre. Rotación y traslación de la Tierra. Las estaciones. Los husos horarios. Fases de la Luna, mareas. Eclipses.

EGB-3: La Galaxia, características. La Vía Láctea y el Sistema Solar. El Universo: modelos cosmológicos. Escalas de distancias astronómicas. Interrogantes sobre el origen y evolución del Universo. El ser humano en el espacio. Generación de energía en las estrellas.

Evolución estelar. Modelos históricos del Sistema Solar, modelos cosmológicos y de la evolución estelar.

Como se ve, muchos de los temas que más arriba llamamos conflictivos están presentes en estos contenidos mínimos escolares, y es natural que exista una cierta permanencia de representaciones alternativas en los aspectos más básicos de la astronomía.

Pero no solo en alumnos se dan estas cuestiones; en los futuros docentes de ciencias puede suceder algo similar.

IV. DOCENTES EN FORMACIÓN ¿PROBLEMAS EN ASTRONOMÍA?

Cuando los docentes descubren (en carne propia) la necesidad de buscar un cambio conceptual -en el área que sea- les resulta más simple trasponer el mismo problema a sus alumnos. Eso parece natural también en astronomía, pero en nuestro conocimiento esta idea no ha sido puesta a prueba en nuestras escuelas con la frecuencia que sería deseable⁽¹⁾. Estudios llevados a cabo en estudiantes para docentes de escuela primaria en otros países muestran lo siguiente:

En Inglaterra, sobre un total de 41 futuros docentes, 23 respondieron adecuadamente en temas relacionados con el ciclo día/noche. El resto, mostraron concepciones alternativas o indeterminadas⁽²⁾.

Entre las concepciones alternativas los investigadores definen la Concepción Alternativa Mayoritaria (CAM). En el caso del ciclo día/noche, en otro estudio llevado a cabo en EEUU, la CAM fue la revolución de la Tierra alrededor del Sol ya mencionada más arriba⁽³⁾.

En temas relacionados con las fases de la Luna, solo 6,6% de 76 individuos mostraron un conocimiento científico justo del fenómeno. El resto mostró toda una variedad de concepciones alternativas, entre la que se destaca (CAM) la sombra de la Tierra⁽⁴⁾. Esto corresponde a la así llamada teoría del eclipse, donde es la Tierra la que oculta la luz solar, como también lo mencionamos más arriba.

En otro estudio, también relacionado con las fases de la Luna, se pudo comprobar que luego de la instrucción en temas de astronomía, el porcentaje de individuos con concepciones alternativas disminuye fuertemente. Conclusión: los docentes en formación vienen con una concepción no-científica de las fases de la Luna⁽⁵⁾.

En lo que respecta a las estaciones del año, otro estudio en EEUU muestra que solo 1 docente en formación sobre 49 encuestados muestra un conocimiento adecuado de la explicación del fenómeno. Entre los demás: la primera CAM para la explicación es la distancia variable Tierra-Sol, como fue señalado antes. Una segunda CAM que se detectó es la inclinación variable del eje de rotación de la Tierra⁽⁶⁾.

V. PROGRAMAS DE ESTUDIO: ¿QUÉ DEBEN APRENDER LOS DOCENTES?

Limitándose a la astronomía y a la astrofísica, los programas del gobierno de la provincia de Buenos Aires incluyen, entre otros, los siguientes temas (para Docentes del EGB-3 y Polimodal: El planeta Tierra y el Universo):

Ciclo Común-1: Sistema Solar, calendarios. Estaciones del año.

Ciclo Común-2: Evolución de las estrellas. Gravitación universal. Objetos estelares: gigantes rojas, novae, enanas blancas, estrellas de neutrones, agujeros negros.

Profesorado en Física, 3er año: Instrumental astronómico. Espectroscopía. Estructura a gran escala del Universo. Reacciones nucleares y evolución estelar.

Profesorado en Física, 4to año: Cosmología y evolución del Universo: Big Bang. Teorías alternativas. Geometría espacio-temporal.

Nuevamente aquí encontramos algunos de los temas que presentan muy arraigadas representaciones alternativas, como ser la explicación de las estaciones del año, y donde las clásicas imágenes de elipses muy elongadas para las trayectorias de los planetas (como la Tierra) pueden inducir a los futuros docentes a aceptar sin mucho cuestionamiento la teoría del alejamiento, o incluso la de la inclinación del eje terrestre, para explicar las diferentes temperaturas o duraciones del día en una u otra estación del año.

