

¿CUÁL ES EL GRADO DE ACTUALIZACIÓN DE LOS PROFESORES DE CIENCIAS EN FORMACIÓN Y EN EJERCICIO RESPECTO A TEMAS EPISTEMOLÓGICOS DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (NdCyT)?

Néstor Cardoso Erlam

Universidad del Tolima /Dpto. de Psicopedagogía
nrcardoz@ut.edu.co

Edna Eliana Morales

Universidad del Tolima /Dpto. de Psicopedagogía
eemoraleso@ut.edu.co

Resumen

A nivel internacional es clara la incorporación de contenidos asociados a las metaciencias en los procesos de formación de profesores de ciencia (Flick y Lederman, 2010). No obstante, a nivel regional su incorporación aún es objeto de estudio y de concreción curricular y didáctica (Morales y Cardoso, 2014). En consecuencia, indagar sobre los procesos de actualización de este tipo de ideas que se desmarcan de contenidos estrictamente disciplinares y cuestionan aspectos relacionados con temas metadisciplinares se configuran como relevantes en nuestro contexto. Este artículo tiene por objetivo evaluar la evolución de las ideas acerca de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en profesores de ciencias tanto en formación como en ejercicio, evaluando qué tan informadas o actualizadas son. Para su valoración, se diseñaron y aplicaron secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) relacionada con la provisionalidad del conocimiento científico, las características de la actividad y el conocimiento científico y la carga teórica de las observaciones. El enfoque metodológico y las SEA se encuentran en el marco del Proyecto iberoamericano denominado Enseñanza y Aprendizaje de la Naturaleza y la Tecnología. Un estudio Longitudinal. Proyecto de Investigación EDU2010-16553, financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).



Palabras clave: Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología; Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje; Formación de Profesores.

Resumo

A nível internacional é claramente a incorporação de conteúdos associados aos metasciences no processo de formação de professores de ciências (Flick e Lederman, 2010). No entanto, a incorporação regional, ainda está em estudo e currículo e ensino concreções (Morales e Cardoso, 2014). Consequentemente, investigar os processos de actualização deste tipo de ideias que são desmarcadas conteúdo e questionar aspectos estritamente disciplinares metadisciplinares tópicos são configurados como relevante em nosso contexto. Este artigo tem como objetivo avaliar a evolução das idéias sobre a natureza da Ciência e Tecnologia (NdCyT) em ambos os professores de ciências na formação e na prática, a avaliação de como informado ou atualizados são. Para estimar devem ser concebidos e ensino e sequências de aprendizagem (SEA) tentativeness relacionados do conhecimento científico, as características da atividade e do conhecimento científico e da carga teórica de observações aplicadas. A abordagem metodológica e SEA estão sob o projeto latino-americano chamado Ensino e Aprendizagem da Natureza e Tecnologia. Um estudo longitudinal. Projeto de Pesquisa EDU2010-16553, financiado por uma bolsa da National R + D, Ministério da Ciência e Inovação (Espanha).

Palavras-chave: Ensinando a Natureza da Ciência e Tecnologia; Sequências de ensino-aprendizagem; Formação de Professores.

Abstract

At the international level the incorporation of content associated with the metasciences in the process of training teachers of science is clear (Flick and Lederman, 2010). However, regional incorporation and curriculum and teaching concretions is still under study (Morales and Cardoso, 2014). Consequently, investigatiobn processes updating this kind of ideas that are unmarked from strictly disciplinary content and put into question metadisciplinar aspects of topics are configured as relevant in our context. This article aims to assess the evolution of ideas about the Nature of Science and Technology (NoS&T), both in training and in service science teachers, assessing how informed or updated are. To this aims, teaching and



learning sequences (SEA) related to tentativeness of scientific knowledge, the characteristics of the activity and scientific knowledge and the theoretical load of observations are designed and applied. The methodological approach and SEA are under the Latin American project called Teaching and Learning of Nature and Technology. A Longitudinal Study. EDU2010-16553 Research Project, funded by a grant from the National R + D, Ministry of Science and Innovation (Spain).

Keywords: Teaching the Nature of Science and Technology; Teaching-learning sequences; Teacher Training.

Introducción

Se ha consolidado la idea de una imperiosa necesidad por una educación científica para la ciudadanía, donde la alfabetización científica y tecnológica es la mejor forma de concreción e integración de sus diferentes intereses (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2007; Lederman, 2008). No obstante, es obligatorio hacer una serie de precisiones acerca de las implicaciones que conlleva y cómo alguna de ellas, siendo genéricas, ponen en relieve la importancia de discutir la inclusión de contenidos metadisciplinarios en la enseñanza de las ciencias y en la formación del profesorado.

Al respecto, en el discurso colectivo se acepta como indiscutible, la necesidad de una educación que promueva en los ciudadanos la posibilidad de integrarse en todo su compendio a la realidad que vive. Tal integración implica una apropiación holística de la ciencia y la tecnología. Pero, ¿qué significa ello?, ¿qué significa participar activamente en la comprensión de un mundo mediado por la ciencia y la tecnología, además de interactuar con ellas a tal punto de transformarlo y “mejorarlo”?

Muchos autores plantean que las respuestas a los anteriores cuestionamientos son bastantes difusas por la dificultad de lograr consensos, tanto en su significado como en el camino de hacerlas realidad. Otros, tan sólo hacen uso de la meta y dejan la discusión en un plano retórico. A esta complejidad se suma que el ejercicio de responderlas está condicionado en buena medida por la misma concepción de ciencia que se declare y, en concordancia con ello, con la concepción de las finalidades de la enseñanza de la ciencia que se apropie. Sin embargo, tales consideraciones



advierten que su discusión es ineludible, suficiente y necesaria, puesto que circunscribe una connotación conceptual básica para determinar el por qué se ha configurado la inclusión de la NdCyT como un eje estructurante en la formación de profesores y en general de los ciudadanos.

Para empezar, la inscripción de la ciencia y la tecnología es cultural, social e histórica, por tanto, su apropiación holística está relacionada con lograr que los individuos las conciban de esta manera. Ahora, ante la evidencia de una nueva nominación de la ciencia como lo constituye la tecnociencia, la posibilidad de transformación y de la artificialidad se reconfiguran como fundamental en la nueva perspectiva de los fines de su enseñanza (Acevedo, Vázquez, Martín, Oliva, Acevedo, Paixão, Manassero, 2005).

En el marco de la tecnociencia, las teorías científicas como cuerpo puro de conocimientos se ven afectadas por una dimensión de aplicación a problemas concretos. Esto involucra examinar procesos alternativos de validación y concurrencia hacia la posibilidad de distinguir múltiples miradas sobre ellas. Echevarría (1995), lo plantea de la siguiente manera:

No es lo mismo elaborar ni presentar una teoría científica bien construida que aplicarla a la resolución de cuestiones concretas. Esta última tarea suele implicar el uso de artefactos tecnológicos que implementen a las teorías científicas y cuya construcción está regido por valores distintos de los que priman en la investigación puramente cognoscitiva. (p. 97).

En este sentido, la mirada sobre el contexto, las características de los que hacen ciencia, las implicaciones e impactos culturales, los elementos económicos y políticos, establecen un papel determinante no solo en los procesos de conceptualización de la misma tecnociencia, sino en la dinámica de estudio de la evolución de este tipo de conocimiento y de la naturaleza del crecimiento y desarrollo social de una cultura.

