

# EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA ASOCIADA A LA CREENCIA EN LA EXACTITUD Y PRECISIÓN DE LA CIENCIA, APLICADA CON PROFESORES EN FORMACIÓN INICIAL DE CIENCIAS Y MATEMÁTICAS

Edna Eliana Morales, Néstor Cardoso Erlam  
*Universidad del Tolima*

**RESUMEN:** Se presenta la evaluación de una secuencia didáctica asociada a la creencia en la exactitud y precisión de la ciencia, desarrollada con profesores en formación inicial de ciencias y matemáticas (PFICyM). Ésta se diseñó en el marco del proyecto EANCYT<sup>1</sup>, se utiliza el enfoque de investigación basada en el diseño, puesto que se estudia la influencia de una propuesta de instrucción (de naturaleza innovadora) en el aprendizaje de futuros profesores. Como conclusión, la secuencia permite participar en contextos de enseñanza y aprendizaje alternativos y avanzar en ideas más informadas sobre exactitud y precisión en la ciencia.

**PALABRAS CLAVES:** Enseñanza, Aprendizaje, NdCyT.

**OBJETIVO:** El objetivo general de la presente investigación es el de evaluar de manera cuantitativa y cualitativa una secuencia didáctica (SD) asociada con el tópico de “*creencias en la precisión y exactitud de la ciencia*” aplicada a futuros PFICyM. En consecuencia, se valoran de manera general algunas de las actividades propuestas y se determina, a su vez, la influencia de estas en la evolución de visiones más informadas sobre la NdCyT.

## MARCO TEÓRICO

En la actualidad la enseñanza y aprendizaje de la NdCyT se constituye en un contenido obligatorio tanto en los currículos científicos, como en los planes de formación de profesores de ciencias. No obstante, alrededor de la discusión de la enseñanza y aprendizaje de la NdCyT se estructuran dos perspectivas concretas de investigación. Una primera, relacionada con la enseñanza explícita, en donde a partir de principios heurísticos, a los que se han llamado consensos, se estructuran propuestas didácticas que los abordan de manera directa convirtiéndolos en contenidos específicos de enseñanza (Cardoso & Morales, 2012).

1. Enseñanza Aprendizaje Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología

La segunda perspectiva se relaciona con la enseñanza relativamente implícita de la NdCyT. Es decir, a través de la enseñanza de los contenidos científicos se integran los procesos cruciales que caracterizan la práctica científica. La naturaleza de la actividad científica toma un papel relevante en la enseñanza de la ciencia, pensando que los profesores no construirán un conocimiento adecuado sino realizan de manera análoga los mismos procesos mentales que hacen los científicos. Ahora bien, cada una de estas perspectivas tienen sus contradictores, en tanto, a la primera se le cuestiona su generalidad y a la segunda se le crítica por su poca explicitación de la NdCyT en las propuestas de enseñanza. (Duschl & Grandy, 2012).

Cardoso y Morales (2012), sobre diseño y/o evaluación de cualquier SD relacionadas con tópicos de la NdCyT destacan que: (1) su enseñanza implica explicitar y evaluar qué perspectiva de CyT enseñar y cómo ésta se integra a los objetivos curriculares del área de ciencias; (2) la formación disciplinar es un factor neurálgico en los procesos de discusión y comprensión de la NdCyT; (3) la concepción sobre la historia del maestro afecta su postura sobre el abordaje y comprensión de los procesos históricos de su disciplina y, en específico, de ciertos contenidos asociados a la NdCyT.

## METODOLOGÍA

Para la evaluación de la secuencia se utiliza el paradigma cualitativo de investigación basada en el diseño (DBRC, 2003). Se evalúa las etapas de diseño, implementación y análisis de la propuesta. En el Diseño: La SD sobre la creencia de la exactitud y precisión de la ciencia corresponde con los resultados del proyecto de investigación EANCYT. Sobre la implementación: La versión que se aplica y se evalúa con diez (10) estudiantes de IX semestre de las licenciaturas de ciencias y matemáticas, que se encuentran cursando la asignatura de didáctica de la física. Esta aplicación, es producto de un tercer momento de desarrollo de la SD. Aquí, ya se incorporan las modificaciones producto de dos aplicaciones previas de la SD con PFICyM. Sobre el análisis. La SD se aplica siguiendo los parámetros establecidos en el marco del proyecto EANCYT. Bajo su enfoque metodológico, se aplica un pre-test y un pos test, relacionados con cuestiones propias del Cuestionarios de Opiniones sobre la Ciencia y la Tecnología (Vásquez y Mannassero-Mas, 2012; Vásquez, Manassero-Mas, Bennassar & Ortiz- 2013). Las cuestiones evaluadas son: El significado del error en la ciencia (C90651), la razón de la probabilidad en la investigación científica (C90711; C90811), la naturaleza de las predicciones derivadas de modelos matemáticos (C90721), entre otras. Para la evaluación de las SD, se analizan a través del análisis de contenido los desarrollos escritos de la SD y la gestión de un instrumento donde se indaga desde la formulación de las situaciones, hasta la calidad de las evidencias que tuvieron los PFICyM que elaboran para dar cuenta de sus modelos.

