

Enseñanza de la naturaleza de la ciencia, la tecnología y la sociedad (NdCyTS): la provisionalidad del conocimiento científico. Una propuesta didáctica para la formación de profesores universitarios

Néstor Roberto Cardoso Erlam¹
Edna Eliana Morales Oliveros²
Judy Esperanza Vargas Molano³
Norma Luz García García⁴
Alejandro Leal Castro⁵
Dora Inés Hernández Rodríguez⁶
Zolanyi Duitama Zamora⁷
Jhonathan Darío Charry Herrera⁸

Resumen. Estudios de Cardoso y Morales (2010), respecto al estado actual de las concepciones de NdCyTS de profesores universitarios, establecen que sus ideas se asocian a modelos empiristas y positivistas de la ciencia. Con base en lo anterior, el estudio analiza un proceso de formación que permitió a los profesores avanzar en la transformación de sus concepciones. Las secuencias didácticas se asocian a componentes epistemológicos de la NdCyTS. El trabajo se encuentra en el marco del Proyecto de Investigación Enseñanza y Aprendizaje NdCyTS en profesores universitarios de la Facultad de Ciencias de la Educación, de la Universidad del

¹ Doctor en Ciencias de la Educación. Profesor Titular, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad del Tolima, Colombia. Investigador Titular del Grupo de investigación “Didáctica de las Ciencias”. Profesor, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: nrcardoz@ut.edu.co

² Magister en Educación. Profesora Asistente, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad del Tolima. Investigador del grupo de investigación “Didáctica de las Ciencias”. Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: emoraeso@ut.edu.co

³ Magister en Educación. Docente en la Institución Educativa Técnica Agrícola Camacho Angarita, sede José María Córdoba, Chaparral, Tolima. Investigadora del Grupo de Investigación “Didáctica de las Ciencias”. Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: jues013@hotmail.com

⁴ Magister en Educación. Profesora Asistente, Instituto de Educación a Distancia, Universidad del Tolima. Investigador del Grupo de Investigación “Didáctica de las Ciencias”. Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: normaciencia@gmail.com

⁵ Estudiante de Maestría en Educación. Asistente de Docencia, Maestría en Educación, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad del Tolima. Investigador del Grupo de Investigación “Didáctica de las Ciencias”. Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: alejo1150@gmail.com

⁶ Magister en Educación. Docente en la Institución Educativa Maximiliano Neira Lamus, Ibagué, Tolima. Investigadora del Grupo de Investigación “Didáctica de las Ciencias”, Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: doraihernandez@gmail.com

⁷ Magister en Educación. Docente en la Institución Educativa Técnica Ciudad de Ibagué, adscrita a la Secretaría de Educación Municipal, Ibagué, Tolima. Investigador del Grupo de Investigación “Didáctica de las Ciencias”. Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: zduitama@ut.edu.co

⁸ Magister en Educación. Docente en la Institución Educativa Antonio Nariño Fe y Alegría, Ibagué, Tolima. Investigador del Grupo de Investigación “Didáctica de las Ciencias” Universidad del Tolima, Colombia; e-mail: jhonto09@gmail.com

Tolima. El Ministerio de Educación de Colombia (MEN), bajo la convocatoria 2012 de “Realización de Estudios sobre Educación Superior. Trabajos de investigación sobre el sistema de educación superior” financió su desarrollo.

Palabras clave: Enseñanza y Aprendizaje de la NdCyT, Concepciones, Secuencia Didáctica, provisionalidad del conocimiento.

Abstract. Researches of Cardoso y Morales (2010) in regard to current of NdCyTS graduate teachers conceptions, set that their ideas are associated with empiricist models and basics elements of the science positivism. Therefore, the research dissertation presented is associated to the NdCyTS teaching and learning research project on graduate teachers of the Science of Education Faculty at Universidad del Tolima. This research was addressed by the research group Didáctica de las Ciencias. The Colombian Ministry of Education, about the 2012 convoked of “Studies about higher education. Researches dissertation about the higher education system”, promote its development.

The research examines the ways that allow teachers push in changing conceptions. In this paper, we present the design of the teaching sequence associated with the provisional nature of scientific.

Key words: NdCyTS teaching learning, conceptions, teaching sequence.

Introducción

La NdCyTS, desde hace aproximadamente cuarenta años, se viene consolidando como un tema de investigación importante en el campo de la didáctica de las ciencias; su inclusión ha respondido a varias reflexiones: unas de tipo teórico, otras didácticas y otras asociadas a fines de la enseñanza de la ciencia en un sistema estrictamente tecnocientífico. La complejidad de la NdCyTS se debe a que integra diversas metaciencias, como la epistemología, la sociología e historia de la ciencia para su estudio (Vázquez, Manassero, Acevedo, y Acevedo, 2007).

Por otra parte, los diversos modelos epistemológicos que se han construido sobre la ciencia y la interpretación que se le puede dar a la NdCyTS es la de un concepto semánticamente poliédrico; en consecuencia, la comunidad de didácticas ha establecido unos consensos bases y generales. Al respecto, la ciencia se concibe como un tipo de conocimiento, pero también como una actividad humana: conocimiento mediado por la cultura, provisional y susceptible de verificación. Sumado a lo anterior, es claro que la actividad científica no es simplificable al método científico, como comúnmente se le conoce, ni como proceso ni criterio de verificación. El conocimiento científico, al

igual que el tecnológico, se caracteriza por especificidades propias que lo diferencian, pero igual les permiten interactuar y consolidar el *status* de lo que hoy llamamos la tecnociencia.

Tales consensos han representado para la didáctica de las ciencias un punto de partida para varios asuntos: el primero se relaciona con la conceptualización de lo que actualmente se ha denominado la Alfabetización Científica; el segundo, lo relacionado con el conocimiento didáctico de la NdCyTS y, el tercero, la discusión sobre sus enfoques de la enseñanza.