Como resultado, el individuo de hoy se ve enfrentado a desbordar su mirada sobre la ciencia en el marco de la lógica o racionalidad disciplinar. Es transcendental comprender que éstos referenciales propios de la filosofía positivista, son inclusive insuficientes para un entendimiento y actuación en el contexto multimodal en el que se desenlaza la tecnociencia. De este modo, la traslación de los puntos de referencia de la ciencia en su faceta cognitiva hacia su naturaleza práxica es supremamente vital para los intereses de la alfabetización científica que proponen Martín y Osorio (2003)



como son el de conocer, manejar y participar.

Una visión amplia de este sistema, advierte la prioridad de diferenciar la existencia de la evolución en el estudio de la ciencia como una forma autónoma de saber, hacia un estudio de sus relaciones con otras actividades o tipos de conocimientos (p.e. con la tecnología). Las repercusiones se extienden desde ajustes en su configuración como conocimiento teórico, hasta la inclusión de caracteres propios de la cultura en los procesos de objetivación y validación de los conocimientos. Por ejemplo, retoques en los criterios centrados en contenidos empíricos, la capacidad predictiva y explicativa, el rigor y la axiomatización, consistencia, la formalización y retomando otros propios de la racionalidad tecnológica como son la utilidad, facilidad, fiabilidad, rapidez, eficacia y rentabilidad. Una cita de Acevedo (2008) lo postula claramente:

... Por otro lado, políticos, empresarios y ciudadanos, en general, tienden a dar valor a la ciencia sobre todo por su capacidad para resolver problemas y su utilidad social; esto es, dan más relevancia a su faceta instrumental y tecnológica. Así mismo, los criterios típicos de la racionalidad tecnológica (pragmatismo, utilidad...) están desplazando a otros más propios de la racionalidad científica (verosimilitud, explicación) (p.138).

Es obligatorio apreciar que el centramiento en los índices de racionalidad tecnológica no excluye los principios estructurales de la ciencia y su racionalidad. En otras palabras, aunque la ciencia, la tecnología y la sociedad posean unos discursos propios, éstos interactúan al punto de construir un sistema complejo de relaciones de sus sistemas internos y externos que ya no solo buscan representar sino intervenir en la realidad natural y social. Por tanto, es importante reconocer la eficacia como un índice de científicidad, pero también las teorías científicas como instrumentos para la intervención, manipulación y la transformación de una determinada realidad (Santos, 2001).

La comprensión holística de la ciencia y la tecnología involucra dar razón a su naturaleza simbiótica. Esto excluye reducir a la tecnología a una dependencia ontológica de la ciencia, concepción que piensa lo tecnológico como una aplicación de la ciencia o lo contrario, concebir la dimensión práctica de la ciencia dependiente ontológicamente de la tecnología. Su naturaleza simbiótica considera a la ciencia y la tecnología como cuerpos de conocimiento interdependientes, significando entre otras



cosas, que la tecnología tiende a generar su propia ciencia. En otros términos, la tecnología en su práctica se ha hecho más científica no por los conocimientos que proporciona la ciencia, sino por haber incorporado en su práctica metodologías científicas más sistemáticas (Niiniluto, 1997).

Conforme a lo anterior y en acuerdo con Santos (2001):

“Las relaciones entre la ciencia y la tecnología son a su vez condición y consecuencia una de la otra. La ciencia crea nuevos instrumentos técnicos y la técnica crea nuevas líneas de objetos científicos, ambas recurren a los conocimientos y a los procesos técnicos existentes, cada una se sirve de los recursos de la otra para la creación de instrumentos con doble funcionalidad, entre otros” (p.37).

Una comprensión extensa e integradora de la ciencia y la tecnología está en profunda relación con aspectos metateóricos. Sin decir con ello que para conseguirlo se requiera de sistemáticos estudios adscritos a la epistemología, historia o sociología de la ciencia. No obstante, este intento por comprender el significado de una comprensión holística de la ciencia y la tecnología, el cual constituye un perenne objetivo de la enseñanza de la ciencia en el marco de una alfabetización científica y tecnológica, evidencia sin duda alguna que éste es un objeto de enorme complejidad, que requiere superar una comprensión de la ciencia desde lo meramente disciplinar, y el aprendizaje de sus productos a partir de una construcción desde lo evidente (lo que se puede experimentar como individuos impregnados por artefactos, publicidad, creencias autodenominadas “científicas o tecnológicas”).

El Conocimiento Profesional del Profesor. Aspecto Relevante en la Formación de Profesores

Ante la intención de determinar, cuál es el lugar que juegan las concepciones dentro de la estructura del CPP y qué tan básico es su papel en la evolución del sistema en términos de interacciones, se toman como referencia el estudio de Park y Oliver (2008).

Park y Oliver (2008) formulan un modelo hexagonal del conocimiento didáctico de contenido (CDC conocimiento que requiere el docente para poder enseñar contenidos específicos), expresión equivalente al utilizado por los investigadores norteamericanos y anglosajones: *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), en el

contexto de la enseñanza de las ciencias.

La propuesta de estos autores, a través de un modelo hexagonal, integra los resultados de sus investigaciones con los dominios propuestos por los modelos de Grossman (1990); Magnusson, Krajcik y Borko (1999) y Tamir (1988). Los componentes que integran su modelo se relaciona con las orientaciones para enseñanza de las ciencias, conocimiento de las comprensiones de los estudiantes, conocimiento del currículo de ciencia, el conocimiento de las estrategias y representaciones para la enseñanza de la ciencia, conocimiento para la evaluación de la ciencia (Figura 1).

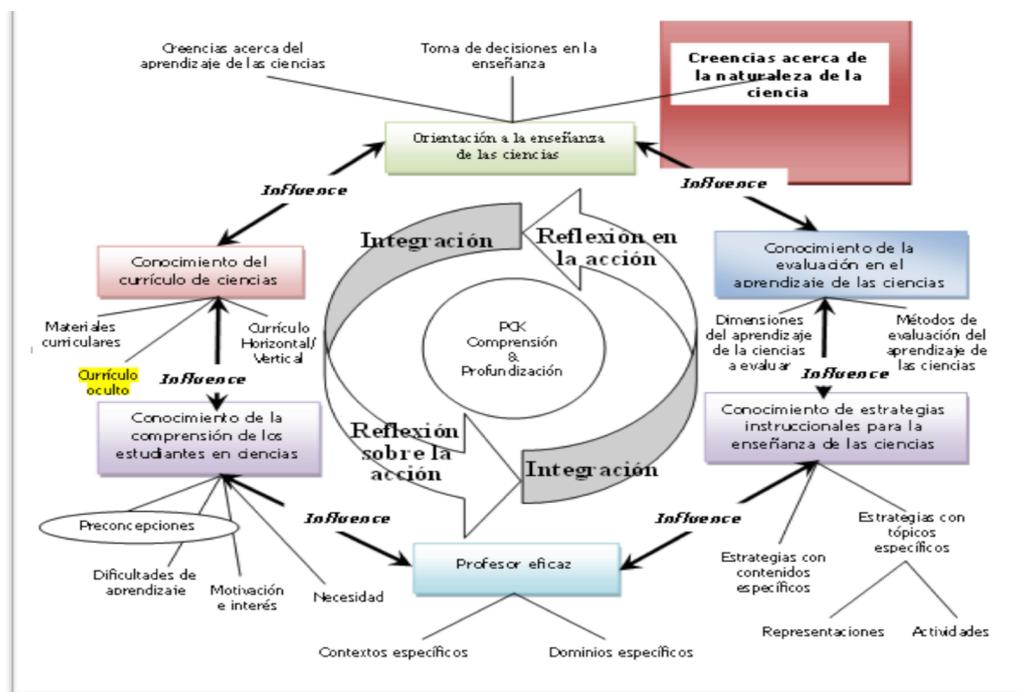


Figura 1 – Modelo hexagonal del conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza de las ciencias. Tomado de Park y Oliver (2008:279), la traducción es de los autores.