### Características generales de la SD evaluada

Una de las principales creencias que tienen los PFICyM es el considerar que los modelos construidos por los científicos sobre los fenómenos del mundo explican con exactitud y certeza la realidad que se pretende modelizar. Por tanto, la SD tiene por objetivo de aprendizaje, lograr que los estudiantes comprendan que la incertidumbre se constituye en una de las características inherentes al estudio de la realidad y de la labor científica. De este modo, las predicciones en la ciencia siempre tendrán un margen de error y de incertidumbre, el cual varía de acuerdo al cúmulo de datos, observaciones que se posean, restricciones tecnológicas y/o a la validez de la teoría que los sustentan. Las actividades generales propuestas fueron las siguientes:

1. Modelización de situaciones cotidianas asociadas a la precisión y exactitud: construcción y defensa de modelos que permitan construir explicaciones cada vez con mayor precisión. En esta actividad los modelos más sofisticados implican el uso de conceptos de la física y matemáticos. La actividad propuesta se formula de la siguiente manera: “Una chica o chico toma la determinación de no llegar nunca tarde a su colegio, esto es en un rango entre las 6:59 a.m. y 7:00 a.m. para lo cual busca aplicar un procedimiento científico. ¿Qué debe tener en cuenta para poder cumplir su promesa sabiendo que unas veces lo hará a pie, otras en bicicleta de carreras o de turismo y otras en bus?”
2. Situaciones asociadas a la valoración de la precisión en la ciencia haciendo uso de situaciones propias de la historia de la física: Los estudiantes a través de modelos matemáticos deben construir una explicación acerca de la precisión del modelo de Eratóstenes sobre la medición de la circunferencia de la tierra. El objetivo principal es comprender el significado del error (10%) de sus cálculos y de las actuales mediciones, cuyo rango de error se mantiene.
3. Situaciones asociadas a las consecuencias sociales de las imprecisiones de la ciencia. Los estudiantes buscan y analizan noticias científicas en las que se establezcan las consecuencias de cálculos imprecisos en investigaciones determinadas.
4. Situaciones asociadas a aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la solución de problemas sociales. Análisis de aplicaciones de la ingeniería genética.

## RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos propuestos se establecen resultados cuantitativos (estos relacionados con índices de las cuestiones sobre la NdCyT) y cualitativos (relacionados con el desarrollo de las actividades de SD). Sobre los primeros, en la figura 1, se plantean los índices numéricos sobre los resultados del pre-test y pos-test. En general, los resultados del pos-test evidencian un incremento en términos del valor de los índices respecto al pre-test. El más alto (0,8) se refiere al lugar de los errores que comenten los científicos en la producción del conocimiento científico (C90651) y el más bajo (0,2) está conexo a las creencias sobre la cual se producen los fenómenos naturales (C90921).

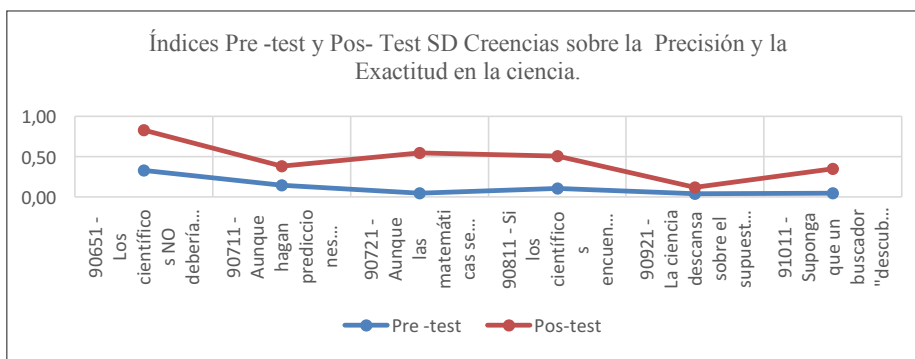


Fig.1. Índices pre – test y Post- test de la SD sobre Creencias sobre la precisión y Exactitud en la ciencia en profesores en formación inicial de matemáticas y ciencias.

Los resultados cualitativos se respaldan en la progresión de los desarrollos de los PFICyM, en términos de los modelos que estructuraban como solución a cada una de las actividades propuestas. Como un ejemplo, se presentan en la figura 2, las representaciones de los modelos para dar cuenta del problema propuesto en la actividad No1.