Los resultados de investigación que se presentan dan cuenta de estos aspectos, en tanto se relacionan con el diseño y desarrollo de una secuencia didáctica centrada en un aspecto del componente histórico de la NdCyTS, denominado provisionalidad. Esta secuencia se desarrolló con profesores universitarios de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad del Tolima; para ello, se recurre al enfoque explícito-reflexivo de enseñanza de la NdCyTS.

¿La tierra es plana? El cambio de una teoría, fue la secuencia diseñada por el grupo de didáctica de las ciencias en el marco del Proyecto Iberoamericano de Enseñanza de la NdCyTS (EANCyT). La temática se enmarca en el debate histórico de la teoría de la tierra plana y su cambio; para el estudio se hace uso de un cuestionario de opiniones de ciencia, tecnología y sociedad (COCTS) (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003) y de discusiones sobre rupturas de la teoría plana en la historia de la ciencia.

Contexto de la investigación

Se conocen los numerosos problemas que en nuestro medio presenta la educación en ciencias, deficiencias a las que se asocia, al menos parcialmente, el poco desarrollo de la investigación científica. La mortalidad académica estudiantil en ciencias y el reducido ingreso de estudiantes a programas de ciencia y tecnología en las universidades (aproximadamente sólo el 5%) se configuran hoy por hoy en situaciones urgentes a mitigar por parte de las instituciones educativas.

De los resultados de evaluaciones comparativas, se conoce que en el Departamento del Tolima se han obtenido, de manera reiterada, bajos puntajes. En 2012, en pruebas Saber, ocupó el puesto 25; el 59% mostraba resultados de bajo rendimiento; también en la prueba PISA 2009, que evaluó explícitamente el conocimiento sobre la ciencia, el 34% de estudiantes colombianos se encuentran en el nivel 1 y el 26% en el 0, lo cual significa que tienen competencias científicas limitadas.

Ahora, en lo que respecta a las concepciones de NdCyTS en profesores y estudiantes, los estudios a nivel internacional (Acevedo, 2000; Acevedo y Acevedo, 2002; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, y Praia, 2002; Liu y Lederman, 2007;

Mannassero y Vázquez, 2000; Vázquez, Acevedo, Mannassero y Acevedo, 2006) y, en particular, los avances del grupo de didáctica de las ciencias de la Universidad del Tolima, muestran que los profesores, los textos y el currículo incluyen concepciones epistemológicas, históricas y sociológicas de la ciencia apenas plausibles o inadecuadas (Cardoso, Morales, Vázquez, 2009^a; Cardoso, Morales, Vázquez, 2010; Martínez, Restrepo y Cardoso 2009; Gutiérrez y Erazo, 2009).

En la Universidad del Tolima, los indicadores de rendimiento en ciencias son preocupantes. Según Cardoso y Morales (2010), en su trabajo sobre actitudes sobre relaciones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (PIEARCTS) en el cual se analizan los resultados del COCTS-Forma 1 y 2, los profesores, en formación en ciencias, muestran los promedios más bajos respecto a seis países iberoamericanos (México, España, Brasil, Argentina, Portugal y Colombia-Bogotá) (Ver Figura 1).

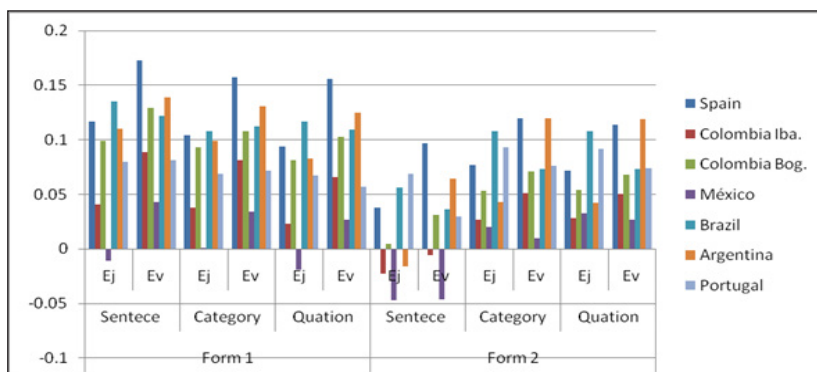


Figura 1. Índices promedios generales de los grupos profesores en formación de los primeros semestres (Estudiantes jóvenes - Ej) y profesores en formación de últimos semestres (Estudiantes veteranos- Ev)

Referentes teóricos: la comprensión de la NdCyTS

A partir de los estudios sobre NdCyTS, que datan de los años setenta del siglo pasado, se ha configurado un área de investigación en didáctica de las ciencias; junto a ello, se ha reconocido la necesidad de mejorar las concepciones de NdCyTS para favorecer la enseñanza y su aporte a la alfabetización científica (Bell y Bell, 2003).

Al respecto, Carvalho (2007) dice que, a pesar de la gran importancia de la ciencia en la cultura, y del interés de la población por la ciencia y la tecnología, la ciencia que se enseña en las escuelas no refleja ninguno de sus aspectos, pues obliga a los estudiantes a memorizar conocimientos ya comprobados. Las concepciones que más se registran son:

Visión empirista y ateorica: la evidencia experimental es la fuente fundamental del conocimiento científico. Una concepción que resalta el papel de la observación y de la experimentación “neutras” (no contaminadas por ideas apriorísticas), e incluso del puro azar.

Visión rígida: excesivamente algorítmica, con una reducción de la investigación a una receta simplista, con énfasis en los “métodos”. Se presenta el “método científico” como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente; olvida la creatividad y la duda.

Visión apblemática y ahistórica: no se relacionan los conceptos y principios científicos con los problemas que los originaron. Se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc.

Visión acumulativa, lineal: no tiene en cuenta las crisis, las remodelaciones y retrocesos por los que pasan los conocimientos científicos; así, el desarrollo científico aparece como resultado de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, que ignora las crisis y las remodelaciones profundas.