Park y Oliver (2008) incluyen las “creencias” de la NdC al interior del dominio de las orientaciones de la enseñanza (recuadro rojo). Una tesis que defienden, es la relacionada con la necesidad de comprender la manera en que se interrelacionan las categorías del conocimiento de los profesores y cada una al interior. La naturaleza de las ideas de los profesores son metadisciplinarias, en la medida que son referidas a contenidos relacionados con el conocimiento sobre la naturaleza del conocimiento



científico y tecnológico.

Con el anterior panorama y exigencias, el trabajo de investigación concibe como fundamental en la formación de profesores de ciencia, la comprensión de las ideas sobre la NdCyT y su posible evolución.

Contexto de la Investigación

El proceso de investigación con profesores de ciencias, se realiza en dos contextos de formación. El primero está en el marco de una etapa de actualización docente de quince profesores de ciencias de básica primaria y secundaria, que a su vez son profesores de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad del Tolima (Profesores en ejercicio). Estos docentes, están adscritos al departamento de Psicopedagogía y orientan asignaturas asociadas al eje de profesionalización de los programas de licenciatura de la facultad, relacionadas con la formación en educación y pedagogía, didácticas generales y específicas y la introducción a la práctica escolar. Los docentes tienen una experiencia en promedio de quince años de ejercicio, en los diferentes niveles educativos que estipula la Ley General de Educación colombiana.

El segundo contexto se encuentra en el marco de la asignatura de didáctica de la física, con estudiantes de octavo semestre de la licenciatura en educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental (estudiantes de Licenciatura). La muestra corresponde a diez y ocho estudiantes. Si bien es cierto que en los fundamentos curriculares de la carrera, se establece como prioritaria la formación en **procesos sobre** la ciencia, cuando se realiza una revisión en la malla curricular no se presentan asignaturas orientadas a la formación filosófica e histórica de las ciencias naturales. El plan curricular de la licenciatura se caracteriza por una carga importante de asignaturas de las disciplinas científicas, con contenidos con mayor relevancia para los estudiantes en las áreas de biología y la química.

Por su parte, el seminario de formación con profesores en ejercicio tuvo una duración de tres meses, al igual que el desarrollo de las secuencias con los estudiantes de la licenciatura. Las SEAs aplicadas a los profesores en ejercicio fueron las asociadas a la naturaleza epistémica del conocimiento científico: “Ciencia y Pseudociencia”, la provisionalidad en la ciencia: “La tierra es plana. El cambio de una teoría”, “La observación en la ciencia” y la temática de Colectivización: “Cómo trabajan los científicos en la ciencia”. Esta última SEA no se aplicó a estudiantes de Licenciatura.



SEAs Diseñadas y Aplicadas en el Proceso de Formación

A continuación se presenta el diseño de las SEAs desde un enfoque explícito-reflexivo (Acevedo, 2008). Las secuencias están estructuradas de la siguiente manera: a) El título de la secuencia didáctica, el cual está asociado el componente de la NdCyT, b) Una descripción del componente asociado a la NdCyT, cómo se entiende y qué relevancia tiene en la ciencia, c) La presencia del componente de la NdCyT que se quiere enseñar en los Lineamientos y Estándares Curriculares de ciencias naturales de Colombia, d) Las competencias y objetivos que se persigue desarrollar con el desarrollo de la unidad, e) Las actividades de Enganche o actividades para la identificación de conocimientos previos asociados a los componentes de la NdCyT, f) las actividades centrales y los procesos de consolidación y evaluación y g) Las cuestiones del COCTS relacionadas con el componente del NdCyT para efectos de los Pre-test y Pos-test.

La SEA “Ciencia y Pseudociencia” describe que el conocimiento científico obedece a unos criterios que lo demarcan de otros tipos de conocimientos. No obstante, éste no deja de ser una aproximación explicativa de los fenómenos o situaciones que nos rodean. Entre sus principales características, se acepta que es un conocimiento provisional y cargado de teoría. Es un producto de la cultura, como consecuencia de la inferencia humana y de su creatividad. Es un conocimiento que busca la validez y está sujeto a los consensos que una comunidad científica construya alrededor de sus presupuestos teóricos.

Las preguntas problematizadoras que orientan la secuencia son ¿Qué es ciencia?, ¿Qué características tiene el conocimiento científico?, ¿Cuál es la forma típica de una expresión científica?, ¿Qué distingue el conocimiento científico de otro tipo de conocimiento?, ¿Dice algo la ciencia sobre el mundo natural?, ¿Qué relaciones se establecen entre las proposiciones de la ciencia (Teoría, modelos y leyes) y la realidad que ellas pretenden hablar?, ¿Cómo se elabora la ciencia?, ¿Qué pasos siguen los científicos para crear, validar, sistematizar, comunicar y consensuar un nuevo conocimiento?, ¿Cómo se garantiza la validez del conocimiento científico?, ¿Qué grado de certeza tiene?,

La SEA La provisionalidad de la ciencia. “¿La Tierra es plana? El cambio de una teoría”, plantea que desde una perspectiva clásica la ciencia se ha provisto como 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 ha sido revaluada. La ciencia tiene un devenir que está mediado no solo 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, está sujeto a cambios que están regidos por la revaluación de los criterios de científicidad, y por la inmersión de éste en unos contextos sociales y culturales que lo afecta y lo transforma.

La tercera SEA: “¿Cómo trabajan los científicos?”, busca avanzar en los procesos de formación sobre la NdCyT de los profesores, en específico, estas actividades apuntan a la reflexión sobre la forma de cómo se construye la ciencia a partir del trabajo en equipo, conocida como la colectivización. En tal sentido, el conocimiento científico, como construcción social, es el resultado del trabajo sistematizado de unas personas que han alcanzado una formación muy cualificada y específica. Esto es, que los científicos se diferencian en su práctica social laboral de los otros profesionales u oficios por sus prácticas y saberes. Los científicos como personas normales tienen diversos tipos de personalidad lo cual eventualmente puede influir en las relaciones con otros investigadores, en resumen, trabajan mediante diversos métodos, técnicas, y aparatos, y sus relaciones pueden facilitar o dificultar el logro de sus objetivos, con lo cual se acepta que sus resultados son relativos, provisionales dependen de los presupuestos, tendencias ideológicas y hasta presiones sociales y religiosas.

Las preguntas que orientaron el diseño de la SEA fueron, ¿En qué ámbitos sociales se desarrolla la ciencia? ¿Dónde se desarrolla, valida, acepta, aplica, evalúa y comunica el conocimiento científico? ¿Qué comunidades intervienen? ¿Qué característica tiene la ciencia como producto cultural? ¿Cuál es el lenguaje propio de la ciencia? ¿Qué normas y valores guían las ciencias? ¿Cuáles son las posibles relaciones entre ciencia y ética? Algunas de las principales actividades relacionadas con cada SEA se relacionan en la Tabla 1.