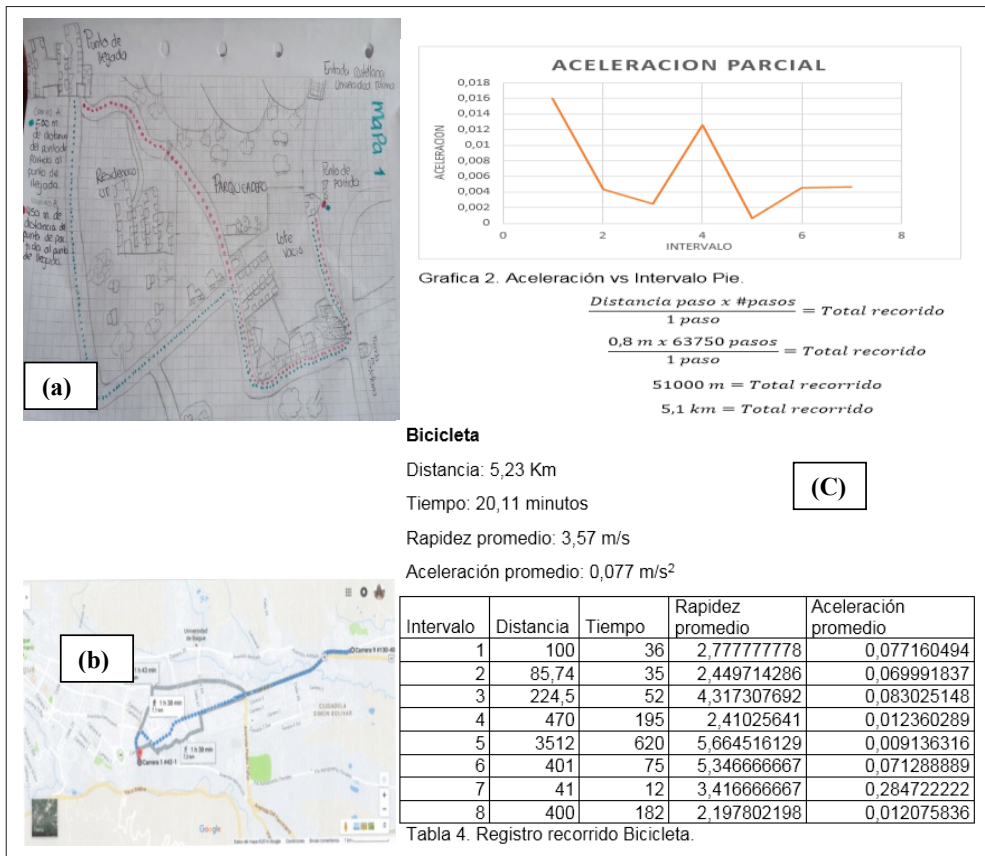


Fig. 2. Representaciones gráficas de los Modelos sobre la situación cotidiana 1. La representación del modelo (C) se consensuó en el grupo como la más precisa.

En los modelos (a) y (b), se formulan representaciones de la situación propuesta sin tener en cuenta las variables o condiciones del sistema. Se realiza una imagen de las trayectorias posibles de acuerdo a la ubicación de sus residencias, el vehículo y el destino final.

Luego del proceso de poner a prueba los modelos de acuerdo a preguntas relacionadas con: ¿Cómo determina la precisión de sus cálculos? ¿De qué conocimientos de la ciencia e instrumentos se valió para garantizar sus cálculos? ¿Es posible alcanzar la precisión total? Los estudiantes establecen como condición necesaria la medición del cambio de rapidez en cada uno de los casos (Caminando, en bicicleta y en bus). Para lo cual establecieron el modelo experimental y la posterior representación gráfica de la aceleración promedio para cada caso (correspondiente al modelo (c)). Finalmente, los PFICyM establecen las condiciones físicas y matemáticas de los modelos construidos para analizar la naturaleza de las precisiones conseguidas. En general, concluyen que es imposible determinar con total precisión el tiempo de duración de los tres sistemas a pesar que sus modelos se fueron reformulando y siendo mejor sustentados desde las ciencias.

Tabla 1.  
Relación general de las modificaciones de la SD  
en tres momentos de aplicación de la SD con PFICyM.