Visión exclusivamente analítica: resalta la necesaria parcelación inicial de los estudios, su carácter acotado, simplificador, pero que olvida los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, o el tratamiento de problemas “puente” entre distintos campos de conocimiento.

Visión individualista y elitista: los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, al ignorar el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos y relegar el rol de la comunidad científica.

Visión descontextualizada, socialmente neutra: se olvidan las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y se proporciona una imagen de los científicos como seres “por encima del bien y del mal”.

Asimismo, Gallego y Gallego (2006) destacan la importancia de ver a la ciencia como una construcción humana, de modo que, al interior del pensamiento didáctico, y al considerar que la práctica científica implica una serie de intencionalidades éticas y que llevan a reflexionar sobre las consecuencias de lo que los científicos producen, la ciencia no debe abordarse con las concepciones mencionadas.

Qué se entiende por NdCyTS

La sigla NdCyTS incluye algo que es muy complejo; además de ser evolutivo y cambiante, aglutina una diversidad de aspectos relacionados con la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia, entre otras disciplinas (Vázquez, Acevedo,

Manassero y Acevedo, (2007b)). Desde la compleja óptica de la didáctica de las ciencias, se estudian dos corrientes relacionadas con la concepción de la sigla NdC (Acevedo, 2008): una que tiende a identificar especialmente la NdC con valores estrictamente epistemológicos y otra que la asume como concepto más amplio, que incluye a las disciplinas metacientíficas ya enunciadas.

La última perspectiva conceptualiza como NdCyTS los aspectos epistemológicos, sociológicos e históricos relativos tanto a la ciencia como a la tecnología, y especialmente las relaciones de interacción e interdependencia entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Para abarcar todos estos detalles, se ha ubicado la expresión naturaleza de ciencia, tecnología y sociedad (NdCyTS).

El fin es procurar una adecuada relación de ciencia, tecnología y sociedad, que ayuda a la participación en toma de decisiones, reconoce a la ciencia como producto cultural contemporáneo, comprende las formas de proceder de los científicos, apoya los aprendizajes significativos y contribuye a una adecuada formación ciudadana (Acevedo *et al.*, 2005), entendiendo que para ello es necesario indagar y complejizar las concepciones de NdCyTS de los profesores (Abd-El Khalick y Lederman, 2000)

Para los efectos de la enseñanza de las ideas sobre la NdCyTS se aceptan las denominadas consensuadas que, en líneas generales, serían: la ciencia es un conocimiento provisional, dinámico, cambiante y empírico; es una actividad cultural influida por los ámbitos sociales y los valores de la cultura donde se desarrolla. El conocimiento nunca puede llegar a ser totalmente objetivo; las teorías existentes condicionan los datos, las observaciones e inferencias. No existe un único método científico; el conocimiento científico se genera mediante la imaginación, la creatividad y el razonamiento lógico, entre otros.

Fundamentos didácticos

Los fundamentos didácticos en los que se estructuró la secuencia didáctica relacionada con la provisionalidad del conocimiento científico se relacionan con el “ciclo de aprendizaje 7E” de Eisenkraft, (2003). Las etapas que se suscriben son las siguientes, según Romero y Vázquez (2013):

- **Enganchar:** se relaciona con una etapa de motivación hacia la temática.
- **Elicitar:** explicita las concepciones previas de los estudiantes.
- **Explorar:** se busca complejizar la comprensión mediante diferentes tipos de aprendizajes relacionados con la investigación e indagación.
- **Explicar:** se busca reforzar la comprensión definida de la etapa de exploración.
- **Elaborar:** procesos de transferencia de lo comprendido en contextos próximos.
- **Extender:** aplicar el aprendizaje a nuevos dominios y contextos.
- **Evaluar:** aplicar métodos e instrumentos.

Secuencia didáctica sobre provisionalidad del conocimiento científico

A continuación se presenta el diseño de la secuencia didáctica sobre el componente histórico de la ciencia desde un enfoque explícito-reflexivo (Acevedo, 2008). Esta unidad hace parte de un conjunto de secuencias diseñadas en el marco del Proyecto EANCYT; la unidad se estructura de la siguiente manera:

- El título de la unidad didáctica, al que se asocia el componente de la NdCyTS.
- Una descripción del componente asociado a la NdCyTS, cómo se entiende y qué relevancia tiene en la ciencia.
- La presencia del componente de la NdCyTS que se quiere enseñar en los lineamientos y estándares curriculares de Ciencias naturales, de Colombia.
- Las competencias y objetivos que se persigue alcanzar con el desarrollo de la unidad.
- Las actividades de enganche o actividades para la identificación de conocimientos previos asociados a los componentes de la NdCyTS.
- Las actividades centrales y los procesos de evaluación.
- Las cuestiones del COCTS relacionadas con el componente del NdCyTS para efectos de los Pre-test y Pos-test.

PLAN DE UNIDAD DIDÁCTICA / SECUENCIA DE APRENDIZAJE

TÍTULO ¿LA TIERRA ES PLANA? EL CAMBIO DE UNA TEORÍA	Nº SESIONES	5 (10horas)
JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen). Desde una perspectiva clásica, la ciencia es un conjunto de conocimientos inmutables, que se acumulan a medida que las pruebas empíricas se van resumiendo como datos que proveen de validez las explicaciones científicas. Así, la ciencia sería un edificio de pisos que se suman uno tras otro. No obstante, esta perspectiva continuista de la ciencia se ha revaluado. La ciencia tiene un devenir mediado no sólo por las pruebas experimentales que validan sus explicaciones, sino por una serie de desarrollos que ponen en duda o fortalecen las teorías. El conocimiento científico es provisional, sujeto a cambios que se rigen por la revaluación de los criterios de científicidad y por su inmersión en unos contextos sociales y culturales que lo afectan y lo transforman.	NIVEL/ ETAPA	/18/ 22
	CURSO	
RELACIÓN CON EL CURRÍCULO	ÁREA	Física