Tabla 1 – Actividades propuestas en las SEAs aplicadas a los profesores en ejercicio y estudiantes de licenciatura

Etapa	La tierra es plana. El cambio de una Teoría	Ciencia y Pseudociencia	¿Cómo trabajan los científicos?
Enganchar:	Construcción de evidencias de la curvatura de la tierra	La astrología y/o la astronomía son ciencias? ¿En qué se diferencia la astrología de la astronomía?	Dibujar o hacer un "collage" que represente qué es un científico y la naturaleza de su trabajo.
Elicitar:	Defensa de manera sistemática, teórica y experimental de la teoría de la tierra plana y la tierra es redonda. El profesor animará y regulará teóricamente las discusiones y los argumentos de los estudiantes.	Poner a prueba la exactitud y la fiabilidad de los signos zodiacales. Comparar las características de personalidad de los estudiantes con respecto a las señaladas por la astrología a través de un cálculo de probabilidades.	Se escribe una historia de ficción sobre el trabajo de un grupo de científicos sobre un tema polémico.
Explorar		Análisis de la lectura: ¿Está escrito en las estrellas? Una revisión crítica de la astrología. Miguel Ángel Sabadell.	Se analiza la película: Los niños del Brasil .
Explicar:	La medición de la curvatura de la tierra. Eratóstenes.	Video: Carl Sagan: " La Armonía de los Mundos". http://www.youtube.com/watch?v=Gr5k7dmi23M . Determinar cuáles son las características fundamentales del conocimiento científico y su diferencia con el conocimiento derivado de la cotidianidad.	Se realiza la lectura "La Mirada del Lince con el objetivo que los estudiantes caractericen la forma como trabajaban los científicos de este grupo.
Elaborar:	Lectura: "El juego de las culturas. La tierra es plana, la tierra es redonda. ¿Cuál es la teoría científica?".	Se recorta de diferentes diarios, el horóscopo relacionado con su signo zodiacal. Con los que se determinan problemas, acuerdos y disensos entre las predicciones.	Se investiga y estudian academias importantes en la historia de la ciencia.
Extender:	Los estudiantes pueden leer el texto: Koesler, A (1986). El misterio Cósmico. En: <i>Los Sonámbulos</i> . El origen y desarrollo de la cosmología. Editorial Salvat. Barcelona-España.	Análisis de la actividades de elaboración.	Lectura del siguiente documento Hurtado de Mendoza, D.; Drewes, A., <i>Tradiciones y rupturas. La historia de la ciencia en la enseñanza</i> , Baudino/UNSAM, 2003, capítulo 3.
Evaluar:	90411,91011,20411, 70231, 70211, 70711	90111, 90521, 90621, 91121, 90211, 91011.	60111,60222, 60226,60411, 60421, 70211, 70121.

Proceso Metodológico

Para determinar la evolución de las ideas de los profesores sobre algunos tópicos de la NdCyT, luego de la aplicación de las SEAs, se recurrió a un proceso



cuasi-experimental en el cual como pre y pos test se aplicó cuestiones del cuestionario de opiniones sobre actitudes de ciencia, tecnología y sociedad (COCTS) (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003). Se obtuvieron índices numéricos que permitieron comparar los niveles de información antes y después del proceso de intervención. El intervalo de los índices es de -1 a 1. Los índices negativos representan actitudes ingenuas sobre la categoría y los índices positivos, actitudes positivas. Los presupuestos del diseño metodológico son los establecidos en el marco de del Proyecto Iberoamericano denominado Enseñanza y Aprendizaje de la Naturaleza y la Tecnología. En la Tabla 2 se presentan las temáticas de las cuestiones evaluadas del COCTS:

Tabla 2 – Cuestiones del COCTS evaluadas en las SEAs aplicadas a profesores en ejercicio y estudiantes de licenciatura.

Código Cuestiones	Temática
20411	Algunas culturas tienen un punto de vista particular sobre la naturaleza y los humanos. Los científicos y la investigación científica están afectadas por las creencias religiosas o éticas de la cultura donde se realiza el trabajo
60111	La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse muchos en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia.
60222	Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo, honrado). En su vida familiar los científicos tienen estas características personales EN MAYOR MEDIDA que otras personas en su vida familiar.
60226	Los científicos son honrados en su trabajo de investigación (por ejemplo, cuando escriben un informe de investigación).
60411	Los científicos no tienen prácticamente vida familiar o social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo.
60421	Los mejores científicos tienen la paciencia y determinación necesarias para superar la frustración y el aburrimiento (por ejemplo, haciendo el mismo experimento muchas veces hasta obtener resultados fiables).
70211	Cuando los científicos no están de acuerdo en un tema (por ejemplo, si un bajo nivel de radiación es perjudicial o no), principalmente es porque no tienen todos los hechos. Esta opinión científica no tiene NADA QUE VER con valores morales (buena o mala conducta) o con motivaciones personales (reconocimiento personal, agrandar a los trabajadores o a las instituciones que dan dinero).
70231	Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Toman esta decisión por consenso; esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para que crean en la nueva teoría.
70711	Los científicos formados en distintos países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país puede influir sobre las conclusiones a las que llegan.
70111	La lealtad afecta a cómo realizan su trabajo los científicos. Cuando éstos trabajan juntos en equipo su lealtad a los ideales de la ciencia (mentalidad abierta, compartir los resultados con otros, etc.) es sustituida por la lealtad al equipo (por ejemplo, poner los intereses del equipo por delante de la ciencia, o trabajar conforme a las opiniones del equipo).
70121	La lealtad afecta a cómo los científicos realizan su trabajo. Cuando los científicos trabajan juntos para una empresa su lealtad a los ideales de la ciencia (mentalidad abierta, honradez, compartir resultados con otros, etc.) es sustituida por la lealtad a la empresa (por ejemplo, la empresa siempre tiene razón).



Código Cuestiones	Temática
90111	Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.
90411	Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.
90521	Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese adecuadamente.
90621	Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico
91121	Los científicos de diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H ⁺ hace que los químicos piensen en acidez y los físicos piensen en protones). Esto quiere decir que una idea científica tiene diferentes significados, dependiendo del campo en que trabaja el científico
91011	Suponga que un buscador "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan".
90211	Muchos modelos científicos usados en los laboratorios de investigación (tales como el modelo del calor, el de las neuronas, del DNA o del átomo) son copias de la realidad
90411	Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro

Resultados de la Investigación

Los primeros resultados están relacionados con los índices actitudinales obtenidos antes y después de las aplicaciones de las SEAs. En este sentido, se presentan en función de la naturaleza de las cuestiones asociadas a un componente evaluado de la NdCyT. Se exponen los resultados de los profesores en ejercicio y luego los resultados de los profesores en formación. En línea seguida se analizan los índices de las categorías del COCTS, las cuales son adecuadas, plausibles e ingenuas de las cuestiones de las SEAs aplicadas a cada uno de los grupos.

Ideas sobre la Naturaleza epistémica del Conocimiento Científico de profesores en ejercicio

La Figura 2, presenta los índices obtenidos en cuestiones asociadas la naturaleza epistémica del conocimiento científico, En otras palabras, a la definición de ciencia, teoría, leyes e hipótesis. Igualmente, establece la variación de los índices en las ideas que poseen los profesores en ejercicio sobre el método científico, la veracidad de las suposiciones en la actividad científica, el papel de los modelos y la carga teórica de las observaciones, entre otras.

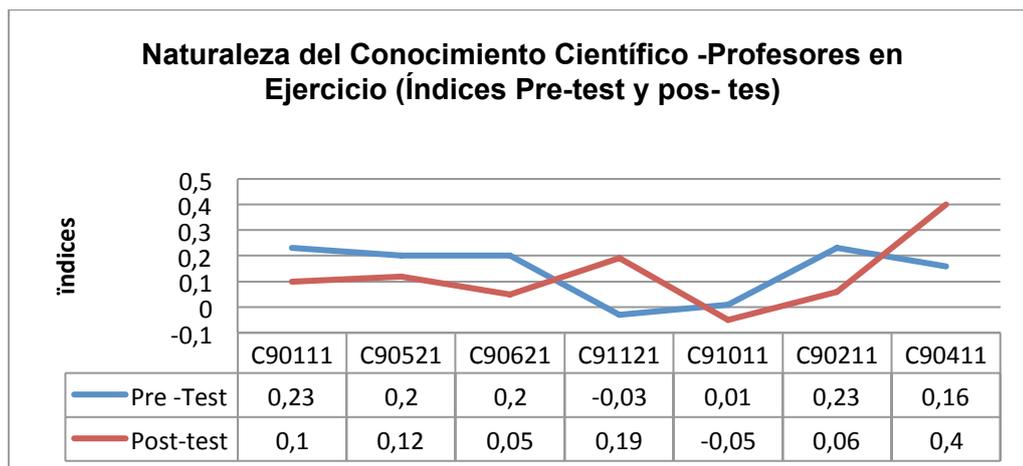


Figura 2 – Índices actitudinales (pre y pos-test) en cuestiones relacionadas con la naturaleza del conocimiento científico en profesores en ejercicio.