Los demás temas de estos programas (por ejemplo, los de 4to año) presentan sus dificultades propias. Sin embargo, es de lamentar que, a la hora de querer brindarse una introducción a la relatividad general (como se indica al referirse a la geometría espacio-temporal), no se emplee el Principio de Equivalencia introducido por Einstein ya en 1907, y que resulta ser muy intuitivo y libre de complicaciones matemáticas. Este principio, que habla sobre la equivalencia entre un sistema de referencia en reposo en un campo gravitatorio uniforme y un sistema de referencia uniformemente acelerado en el espacio vacío (en una pequeña región del espacio-tiempo) permite entender de manera simple la trayectoria curva de un haz de luz cuando éste se halla en un campo gravitatorio como el de la Tierra (este ejemplo usa el célebre “experimento pensado” de Einstein –a veces representado dentro de un ascensor en caída libre– y al que él llamó “el pensamiento más feliz de mi vida”).

También pensamos que no se hace suficiente hincapié en las limitaciones de la ciencia al pensar que la cosmología moderna logra llegar hasta el instante cero (el supuesto Big Bang donde habría nacido el universo). Es un hecho científico que la relatividad general (aplicada al universo como un todo) no logra acercarse lo suficiente a este supuesto origen, pues en ese rango de energías extremas esta teoría se quiebra; el Big Bang *no* es una teoría sobre el origen del universo, sino una teoría sobre su evolución.

Un último tema que –quizás– habría que enfatizar un poco más es la relevancia de la gravitación para la adecuada explicación de cómo funcionan las estrellas, cómo fabrican los núcleos más pesados y en el proceso emiten ingentes cantidades de radiación que posibilitan, entre otras cosas, la vida en la Tierra.

VI. ¿CÓMO INDAGAR NOCIONES ALTERNATIVAS EN ASTRONOMÍA?

La extensión y dificultad intrínseca de los temas a ser cubiertos en los programas (en algunos casos más que

en otros, por supuesto) nos hacen pensar que las representaciones alternativas y otras dificultades de aprendizaje de nociones básicas de la astronomía, ya evidenciadas en diversos estudios internacionales, pueden también darse en nuestras escuelas, tanto en el nivel inicial como en el secundario. Evidentemente, sin consideración de estas dificultades en el aprendizaje no puede existir innovación pedagógica. Sin la posibilidad de que la astronomía (por ejemplo) sea bien impartida y aprendida en la escuela primaria, no vemos bien cómo articular un pasaje suave a la secundaria.

La disparidad de niveles culturales de los alumnos y de formación de los docentes no nos permite hacer simplificaciones rápidas, pues en los últimos años la escuela, más que un lugar de nivelación educativa, creemos, se ha mostrado como una barrera de separación de clases sociales. Luego, no podemos decir que todos los alumnos o que todos los docentes en formación traen estos conceptos no científicos de difícil superación. Sin embargo, es claro que una gran parte de los individuos merecería que se los ayudara a aprender mejor, en el caso de los alumnos, y a enseñar mejor las ciencias, en el caso de los futuros docentes.

Se hace necesario entonces indagar sobre representaciones alternativas. ¿Cómo hacerlo? Aquí no parece necesario innovar demasiado, pues con cuestionarios adecuadamente confeccionados uno puede detectar preconcepciones científicas en un basto rango de temas de astronomía. La innovación entonces sería hacer efectivo este necesario trabajo de campo, como primera medida para detectar deficiencias en el sistema educativo. Cuestionarios completados por futuros docentes antes de que reciban instrucción formal en temas de astronomía, y también luego de completada su formación, permitirán saber si a la unidad El planeta Tierra y el Universo se le da el debido peso en sus estudios y, de no ser así, seleccionar los cambios de metodología a implementar.

Para estos cuestionarios, el método de opción múltiple (*multiple choice*) no es el más adecuado, pues se ha visto que muchas veces, aun sin conocer la verdadera respuesta a una dada pregunta, la sola lectura de la respuesta correcta ayuda al interrogado. Además, al darle libertad para que escriba los justificativos que él/ella crea convenientes uno puede indagar más sobre la lógica que se emplea para seleccionar una u otra respuesta. Esto, evidentemente, ayuda a enriquecer el trabajo del investigador.

Un trabajo en esta línea fue realizado recientemente con una población de futuros docentes de escuela de nivel inicial de una ciudad de Francia⁽⁷⁾. Allí se llevó a cabo una serie de cuestionarios sobre conceptos básicos de astronomía. Estamos seguros de que un trabajo similar puede implementarse en nuestras escuelas sin mayores inconvenientes.