<p>Los Lineamientos curriculares de Ciencias naturales, del Ministerio de Educación de Colombia, proponen como fines de la formación en ciencias, que se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconozca la provisionalidad del conocimiento científico y las bases del cambio de la ciencia. 	BLOQUE	Forma y movimiento de la Tierra.	
<p>COMPETENCIA(S) BÁSICA(S): El estudiante establecerá teorías respecto a los fenómenos que analiza, teniendo en cuenta que son provisionales. Competencias generales: argumentación, proposición e interpretación.</p>			
<p>OBJETIVOS La actividad tiene como objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprender la naturaleza tentativa del conocimiento científico • Comprender los factores que pueden influir en el cambio del conocimiento científico. • Identificar la naturaleza de los cambios científicos a partir de la evaluación de algunas teorías. 			
<p>REQUISITOS Conocimiento básicos de geometría, trigonometría y leyes de Kepler.</p>			
Tiempo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología/ organización	Materiales/ Recursos
2h	<p>ENGANCHAR. Introducción-motivación: Evidencias de la curvatura de la tierra.</p> <p>Enganchar: Conocimientos Previos: Se plantea la siguiente pregunta: <u>Profesor:</u> Formula un cuestionamiento a todos los estudiantes con el objetivo de que construyan un sistema de evidencias y argumentos teóricos alrededor de un fenómeno físico: <u>Determinar</u> evidencias y argumentos que justifiquen que la tierra es esférica. <u>Estudiantes: Los estudiantes responden al cuestionamiento.</u> <u>Profesor:</u> Promueve que los estudiantes registren sistemáticamente sus evidencias y argumentos; de igual manera, que analicen las respuestas de sus compañeros, teniendo en cuenta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La naturaleza de las evidencias que se presentan (primarias: órganos de los sentidos o simple recuerdo de teorías) o elaboradas teóricamente. 2. Analizar si efectivamente las pruebas dan cuenta de la esfericidad de la tierra. 3. Dirimir si la naturaleza de las pruebas evidencia también que la tierra es plana. 	<p>Grupos pequeños de estudiantes discutirán las preguntas, mostrando las evidencias construidas. El grupo, junto con el profesor, pondrá en evaluación los argumentos valiéndose de teorías físicas o experimentos básicos.</p>	<p>Los materiales que requieran los estudiantes para justificar sus evidencias.</p>

	Actividades de Desarrollo		
2h	<p>EXPLICAR Contenidos: Tierra Plana, esférica, Curvatura terrestre, Naturaleza del conocimiento científico.</p> <p>EXPLICAR Procedimientos</p> <p>Actividad 1: Debate de defensa de teorías</p> <p>Profesor: Se establecerá un debate en que un grupo de estudiantes defienda de manera sistemática, teórica y experimental, la teoría de la tierra plana; para ello, es importante que los estudiantes indaguen sobre la sociedad de la tierra plana. Disponible en: http://theflatearthsociety.org/cms/</p> <p>Por su parte, otro grupo defiende, con argumentos teóricos, que la tierra es redonda. Los estudiantes buscarán información teórica y audiovisual que dé cuenta de la esfericidad y movimiento de la tierra alrededor del sol; conforme con ello, se contrastarán la profundidad teórica de las evidencias que ellos expusieron en las actividades previas. Disponible en: http://www.nasa.gov/vision/earth/features/blue_marble.html</p> <p>El profesor animará y regulará teóricamente las discusiones y los argumentos de los estudiantes.</p>	<p>Por grupos de estudiantes, se debate en defensa de las teorías que están en discusión.</p>	
1h	<p>Actividad 2. Se planteará la lectura: “El juego de las culturas. La tierra es plana, la tierra es redonda. ¿Cuál es la teoría científica?”</p> <p>Se propondrá a los estudiantes la lectura del documento; ellos deberán determinar los problemas de las pruebas que se presentan para defender que la tierra es plana; además, expondrán las salidas alternativas que se construyeron a favor de la idea de la redondez de la tierra, como una forma de establecer que los argumentos científicos se deslindan de creencias, ideas supranaturales o mitológicas.</p>	<p>Lectura grupal</p>	<p>Lectura</p>

2h	<p>Actividad 3. La medición de la curvatura de la tierra. Eratóstenes.</p> <p>Para esta actividad, el profesor determinará la manera cómo se han establecido los cambios en la ciencia, en particular en este caso; para ello expondrá los argumentos que utilizó Eratóstenes para medir la circunferencia de la tierra. Es importante que los estudiantes respondan las siguientes preguntas, a partir del video de Carl Sagan –Cosmos–. Disponible en: http://www.youtube.com/watch?v=n16ZJPr4qAs&feature=share http://www.youtube.com/watch?v=TBhS5qu6iCQ&NR=1&feature=fvwp</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿De qué dependió que Eratóstenes estableciera que la sombra de una estaca en una determinada hora del día, en diferentes lugares de la tierra, proyectara una sombra distinta? ¿Es posible que otra persona, sin una formación científica de su tiempo, pudiera realizar esa misma reflexión? 2. ¿Cuál fue la demostración que hizo Eratóstenes para determinar que la tierra era curva? 3. Su experimento, en principio, ¿qué argumento de la tierra plana refuta? 4. ¿Cuáles considera usted que fueron los cálculos que hizo Eratóstenes para determinar el ángulo entre la sombra y la estaca en diferentes lugares? ¿Por qué esta diferencia se constituye en una evidencia de que la tierra no es plana? 5. ¿Por qué fue necesario establecer la distancia entre las dos ciudades en las que se realizaban las mediciones para efectos de determinar la curvatura de la tierra? 6. ¿Por qué consideras que los cálculos de Eratóstenes sobre la curvatura de la tierra han sido validados actualmente? Investiga acerca de cómo se han validado actualmente los cálculos de Eratóstenes, al punto de plantear que los niveles de aproximación de sus cálculos eran sorprendentes. 7. Para este caso, ¿qué papel juega la experimentación en el cambio de una teoría? 	<p>Toda la clase. Los Estudiantes expondrán sus respuestas, estableciendo, además, puntos de relación con todas las actividades anteriores.</p>	<p>Video de Carl Sagan.</p>
----	---	--	-----------------------------