Las cuestiones C91121 (-0,03:0,19) y C90411 (0,16:0,4) son las ideas que muestran una diferencia apreciable en los valores del índice del pre-test respecto al pos-test. Estas cuestiones se refieren a la dependencia que tienen los significados de los datos, y de las teorías científicas con el marco teórico de la disciplina de referencia. De igual forma la C90411 está conexas a la naturaleza provisional del conocimiento científico. Esto quiere decir que los profesores en ejercicio, luego del desarrollo de las SD planteadas, mejoraron respecto a estos tópicos. En otras palabras, comprendieron de alguna forma que las teorías en la ciencia juegan un papel relevante no solo para la comprensión de los fenómenos. No obstante, Los datos también evidencia como en la cuestiones C90111 (0,23:0,10), C90621 (0,20:0,05) y C90211 (0,23:0,06), bajan los índices en cada una de estas cuestiones. Esto quiere decir, que aún existen ideas sobre la neutralidad de las observaciones, la primacía del método científico en la actividad científica y la visión realista ingenua sobre los modelos científicos.

Ideas sobre la naturaleza de la actividad científica y el rol de los científicos de profesores en ejercicio

En la Figura 3 se presentan los índices de las cuestiones asociadas a la naturaleza de la actividad científica y al papel que juegan los científicos en la comunidad. Aquí se comparan los índices del pre y pos- test sobre las características fundamentales del ejercicio científico. El papel que juegan las experiencias previas,

creencias, actitud de los científicos respecto al trabajo que realizan, etc.

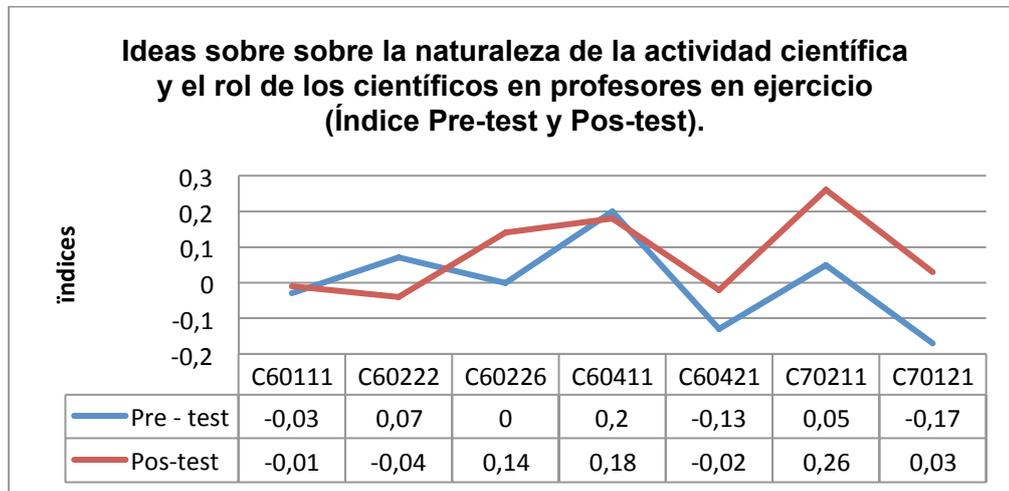


Figura 3 – Índices actitudinales (pre y pos-test) en cuestiones relacionadas con la naturaleza de la actividad científica en profesores en ejercicio.

Las cuestiones C60226 (0:0,14), C60421 (-0,13: -0,02), C70211 (0,05:0,28) y C70121 (-0,17:0,03) presentan índices mayores en el pos-test que en el pre-test, cuantificándose un avance en las ideas que tienen los profesores en ejercicio sobre cualidades de los científicos (paciencia, honradez, lealtad y determinación), la características sistemática de sus argumentos para la toma de decisiones en la aprobación o creación de nuevas teorías. Sin embargo, en las cuestiones C60222 (0,07:-0,04) y C60411 (0,2:0,18) el pos-test reportó menor índice que el pre-test. En este sentido, aún no hay claridad en los profesores sobre las características de los científicos. Se piensa que los científicos tienen cualidades diferenciales con otras personas y su exclusividad y compromiso con su trabajo no le permite tener vida familiar y social.

Ideas sobre la naturaleza provisional del conocimiento científico de profesores en ejercicio

Esta temática se relaciona con la idea que tienen los profesores sobre cómo sucede el cambio en la ciencia. La naturaleza provisional de sus conceptos, modelos,



teorías y conjeturas. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos en los profesores.

En esta temática fueron evaluadas cuatro cuestiones de las cuales tres (C20411, C70711 y C70211) obtuvieron índices en el pos-test superiores a los índices que arrojó el pre-test. La cuestión en la que obtuvo una diferencia mayor entre el pos y el pre-test, fue la cuestión C70711 (0,15: **0,42**). Esta cuestión valoraba los aspectos que tienen en cuenta los científicos en la construcción de sus conjeturas independiente de sus creencias o el contexto moral que los circunda. La cuestión C70231 (0,23:0,07) relacionada con el papel de los consensos en la aprobación de las teorías científicas, es la temática que el índice del pos-test no reportó superioridad en el pre-test. En tal sentido, es posible que los profesores en ejercicio piensen que una teoría científica es aceptada siempre y cuando sus pruebas sean concluyentes, que la construcción de la misma es producto de un proceso individual y no sea necesario el consenso para su aprobación.

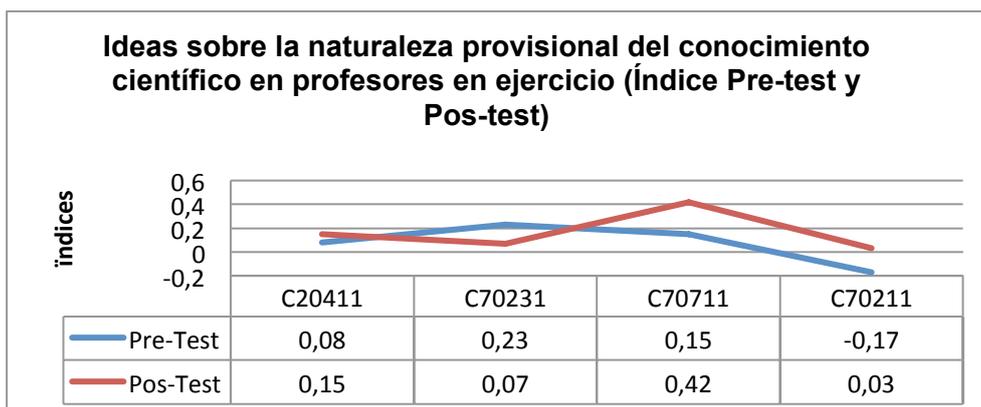


Figura 4 – Índices actitudinales (pre y pos-test) en cuestiones relacionadas con la naturaleza provisional del conocimiento científico en profesores en ejercicio

Ideas sobre la Naturaleza Epistémica del Conocimiento Científico de Estudiantes de Licenciatura

Las cuestiones C90111 (0,28:0) y C90411 (0,16: -0,03) presentan índices del pre-test mayores que el pos-test. Esto significa que las ideas neutrales que se exponían en estas cuestiones se mantuvieron o empeoraron. Las ideas poco informadas se relacionan con la carga teórica de las observaciones y la

provisionalidad del conocimiento científico. En la cuestión C90521 (-0,13:0,23), el índice del pos test respecto al pre test es el de mayor diferencia. Esto significa, que los estudiantes mejoraron sus ideas acerca de la naturaleza provisional de las suposiciones para el desarrollo de las teorías o leyes. En la ciencia las suposiciones pueden ser verdaderas o pueden ser refutadas y a partir de ello construir conocimiento científico.