Es de esperar que, una vez llevado a cabo el trabajo que allí se propone, surjan varias nociones alternativas como las ya mencionadas más arriba. Se espera también que se produzca lo que los investigadores llaman acoplamiento de nociones: un conocimiento científico y una noción no-científica aparecen juntas para explicar

un dado fenómeno (por ejemplo, para el ciclo día/noche: la rotación más la revolución de la Tierra). Se verá asimismo si existe sedimentación de conocimientos. Esta última terminología indica los casos en que a una vieja (y fuerte) noción equivocada se le agrega la explicación científica, la que, sin embargo, no logra reemplazar a la primera.

En base a los resultados, se verá sin dificultad si la población de los futuros docentes y la de los alumnos testeados presentan o no los mismos problemas de enseñanza-aprendizaje que las poblaciones de otros países (se esperaría que sí). En dicho caso, será urgente tomar las medidas que ya se están tomando en otras áreas de las ciencias, pero esta vez para los temas de la astronomía.

VII. Y LOS CIENTÍFICOS ¿QUÉ PUEDEN HACER? ¿QUÉ DEBEN APRENDER?

Mencionamos al comienzo que no solo los alumnos y los docentes en formación presentaban problemas en temas de astronomía. A los científicos -y entre ellos, a los astrónomos- también les sucede. Aunque en este caso el problema más significativo es el de transmitir sus conocimientos: hacerlo en tal forma que colabore a zanjear la brecha que existe entre el que trabaja en una ciencia, el que la enseña y divulga, y el alumno o, más ampliamente, el público general.

Ya presentamos en otro lugar⁽⁸⁾ la experiencia del autor, cuando le tocó trabajar en el proyecto de publicación de una serie de libros de astronomía para niños junto a una escritora y a una ilustradora que no tenían formación en astronomía (nos referimos a la colección ¿Querés Saber?, de la Editorial Eudeba). En el trabajo citado se mencionaron algunas de las dificultades de comunicación encontradas, las concesiones que se deben hacer a veces ante la disyuntiva "comunicación efectiva vs. exactitud" de algunos temas, la dificultad de encontrar la representación pictórica adecuada de algunos procesos físicos avanzados, e incluso de algunas partículas elementales de la física, entre otras vicisitudes. Problemas similares se presentan a todos los científicos a la hora de colaborar con los profesionales formadores de futuros docentes, pues al trabajar juntos deben compartir un lenguaje común, y no solo eso. Los científicos interesados en la enseñanza de las ciencias deben también conocer los problemas e impedimentos más comunes que existen en la enseñanza-aprendizaje de su ciencia y reflexionar sobre cómo ayudar a resolverlos.

VIII. CONCLUSIONES

Se señalaron algunas dificultades de alumnos (y niños en general) en temas de astronomía. Son de esperar inconvenientes similares en el caso de docentes y hasta en científicos (que no necesariamente sabemos cómo transmitir nuestros conocimientos). Consideramos que los institutos formadores de docentes, en general, no necesariamente los capacitan adecuadamente en temas de astronomía. Convendría entonces alentar más el trabajo en talleres específicos, la confrontación de representaciones alternativas, intentar la construcción de

conocimientos científicos robustos contra creencias *naïves*, y tomar especial cuidado en evitar la sedimentación de conocimientos.

Algunas recomendaciones que podríamos hacer son las siguientes:

- Científicos y formadores, ¿trabajan juntos?, ¿se les valora ese trabajo? Quizás convendría hacerlo.
- No se debería descuidar la formación de los docentes, cuando aún son "alumnos". Después cuesta más.
- ¿Se ha llevado a cabo un relevamiento en los últimos años sobre ideas previas en astronomía de los (actuales y futuros) docentes (de ciencias)? Quizás valdría la pena.

Referencias

- 1 - Camino, N. Enseñanza de las ciencias **13** (1), 81-96 (1995).
- 2 - Parker, J. and D. Heywood. International Journal of Science Education **20** (5), 503-520 (1998).
- 3 - Atwood, V. and R. Atwood. School Science and Mathematics **95** (6), 290-294 (1995).
- 4 - Callison, P.L. and E.L. Wright, The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teachers' conceptions about earth-sun-moon relationships. Paper presented at the annual meeting of the Nat. Association for Research in Science Teaching. Atlanta, GA (1993).
- 5 - Trundle, K. C., R.K. Atwood and J.E. Christopher. Journal of Research in Science Teaching, **39** (7), 633-657 (2002).
- 6 - Atwood, R. and V. Atwood. Journal of Research in Science Teaching, **33** (5), 553-563 (1996).
- 7 - Frede, V. Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy, Advances in Space Research, in press (2006).
- 8 - Gangui, A. Trabajo presentado en las II jornadas de intercambio de experiencias educativas. Escuelas Técnicas ORT, Buenos Aires, Argentina, 10 y 11 de octubre 2006 (en prensa).