2h	<p>Actividad 4. ¿Cómo han cambiado las teorías sobre el movimiento en la tierra? Un caso de estudio. Esta actividad tiene el objetivo de ampliar la reflexión explícita sobre la naturaleza provisional del conocimiento científico. Para ello, los estudiantes centrarán la reflexión en los siguientes aspectos que orientará el profesor, ante la visualización de dos videos: Disponibles en: http://www.youtube.com/watch?v=JSBOL9JHQFM&feature=share http://www.youtube.com/watch?v=TBhS5qu6iCQ&NR=1&feature=fvwp</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Naturaleza del cambio de las teorías alrededor del movimiento de los planetas. 2. La manera como aparece una nueva teoría y su naturaleza. 3. La influencia de las creencias, motivaciones, el contexto histórico, cultural de los científicos en el cambio de las teorías científicas. 4. El papel de los desarrollos teóricos (cálculo), las evidencias y la experimentación en el cambio científico. 5. El papel del lenguaje científico en el proceso de comunicación, objetivación y cambio de la ciencia. 6. Aceptación de una nueva teoría o la revaluación de una teoría previa. 7. La forma y procesos que se necesitan para dejar de lado una teoría. 	En grupos ver el video y responder las preguntas para la discusión.	Videos de Carl Sagan
	EXPLICAR Actitudes		
	Cada estudiante o grupo de estudiantes debe argumentar sus ideas de manera rigurosa, utilizando diferentes sistemas de representación y explicitar, a través de ejercicios metacognitivos, los razonamientos que pusieron en juego en el momento de desarrollo de las actividades. / El orientador debe escuchar todas las afirmaciones. / Regula discusiones.		

1h	EXPLORAR Consolidación: Los estudiantes pueden leer el texto: Koestler, A. (1986). El misterio cósmico. En: <i>Los Sonámbulos. El origen y desarrollo de la cosmología</i> . Barcelona, España: Editorial Salvat.	Lectura individual	Lectura 2
	Evaluar		
	Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar).	70211 70711	90411 9101120411 70231
	EXTENDER Actividades de refuerzo.		
	Película: <i>Ágora</i> . (La historia de Hipatia de Alejandría).	Individual	
	EXTENDER Actividades de recuperación.		
	EXTENDER Actividades de ampliación.		
1h	Los estudiantes investigan la manera cómo han cambiado determinadas teorías en el tipo y establecen la naturaleza de su cambio.	Toda la clase	
EVALUACIÓN/REFLEXIÓN SOBRE LA PRÁCTICA DOCENTE (obstáculos, facilitadores, incidencias, etc.)			
Colocar un * donde haya documento(s) adicional(es) que desarrollan el tema; por ejemplo, un texto de lectura se reseñaría en la columna recursos simplemente con su Título * (en hoja o archivo aparte se recoge el texto).			

Tabla 1. Secuencia didáctica de provisionalidad del conocimiento científico. (Cardoso y Morales, 2012).

Metodología

Por las características del objeto de estudio, como lo es incidir en la realidad educativa regional, se recurrió a la Investigación–Acción (IA), que hace especial referencia a la opción de implementar estrategias para mejorar sistemas educativos y, por supuesto, sociales.

El desarrollo de la IA implicó una serie de fases que se relacionaron dialécticamente, lo que produjo una mutua influencia entre sus componentes. Estas fases se derivaron del triángulo de Lewin: Investigación, Acción y Formación (Latorre, 2007).

Primera Etapa: ¿Cuáles son las concepciones de NdCyTS de los profesores universitarios de la Facultad de Ciencias de la Educación?

La primera parte se relaciona con un proceso de caracterización de las concepciones sobre la NdCyTS por parte de los profesores universitarios. En esta etapa, el taller se relaciona con la aplicación de cuestionario de actitudes hacia las relaciones de Ciencia y Tecnología (COCTS).

Segunda Etapa: Proceso de Intervención a través de la Secuencia Didáctica No. 2: La NdCyTS y su componente histórico.

En esta etapa se aplica una unidad didáctica asociada con la historia de la ciencia; la unidad didáctica busca desmarcar la concepción de historia de la ciencia y la tecnología basada en la suma lineal de hechos conexos, a descubrimientos o inventos repentinos de algunos científicos.

Innovación: ¿Cómo se producen las Novedades en la Ciencia?

Evolución: ¿Cómo cambia el conocimiento científico? ¿Cuáles son las unidades de cambio (conceptos, modelos, teorías, paradigmas, etc.)?

Juicio: ¿Cómo hacen los científicos para decidir sobre los nuevos modelos?, ¿Para elegir entre modelos rivales? ¿Qué rol juega el científico individual y la comunidad científica?

Intervención: ¿Cómo incide el nuevo conocimiento científico en las formas de pensar, hablar, actuar sobre el mundo?

Identificación y justificación de la técnica de análisis. La técnica que se utilizó, para analizar los registros escritos de las videograbaciones, fue la asociada al análisis de contenido semántico, puesto que sus procedimientos se acotan en función de la clasificación de “signos” de acuerdo a su significado y, en específico, en el análisis de las atribuciones.

La secuencia didáctica original se piloteó con profesores en formación de la Licenciatura en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Facultad de Ciencias de la Educación, de la Universidad del Tolima; además, se realiza un proceso de formación con profesores de Ciencias en la Educación media del Tolima, de tres instituciones educativas. De acuerdo con ello, se realizan los análisis pertinentes y se reformula su diseño inicial, secuencia que se presentó anteriormente; no obstante, durante el proceso de aplicación se reformula.