Actividades Generales Propuestas.	Momento 1	Momento 2	Momento 3
Modelización de situaciones cotidianas asociadas a la precisión y exactitud.	Formulación de preguntas que orientan la solución del problema en función de mejorar los modelos explicativos de los estudiantes y la justificación de sus representaciones.	Para la primera actividad se establece un momento de negociación del mejor modelo explicativo construido.	Diferenciación del modelo científico de base que soporta las explicaciones productos de los modelos que construyen los PFICyM
Situaciones asociadas a la valoración de la precisión en la ciencia haciendo uso de situaciones propias de la historia de la física:		Se precisa el contexto histórico y la comprensión desde las matemáticas y la física de las implicaciones del modelo de Eratóstenes respecto a las actuales mediciones.	Actividades relacionadas con la explicitación del modelo matemático utilizado y el significado físico del mismo. Actividades de consenso y establecimiento del mejor modelo. Además actividades de comparación con modelos actualizados de medición del perímetro de la Tierra.
Situaciones asociadas a las consecuencias sociales de las imprecisiones de la ciencia.	Se formulan actividades asociadas con este tópico.	Se formula con más detalle la pregunta relacionada con las evidencias.	Justificación desde explicaciones de la ciencia de la naturaleza y envergadura de los impactos de las imprecisiones.
Situaciones asociadas a aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la solución de problemas sociales.	Se restringe las aplicaciones al campo de la genética.	Reflexión precisa sobre la exactitud y la certidumbre en la ciencia. Se retoman todos los resultados anteriores, para esta actividad.	Ampliación de campos de aplicaciones de este criterio de la NdCyT.

Otro ejemplo importante de la SD, se corresponde con las situaciones asociadas a la valoración de la precisión en la ciencia, donde se hace uso de casos de la historia de la física. Estas actividades fueron más exigentes en tanto se requería por una parte comprender los desarrollos históricos que hizo Eratóstenes respecto a la medición de la circunferencia de la Tierra y el aparato matemático necesario para poder comparar y establecer la relevancia de las mediciones hechas en la antigüedad. No obstante, las actividades propuestas permitieron que los estudiantes establecieran conclusiones alrededor de la complejidad de las mediciones y su valor para los modelos teóricos que construye la ciencia.

### Resultados de las modificaciones de la SD

En la Tabla No 1 se presentan los cambios realizados a la SD como producto de los resultados cualitativos y cuantitativos en cada uno de los tres momentos de aplicación y del instrumento final de evaluación de la SD.

### CONCLUSIONES

La práctica de evaluación de la SD sobre la creencia de la exactitud y la precisión de la ciencia con los PFICyM permitió determinar que si bien es cierto que los tópicos de la NdCyT son complejos por

sus características metateóricas, es posible enseñarlos y aprenderlos de manera significativa en la clase de ciencia.

Por su parte, los cambios que fueron surgiendo en la SD, estuvieron relacionados con lograr que los estudiantes explicitaran a través de sus modelos explicativos mayor detalle y significado de la naturaleza de la precisión e incertidumbre en la ciencia en los resultados obtenidos y en la práctica científica. En consecuencia, la SD modificada permitió promover mayor solidez de las explicaciones científicas respecto a un fenómeno y además, evaluar por parte de los PFICyM, niveles de robustez de sus modelos explicativos en función de un determinado modelo científico.

De igual modo, el potencial de la SD aplicada se relaciona con integrar actividades explícitas e implícitas de la NdCyT, donde se hace uso tanto de modelos teóricos de la física y la matemática, los modelos explicativos elaborados por los estudiantes y aspectos propios de la historia y la sociología de la ciencia.

De acuerdo a lo anterior, una conclusión importante respecto a la necesidad de reducir la brecha entre la investigación en didáctica y las prácticas habituales de aula, es que los profesores en formación inicial participen en propuestas de formación que posibiliten diferenciar *miradas alternativas de enseñar y aprender ciencia de las tradicionales*, de tal forma, que se cuestione de manera explícita sus ideas sobre el conocimiento y práctica científica, las intenciones de la enseñanza de las ciencias, sus criterios sobre qué enseñar y aprender en ciencias y cómo hacerlo.

Para finalizar, los resultados de esta investigación se enmarca en el Proyecto: EDU 2015-64642-R (MINECO/FEDER).

## BIBLIOGRAFÍA

- CARDOSO, N y MORALES, E. (2012). Unidad Didáctica para la enseñanza de un Tópico de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en Profesores de Ciencias en formación de la Universidad del Tolima (UT)-Colombia, en el marco del proyecto EANCYT. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 3(3), 91-104.
- DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. (2003). Design based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- DUSCHL, R. & GRANDY, R. (2012). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- VÁZQUEZ-ALONSO, Á., MANASSERO-MAS, M. A., BENNÀSSAR-ROIG, A., & ORTIZ-BONNIN, S. (2013). Proyecto EANCYT: Enseñar, aprender y evaluar sobre naturaleza de la ciencia y tecnología. P. Membiela, N. Casado y M<sup>a</sup> I. Cebreiros. *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias*, 283-289.