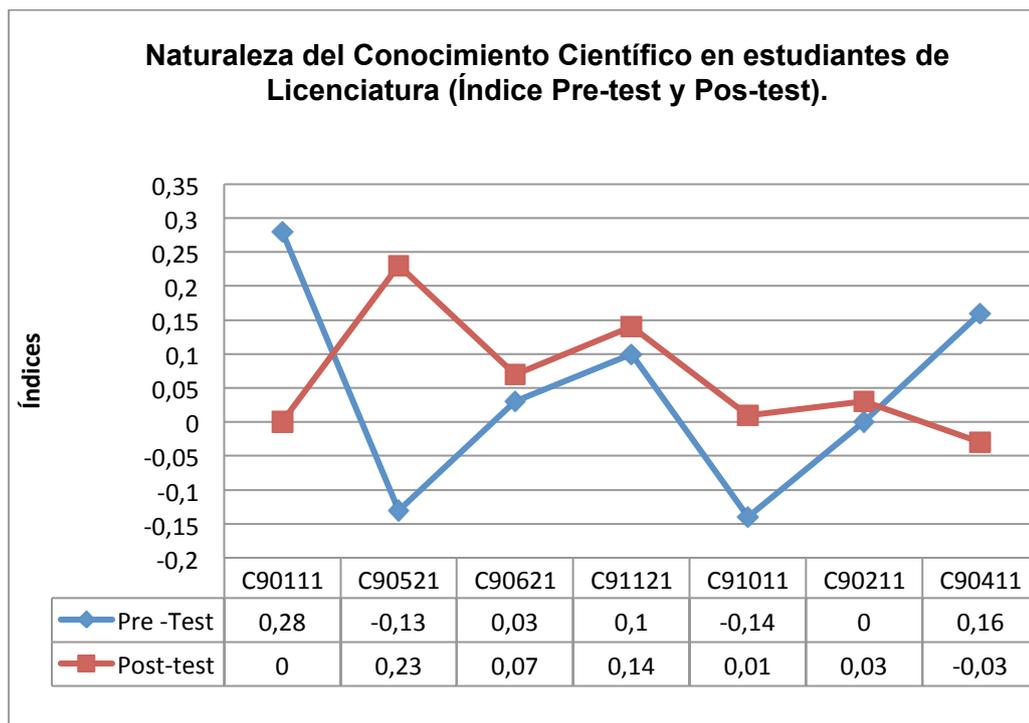


Figura 5 – Índices actitudinales (pre y pos-test) en cuestiones relacionadas con la naturaleza del conocimiento científico en estudiantes de licenciatura

De acuerdo al resultado comparativo entre los índices del pre-test respecto al pos-test, los estudiantes de licenciatura mejoraron sus ideas acerca de los límites del método científico como única metodología para hacer ciencia (C90621), el papel relevante que juega el campo teórico disciplinar en la construcción de teorías (C91121), la discusión epistemológica entre el descubrimiento e invención de las teorías (C91011) y la definición de modelo científico (C90211).



Ideas sobre la Naturaleza Provisional del Conocimiento Científico en Estudiantes de Licenciatura

En la figura 6 es apreciable el adelanto en ideas informadas acerca de la provisionalidad de la ciencia en la actualidad de los estudiantes de licenciatura. En tanto, todas las cuestiones evaluadas aumentaron sus índices en la prueba del pos test. La cuestión C70711 (0,08:0,14) asociada a la influencia de la cultura, el contexto educativo y los procesos de formación de los científicos en la actividad que realizan, es el índice del pos-test que mayor valor tuvo de las cuatro cuestiones evaluadas. En tal sentido, los estudiantes de licenciatura presentan ideas informadas sobre este tópico. Aquí, se piensa que las políticas gubernamentales, la inversión en ciencia y tecnología son aspectos vitales que el científico debe tener en cuenta en sus investigaciones.

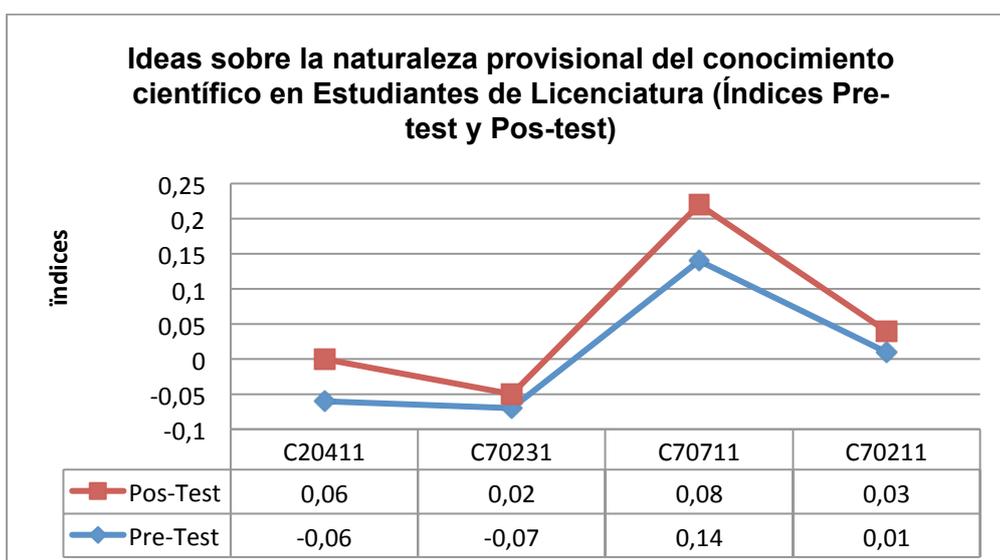


Figura 6 – Índices actitudinales (pre y pos-test) en cuestiones relacionadas con la naturaleza provisional del conocimiento científico en estudiantes de licenciatura

Índices de las Categorías Adecuadas, Plausibles e Ingenuas en la SEA Ciencia y Pseudociencia en Profesores en Ejercicio y Estudiantes de Licenciatura

En la figura 7 se presentan los índices en las categorías adecuadas, ingenuas y plausibles de las cuestiones evaluadas en la SEA: Ciencia y Pseudociencia en profesores en ejercicio y estudiantes de la licenciatura.