Resultados más importantes, de acuerdo a la categoría evaluada: provisionalidad

En la secuencia didáctica **¿LA TIERRA ES PLANA? EL CAMBIO DE UNA TEORÍA**, incorpora elementos propios de la historia de la ciencia. En específico, se plantean actividades con el fin de poner en escenario las concepciones que tienen los maestros sobre la idea de provisionalidad de la ciencia y generar controversias a la luz de estas concepciones, sobre el contexto y fundamentos del cambio en la ciencia. En este sentido, las categorías que se construyeron como referentes emergen en diferentes etapas del proceso de formación.

Los resultados y análisis se presentan en función de la categoría de Provisionalidad, en la que se establecen dos subcategorías: la Primera se relaciona con: cómo cambia

el conocimiento científico, y la segunda, cuáles son las unidades (conceptos, modelos, teorías, etc.) de cambio.

Las actividades específicas en las cuales se encontró una densidad considerable de unidades de contenido relacionadas con la provisionalidad son las siguientes:

- Análisis de la película *Ágora* y el video de Carl Sagan *Cosmos - La curvatura de la Tierra* -. Socialización de los fenómenos presentados en las películas sobre las características de los cambios conceptuales frente a la forma de la tierra.
- Análisis de los momentos históricos que han dado origen a diferentes ideas sobre la forma de la tierra hasta nuestros días, terminando con un video sobre la exploración de la tierra desde la luna.
- Análisis de un concepto científico y su evolución, para explicar, mediante una V heurística, la respuesta a la siguiente pregunta: ¿qué elementos determinan la provisionalidad del conocimiento científico?
- Proceso de síntesis y presentación de la naturaleza provisional de la ciencia.

La naturaleza provisional de la ciencia es uno de los temas de mayor discusión entre los profesores; la puesta argumental se centra en tratar de demostrar el desarrollo de los procesos científicos y, en general, de la ciencia a partir de un cúmulo secuenciado y progresivo de descubrimientos. A partir de este referente, y producto de las discusiones, se pueden caracterizar los siguientes elementos, que se exponen en la discusión sobre la naturaleza del cambio a través de todo el proceso de desarrollo de la secuencia.

La ciencia cambia a través de los estudios progresivos: el punto central del cambio de la ciencia se relaciona con su función explicativa y con la idea de correspondencia (explicación-realidad); en este sentido, la ciencia progresa en la medida en que el grado de aproximación entre la explicación y la realidad sea cada vez más pequeño. Aquí, los profesores expresan que, si bien es cierto que en la historia de la ciencia existen episodios de estancamiento científico, la intención última es continuar procesos de investigación que permitan unas mejores explicaciones de los fenómenos. Al respecto se presenta el siguiente diálogo: [argumentos en la historia sobre la forma de la tierra]:

J: Para mí fue un estudio progresivo.

I-1: ¿En qué sentido?

J: Porque hubo varios pensadores que dieron sus argumentos respecto justamente de lo que ya aquí se habló de la parte cultural, de acuerdo a todo lo que ellos conocían del medio, pero cada pueblo dio su versión, pero no se quedaron ahí sino que siguieron descubriendo, de pronto los griegos, los babilonios, que tenían sus posiciones y cómo fueron siguiendo argumentando cosas nuevas, cosas nuevas, hasta llegar de pronto con elementos que son más fehacientes ¿no?, y empezamos a adentrarnos a que efectivamente la Tierra sí era redonda.

La ciencia cambio por uso de herramientas: es importante reconocer que el cambio está sujeto a la fineza de las observaciones y, en específico, al proceso de comprobación experimental de los presupuestos teóricos. El uso de herramientas hace referencia al hecho de que, acompañada de un estudio progresivo para el cambio del conocimiento científico, surge la necesidad de la creación y uso de herramientas útiles e idóneas para su desarrollo. Por ejemplo:

k: También surge la necesidad, en ese progreso surge la necesidad de tener aparatos sofisticados o herramientas sofisticadas para poder decir que la Tierra era redonda; ya sea en cálculos manuales, ellos tenían que buscar formas de cómo demostrar que la tierra era redonda matemáticamente o por medio de un instrumento; entonces, en esa medida iba como progresando, pero hay una concepción allí que ellos tenían que tener como esa evidencia; bueno, si usted dice que la tierra es redonda, muéstreme cómo es, para tratar de convencer a los demás.

De igual forma, se distingue que el conocimiento científico cambia primero conociendo la historia de los hechos y fenómenos de interés; es decir, para existir un cambio en el conocimiento científico es indispensable conocer los antecedentes históricos del tema que se desea estudiar, con el fin de reconocer los procesos que han girado en torno a su desarrollo y, de esta manera, retomar lo que sea útil para el estudio y así continuar desarrollando la investigación.

J: Una reflexión, ¿por qué en Europa están más adelantados que nosotros? Pues, justamente, la respuesta es un poco triste, es que nosotros nos hemos amañado con unos conocimientos de pronto equivocados y seguimos repitiendo la historia, y repetir la historia constantemente en un salón es cada día atrasar y atrasar más, cuando la tierra está evolucionando, formando y transformando nuevos fenómenos. Todavía en los textos no se ve esa realidad que se debiera estar dando en las aulas, hacer las clases con más dinámica y diferente sentido.

También se reconoce que el conocimiento científico cambia a través de la formulación de leyes y teorías, que son el producto de todo un proceso de estudio, en el que finalmente se logra la reformulación de las teorías y, en algunos casos, el establecimiento de nuevas, que dan cuenta de la realidad de los fenómenos y hechos.

I-2: Hay una cosa que hace alusión ahí, es que algunos hablan de un geoide y un elipsoide, una forma matemática y otra forma física; para entonces, los matemáticos se quedan con su teoría porque se aproxima a sus conocimientos científicos y la física habla de la otra forma porque se relaciona con eso. Este video permite demostrar cómo las teorías cambian, los postulados cambian, la ciencia cambia y cómo todos trabajan en torno a eso; hoy en día nadie puede decir la forma es así y de otra forma.