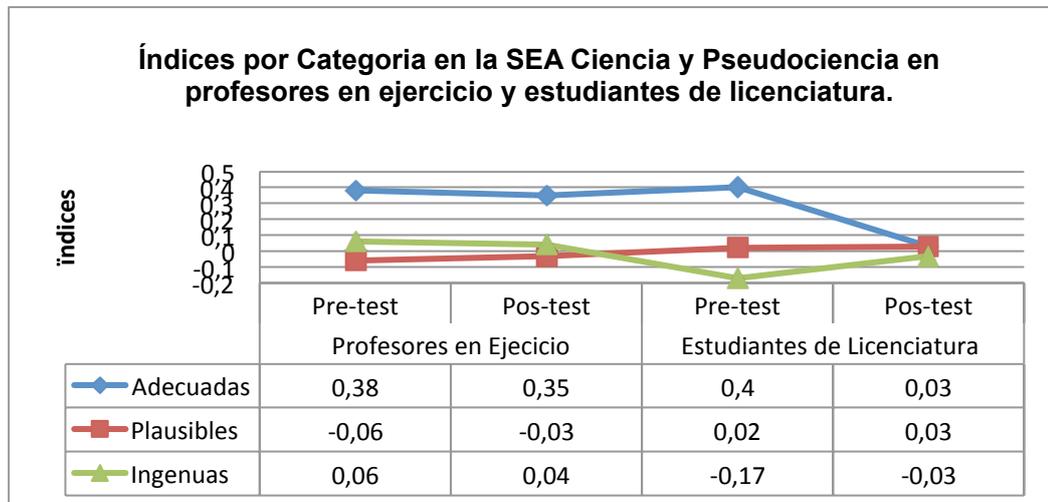


Figura 7 – Índices por categorías de las cuestiones asociadas a las SEA “Ciencia y Pseudociencia” en profesores en ejercicio y estudiantes de licenciatura

Como se evidencia en la figura, la categoría adecuada, en su generalidad muestran los índices más altos en el pre-test y pos-test en los dos grupos de la población. En tanto, los profesores en ejercicio presentan índices superiores en términos de ideas informadas que los estudiantes de licenciatura. En términos de ideas, los dos grupos poblacionales en su generalidad piensan que:

- Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.
- Los modelos científicos NO son copias de la realidad porque simplemente son útiles para aprender y explicar, dentro de sus limitaciones y porque cambian con el tiempo y con el estado del conocimiento, como lo hacen las teorías y porque cambian con el tiempo y con el estado del conocimiento, como lo hacen las teorías.
- El conocimiento científico cambia porque el conocimiento viejo antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.



- A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.

Índices de las Categorías Adecuadas, Plausibles e Ingenuas en la SEA “¿La Tierra es Plana? El Cambio de Una Teoría”, en Profesores en Ejercicio y Estudiantes de Licenciatura

Según la figura 8, los profesores en ejercicio obtienen índices más altos que los estudiantes de licenciatura en el pos-test (0,53 vs 0,18). Sin embargo, los índices en la categoría adecuada siguen siendo superiores sobre los índices de las categorías plausible e ingenua en los dos grupos en los que se aplicó la SD. En los estudiantes de la Licenciatura el índice del pos-test en la categoría adecuada fue relativamente semejante al de las ingenuas (0,18 vs 0,22), comportamiento que no fue igual con los profesores en ejercicio (0,53 vs 0,03) donde la diferencia fue amplia. Se puede establecer que el avance con ideas informadas sobre la naturaleza provisional del conocimiento científico, está relacionado con que los científicos que proponen una teoría deben convencer a otros científicos porque cuando un número de científicos estudian una teoría y sus nuevas ideas, probablemente la revisarán o actualizarán. En resumen, cuando se alcanza consenso, los científicos hacen más exacta la teoría.

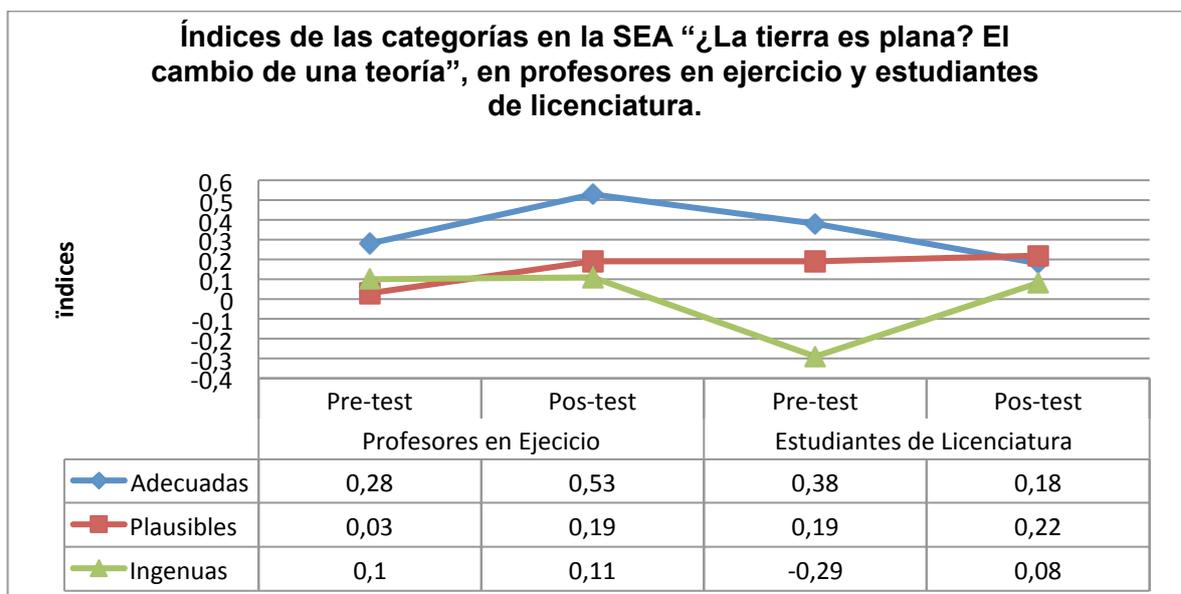


Figura 8 – Índices por categorías de las cuestiones asociadas a las SEA “¿La tierra es plana? El cambio de una teoría” en profesores en ejercicio y estud. de licenciatura

Índices de las Categorías Adecuadas, Plausibles e Ingenuas en la SEA ¿Cómo Trabajan los Científicos? en Profesores en Ejercicio

En la figura 9 aunque los índices de la categoría adecuada son superiores sobre el de la ingenua y plausibles, la diferencia entre el pre-test y pos- test es cero. No obstante, en la categoría plausible la diferencia entre el test inicial y test final si es significativa. En tanto, los profesores en ejercicio convergen a pensar luego de la aplicación de la SD en: Los científicos son honrados en su trabajo porque todos los resultados son comprobados por otros científicos; por tanto, necesitan ser honrados. Algunos científicos están tan metidos en su trabajo que su vida social y familiar sufren las consecuencias, pero muchos científicos tienen tiempo para las cuestiones sociales y familiares. La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse muchos en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es adquirir un poco de fama, dinero y poder, porque los científicos son como todos los demás.

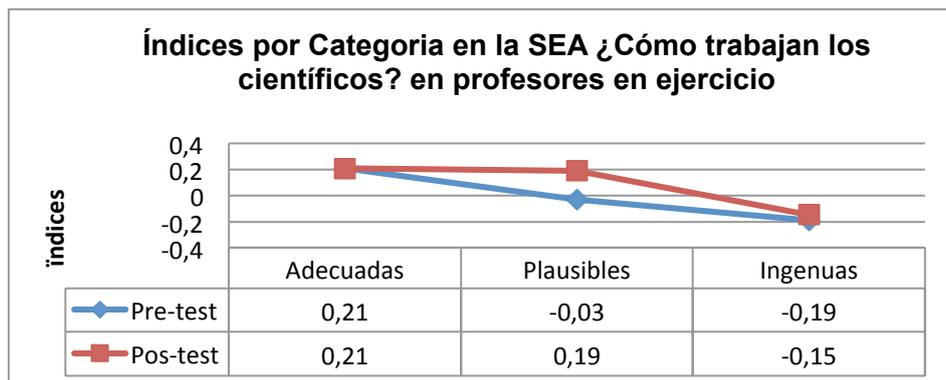


Figura 9 – Índices por categorías de las cuestiones asociadas a las SEA ¿Cómo trabajan los científicos? en profesores en ejercicio

Conclusiones

Como se exponía en el referente teórico de la investigación, las ideas que presumen los profesores en diferentes estadios de formación sobre la NdCyT son indispensable en la configuración de su conocimiento profesional (Park y Oliver, 2008). En tal sentido, estas ideas afectan no solo su pensamiento sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, sino sobre la manera cómo regulan su práctica profesional. En consecuencia, es sensible indagar sobre procesos de formación centrados en la enseñanza y aprendizaje de la NdCyT, determinando aspectos de



evolución de aquellas ideas que los profesores a través de su experiencia, formación y práctica han construido sobre estos temas.