En síntesis, la idea de cambio establecida se caracteriza por la visión continua, acumulativa y progresista de ciencia. Los instrumentos, como productos tecnológicos, permiten comprobar y determinar esos grados de aproximación entre explicación y realidad. En este sentido, la visión de cambio, subsumida en el ejercicio práctico de comprobación de teorías, deja de lado la especulación, la presencia de la serendipia en la ciencia y el poder de la argumentación racional en la ciencia.

Ahora bien, en términos de **¿cuáles son las unidades de cambio?** se distingue lo siguiente: que las teorías, como unidades de cambio, permiten la evolución de la ciencia y que una teoría puede servir como base de otra (visión acumulativa).

M: La teoría no hay que verla como algo que involucre, sino que, en base a la teoría, se plantean, se construyen nuevas teorías, pero la teoría es fundamental, como **la teoría del Big Bang**, de ahí se han pegado muchos para estudiar otras cosas; **la teoría creacionista, la religiosa**, de ahí se han pegado los ateos, cualquiera para despejar sus dudas y hacer sus propios planteamientos; entonces, ha permitido es un avance, desde mi punto de vista.

Los conceptos científicos como unidades de cambio: a través del recorrido histórico que se realizó en torno a la forma de la tierra, se logró reconocer cómo los conceptos, a su vez, también han ido cambiando.

R: Nosotros trabajamos el concepto de vida, está muy relacionado con los conceptos de la teoría del origen de la vida; empezamos por las primeras teorías o más teorías del concepto de vida, que son fundamentados en las teorías.

Los modelos científicos: vistos como alternativas y formas que facilitan la visión e interpretación de la realidad, también han sufrido cambios en el transcurso del desarrollo científico.

I-3: Lo que se debe tener en cuenta acá es lo que vimos en el video, de unos dibujos de cómo se representaba la tierra y ahora cómo es que está en base a la tecnología, a los artefactos de medición, permiten ir configurando y acercándonos más a una idea más precisa de lo que es la tierra, ¿eso qué significa en términos de las concepciones de ciencia actualmente? Que tenemos que tener en cuenta que la ciencia funciona es con modelos, la importancia de los modelos y la importancia de que los estudiantes de cualquier nivel y nosotros, cuando estemos estudiando ciencia, tenemos que entender que tenemos que modelizar, aprender a hacer modelos, para poder entender que hay diversas formas de ver la realidad, conforme haya modelos.

Como parte del desarrollo de la secuencia, se trata el tema de las revoluciones científicas como contexto y unidad de cambio. Respecto a su origen, los profesores establecen que, cuando las teorías no están dando cuenta ni respondiendo claramente a los hechos que desean sustentar, se dan las llamadas “revoluciones científicas” en

pro del replanteamiento o producción de nuevas leyes, teorías, postulados o modelos que logren sustentar, de manera coherente, la realidad del fenómeno en estudio. Las revoluciones científicas, a su vez, conllevan nuevas investigaciones, que no siempre se van a llevar a cabo a través del *método científico*, ya que se considera que no es la única forma para la construcción del conocimiento y que, por el contrario, los procesos adoptados en la investigación deben ser dinámicos y flexibles.

El cambio, en el conocimiento científico, se puede observar en el replanteamiento y creación de leyes, postulados, modelos y teorías sustentados por un marco teórico que los respalda y que da cuenta de su validez a través de todo un proceso de investigación

En cuanto a las unidades de cambio, los conceptos científicos son importantes en la naturaleza provisional de la ciencia. El desarrollo de las actividades permitió observar cómo, a través del tiempo, los conceptos han venido siendo reformulados a través de los estudios propuestos; como uno de los tantos ejemplos se tiene el concepto de forma de la tierra, el concepto de átomo, entre otros; a su vez, los estudios rigurosos y el constante trabajo científico han permitido el replanteamiento de algunas teorías y la formulación de otras, imprescindibles para dar sustento al conocimiento.

Un elemento nuevo se relaciona con la idea de paradigma, considerado como una construcción social que también está sujeta a cambios. Al respecto, los profesores plantean:

P: De pronto miraba el desarrollo de la respuesta que ellos daban y mirábamos que la ciencia sí presenta inexactitudes en la medida que genera teorías que, en su momento, son muy válidas y que fueron aceptadas por su comunidad científica y fueron expuestas y que fueron aceptadas de esa manera como las únicas y verdaderas, y que se vuelven inexactas cuando entran o generan cambios de paradigmas, cuando entran en crisis; entonces, una de las crisis de las ciencias es esa, buscar estos conocimientos que entraron en crisis y que cambiaron de paradigmas y que permitieron también la evolución de la ciencia y eso fue lo que permitió efectivamente la evolución de la ciencia, que se encontrara que era inexactos o que era erróneos. En últimas, como dice ahí el último texto de Aristóteles, de la lecturita de ustedes, dice que fue un error; que duró más de veinte siglos, algunas teorías, y lo veíamos con lo de la tierra redonda, es plana, es helicoidal, es qué, es cómo, y ahora va a ser deforme, porque, con todos los cambios climáticos que se están sufriendo, va a ser deforme; entonces, continúa la evolución de la ciencia.

Conclusiones

La enseñanza de la NdCyTS en profesores universitarios es un problema de investigación naciente. No obstante, es prioritario analizar los procesos de la incorporación de estos temas metateóricos en la formación didáctica de formadores de

maestros. En el marco de esta necesidad, la secuencia didáctica propuesta se consolida como un muy buen insumo para las demandas tanto teóricas como didácticas de la enseñanza de la NdCyTS.

La NdCyTS, como contenido, implicó, a través del proceso de enseñanza, varios análisis. En términos epistemológicos, la necesidad de anticipar un enfoque sobre la idea de cambio en la ciencia y su naturaleza. En este sentido, los modelos de cambio científico de Kuhn, Laudan y Giere, a través de la perspectiva semántica de ciencia, fueron claves tanto en la elección de la temática científica para la discusión, en el caso de la transformación de la teoría de la tierra plana, como en el análisis de las concepciones que tenían los profesores sobre ciencia. Así, la idea de teoría, como conjuntos de modelos explicativos, fue relevante para diferenciar que las teorías tratadas se constituyen en un modelo históricamente explicativo, mediado por un contexto, donde la observación tenía un valor relevante.

Respecto a lo didáctico, la secuencia, durante el proceso de formación y dada la metodología I-A, se transformó, por una parte, por las características progresistas y acumulativas que tenían los participantes sobre el cambio científico; no obstante, la discusión por la búsqueda y naturaleza de la evidencia en la ciencia y, en el caso especial, en la forma no plana de la tierra, posibilitó generar puntos de reflexión sobre que la ciencia no es cúmulo de conocimientos en dirección positiva y linealmente correcta; en consecuencia, esto significó controvertir la idea privilegiada de la observación, no sólo en la práctica científica, sino como condición experimentalista del cambio en la ciencia. Es claro el reconocimiento de que en la actividad científica existe la presencia de otros elementos determinantes de cuándo sucede una revolución o transformación de los problemas de una disciplina específica.

El estudio sobre cómo hacer evolucionar las concepciones de los profesores en este tipo de temas confluye en varias ideas sobre su complejidad. Como factores sobresalientes se encuentra que el ejercicio de analizar la disciplina desde una mirada metateórica es un ejercicio poco usual, tanto en los procesos de formación, como en el ejercicio de la labor docente por parte de los profesores; por otro lado, la ambientación de la enseñanza de la ciencia, a través del estudio de su historia, implica su multicomprensión por parte de los docentes, elemento que, por tradición, no ha sido fin de lo educativo en los procesos de formación o se han construido concepciones inadecuadas sobre ello. Los anteriores factores influyeron en el proceso de desarrollo de la secuencia didáctica, teniendo en cuenta que no se evaluó la comprensión conceptual de las teorías desde las disciplinas de las Ciencias naturales.

Referencias

Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057–1095.

- Acevedo, J. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52 (1), 5-16. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, en: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo18.htm>.
- Acevedo, J. (2008). El estado actual de la Naturaleza de la Ciencia en la didáctica de las Ciencias. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 5 (2), 134-169
- Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*. Electrónica, en: <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>
- Acevedo, J.; Vázquez, A.; Martín, M.; Oliva, J.; Acevedo, P.; Paixão, M. y Manassero, M. (2005). Naturaleza de La Ciencia y Educación Científica para la participación ciudadana. Una Revisión Crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), 121-140.
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Disponible en: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1209102-142933/index.html>. (Tesis Doctoral leída en el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona).
- Cardoso, N.; Morales, E. y Vázquez, A. (2009a). Los profesores de ciencia en la educación media. Una mirada actitudinal sobre las relaciones CTS. *Journal of Science Education. Revista en Educación en Ciencias*, 10, 209-224.
- Cardoso, N.; Morales, E. y Vázquez, A. (2010). Actitudes hacia la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en profesores de Ciencia y Matemáticas y en profesores de Humanidades y Sociales de la Educación Media colombiana. En: *Revista de Enseñanza de las ciencias; VIII*, Congreso Internacional Sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.
- Fernández, I.; Gil, D, Carrascosa, J.; Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 2002, 20 (3), 477-488.
- Gutiérrez, C. y Erazo, G. (2009). *Concepciones de científico en estudiantes de cuarto y quinto de básica primaria de la Institución Educativa Hermann Gmeiner SOS*. (Tesis de Maestría. Línea).
- Latorre, A. (2007). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.

- Liu, S.-Y. y Lederman, N. G. (2007). Exploring prospective teachers' worldviews and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29 (10), 1281-1307.
- Manassero Mas, M. A.; Vázquez Alonso, A. y Acevedo, J. A. (2003). *Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. Disponible en: www.ets.org/testcoll.
- Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.
- Restrepo, T.; Martínez, S. y Cardoso, N. (2009) *Concepciones de Naturaleza de Ciencias en profesores universitarios*. Ibagué: Universidad del Tolima. (Tesis de Maestría. Línea de Didáctica de las Ciencias, Maestría en Educación).
- Vázquez, A.; Acevedo, J. A.; Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2006). Creencias ingenuas sobre naturaleza de la ciencia: consensos en sociología interna de ciencia y tecnología. Actas del IV Seminario Ibérico de CTS en la Educación Científica: *Las relaciones CTS en la Educación Científica*. Málaga: Universidad de Málaga (3-5 de julio de 2006), edición en CD.
- Vázquez, A.; Acevedo, J. A.; Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Aspectos epistemológicos. En: *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación Científica*. 4 (2), pp. 202-225.
- Vázquez, A.; Manassero, M. A.; Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: la Comunidad Tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363. Disponible en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART7_Vol6_N2.pdf. Consultado el 08/03/2012.

Referencia

Néstor Roberto Cardoso Erlam, Edna Eliana Morales Oliveros, Judy Esperanza Vargas Molano, Norma Luz García García, Alejandro Leal Castro, Dora Inés Hernández Rodríguez, Zolanyi Duitama Zamora y Jhonathan Charry, “Enseñanza de la naturaleza de la ciencia, la tecnología y la sociedad (ndcyt): la provisionalidad del conocimiento científico. Una propuesta didáctica para la formación de profesores universitarios”, revista *Perspectivas Educativas*, Ibagué, Universidad del Tolima, Vol. 6, (enero-diciembre), 2013, pp. 95 - 114

Se autoriza la reproducción del artículo para fines estrictamente académicos, citando la fuente y los créditos de los autores.

Fecha de recepción: 05/03/13

Fecha de aprobación: 23/05/13