Para la determinación del grado de actualización de las ideas de los profesores en diferentes estados de formación en NdCyT se analizaron los resultados que se obtuvieron antes y después de aplicar cuestiones relacionados con tópicos muy particulares del COCTS. Esto quiere decir, que si bien es cierto que se lograron identificar avances en términos de ideas más informadas sobre las características del conocimiento científico, los resultados no son contundentes en términos de una transformación importante de ideas desinformadas a informadas sobre la NdCyT. Ahora, los ejes temáticos aunque son especializados en un componente de la NdCyT (epistemológico o sociológico), implican un tratamiento didáctico que incluye por una parte, el conocimiento de la disciplina de referencia que posibilita el diseño de la SEA y elementos propios de la historia de la ciencia, en específico, de la disciplina que sirve de referencia. En tal sentido, este fue un obstáculo importante en la comprensión de ciertos aspectos metateóricos relacionados con la provisionalidad del conocimiento científico. Por ejemplo, en la SEA de La Tierra es plana ¿El cambio de una teoría? , las evidencias que construían los dos grupos de profesores sobre la esfericidad de la tierra, eran bastantes intuitivas. De hecho no se construyeron modelos complejos explicativos, teóricos o experimentales sobre la forma de la tierra.

En correspondencia con la última idea, la SEA ciencia y pseudociencia, donde se establecía la comparación entre la astronomía y la astrología, un aspecto en contra de la delimitación epistémica de los tipos de conocimientos fue precisamente el desconocimiento del objeto de estudio de la astronomía y la historia de la configuración de la astrología, como elementos contundente de diferenciación. Esto sucedió en los dos grupos poblacionales. Entre tanto, los profesores en ejercicio tuvieron mayores problemas en poder establecer la naturaleza teórica de las observaciones y la influencia de ésta en las decisiones que toman los científicos respecto a una determinada teoría que los estudiantes de la Licenciatura. La SEA asociada a la provisionalidad del conocimiento científico y cómo trabajan los científicos, fueron las que mayor índices informados se obtuvo en los dos grupos poblacionales a diferencia de la SEA de Ciencia y Pseudociencia.

En resumen, la NdCyT, como contenido implicó a través del proceso de enseñanza, varios análisis. En términos epistemológico, la necesidad de anticipar un enfoque sobre el estatuto científico y 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 como 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.

La discusión por la búsqueda y naturaleza de la evidencia en la ciencia, el papel de las observaciones en la argumentación científica, el rol de las teorías y leyes respecto a su aproximación explicativas de los fenómenos naturales y el sentido pragmático de la actividad científica, permitieron generar puntos de reflexión sobre que la ciencia no es cúmulo de conocimientos en dirección positiva y linealmente correcta, que el conocimiento científico se ha reconfigurado a partir de su dimensión de intervención y transformación de la realidad. De igual forma, que los contextos sociales y culturales median la actividad científica. En consecuencia, esto significó controvertir la idea privilegiada de la observación no solo en la práctica científica, sino como condición experimentalista del cambio en la ciencia. Fue claro, el reconocimiento 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, aquí se reconoció que el contexto juega un papel importante en su reconocimiento.

El estudio sobre cómo hacer evolucionar las concepciones de los profesores en este tipo de temas confluyen varias ideas sobre su complejidad. Como factores sobresalientes se encuentran que el ejercicio de analizar la disciplina desde una mirada metateórica es una tarea 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 una multicomprensión de la misma 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 la misma.

Los anteriores factores influyeron en el proceso de desarrollo de las SEAs, teniendo en cuenta que no se evaluó la comprensión conceptual de las teorías desde las disciplinas de las ciencias naturales sino los factores que determinan sus estatus epistemológicos, naturaleza provisional y la naturaleza colectiva del trabajo científico. En consecuencia, aunque la propuesta de formación implicaba secuencias didácticas para cada uno de los componentes de la NdCyT, la reflexión metateórica no se diluye



en sus partes sino funciona como un todo. Aquí, lo epistemológico ayuda a los procesos de construcción de definiciones y delimitaciones, lo histórico ambienta la definición del cambio en la ciencia, y lo sociológico ayuda al reconocimiento del conocimiento científico como una actividad humana.

Ahora bien, el proceso de formación de los profesores tuvo en cuenta los planteamientos que proponen Akerson y Hanuscin (2007). Se desarrollaron actividades que permitieron la explicitación directa por parte de los profesores de las características de sus concepciones sobre NdCyT. Aquí, se privilegiaron los procesos de reflexión individual y conjunta sobre las ideas que se tenían respecto a esta temática. En síntesis estas actividades dieron cuenta de la promoción de la autorreflexión, discusión y transformación permanente de sus guiones a partir de su socialización y puesta en práctica.

Como reflexión final, es importante establecer que la enseñanza de la NdCyT en procesos de formación de profesores debe estar en directa conexión con su práctica. De aquí, que luego del proceso de formación realizado, un punto neurálgico es la puesta en escena del pensamiento del profesor respecto a esta temática en su actividad áulica. En este sentido, la relación pensamiento y práctica, juega un papel importante en poder evidenciar una transformación clara y consistente de las imágenes que tienen sobre ciencia.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, J. (2008). El Estado Actual de la Naturaleza de la Ciencia en la Didáctica de las Ciencias. *Revista. Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.
- Acevedo, J, Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- 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.
- Aikenhead, G. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the quality of science*

- education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (August 19-23). En http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.
- Akerson, V y Hanuscin, L. (2007). Teaching Nature of Science through Inquiry: Results of a 3-Year Professional Development Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653–680.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Flick, L. y Lederman, N. (2010). Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. *Science and Education*, 1-7.
- Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher. Teacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Lederman, N. G. (2008). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell, & N. G. Lederman, (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, 831-879. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge For Science Teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct And Its Implications For Science Teaching*, 95-132. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- 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.
- Martín, M. y Osorio, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica». *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210. Disponible en: <http://www.rieoei.org/rie32a08.pdf>.
- Morales, E y Cardoso, N. (2014). La enseñanza de la naturaleza de la ciencia, tecnología y la sociedad, NdCyTS, en profesores de ciencias de pregrado de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad del Tolima *Revista Unipluri/versidad*. 41(4), 715 a 721.
- Niiniluoto, I. (1997). *Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad?* Arbor, 285-299.
- Park, S y Oliver, J. (2008). Revisiting the Conceptualizations of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38,261–284.
- Perafán, G y Adúriz-Bravo A. (2005) *Pensamiento y conocimiento de los profesores*. UPN: Bogotá.



- Porlán, R y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Diada. Sevilla.
- Santos, M. (2001). Análise de discursos de tipo CTS em manuais de ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, 2 (VI Congreso), 37-38.
- Schön, D. (1987). *La formación de profesionales reflexivos*. Madrid: Paidós.
- Shulman, L.(1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. Traducción castellana (2005): El saber y entender de la profesión docente. *Estudios Públicos*, 99, 195-224.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 99-110.