

Diseño de un módulo de experimentación basado en la naturaleza de la ciencia y la indagación

Design of an experimentation module based on nature of science and inquiry

Diana Jiménez Robles^{1*}, Bryan Valverde Alvarado¹, Marianela Navarro Camacho¹

¹Facultad de Educación, Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes, 11501-2060 Montes de Oca, San José, Costa Rica.

*E-mail: diana.jimenezrobles@ucr.ac.cr

Recibido el 1 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta de diseño de un módulo para la aplicación de experimentos donde se contemple la indagación y la naturaleza de la ciencia (NdC) que promueva la adquisición de habilidades científicas. Para luego, mediante el uso del módulo, analizar los posibles cambios en la percepción epistemológica de los docentes acerca de la NdC, la incorporación de la metodología basada en la indagación en la planificación didáctica y la utilidad del módulo para la enseñanza de las ciencias. El módulo se desarrolló de manera virtual e incluyó una serie de cuatro experimentos, enlaces a actividades y artículos de otros autores. Para la recolección y análisis de los datos se aplicó un cuestionario sobre las concepciones de la NdC, un cuestionario tipo Likert y la revisión de planes didácticos utilizando una matriz de codificación. Como parte de las conclusiones se determinó que las concepciones sobre ciencia de quienes participaron del módulo estaban muy arraigadas, ya que no se evidenció cambio alguno al aplicar el módulo, pero sí se evidenció que el módulo funciona como un primer acercamiento a la NdC. Además, se identificaron algunos aspectos de la indagación que deben ser reforzados, y estar presentes en la planificación didáctica.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia; Indagación; Experimentación; Enseñanza de las ciencias.

Abstract

This article presents an approach to the design of an experiment application module that includes inquiry and the nature of science (NOS) and promotes the acquisition of scientific skills. Then, through the use of the module analyze the possible changes in the epistemological perception of teachers about NOS, the incorporation of the methodology based on inquiry in didactic planning and the usefulness of the module for teaching science. The module was implemented virtually and included a series of four experiments, links to activities and articles by other authors. For the collection and analysis of data a questionnaire on the conceptions of the NOS and a Likert-type questionnaire were applied besides the review of didactic plans using a coding matrix. As part of the conclusions, it was found that the conceptions about science of those who participated in the module were deeply rooted, since no change was evidenced when applying the module. On the other hand, it was found that the module is useful as a first approach to NOS. In addition, some aspects of the inquiry were identified that should be reinforced, and be present in the didactic planning.

Keywords: Nature of Science; Inquiry; Experimentation; Science teaching.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, las ciencias naturales se han enseñado desde un modelo pedagógico tradicional caracterizado principalmente por clases magistrales con un papel pasivo del estudiantado. Sin embargo, una revisión de investigaciones recientes muestran modelos alternativos que pueden utilizarse para la enseñanza y aprendizaje de ciencias naturales (Padilla-Canales, Brooks-Calderón, Jiménez-Porras y Torres-Salas, 2016). Más específicamente, refieren al uso de la experimentación y la indagación como medio para promover mayor logro académico y pensamiento lógico.

Akarsu (2010) destaca la tendencia a preparar actividades prácticas principalmente para las clases de química, algunas veces para las clases de física y pocas veces para la clase de biología. En este sentido, Navarro-Camacho (2019) señala que los docentes asumen la biología como una ciencia más teórica que práctica, cuando en realidad las tres ciencias son fácticas. En el caso de Costa Rica el Ministerio de Educación Pública (MEP) diseñó en 2015, a partir de los trabajos de Griffin, McGaw y Care (2012) y la UNESCO, la Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular. En donde se indica las habilidades que se espera desarrollar en el estudiantado, tales como: la creatividad e innovación; el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones; y el aprender a aprender y metacognición. Ya para 2016 se dio un cambio en el programa de estudio de ciencias de tercer ciclo de la Educación General Básica (EGB), este programa se enfoca en “*fortalecer el desarrollo del pensamiento científico, a partir de la indagación, la investigación y la experimentación*” (MEP, 2016, p. 13). Sin embargo, se ha evidenciado que aún persisten dificultades en el manejo de contenido científico en el estudiantado tanto en evaluaciones nacionales como en internacionales, donde se tiene rendimientos especialmente bajos en el área de las ciencias naturales. Por ejemplo en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) los estudiantes se ubicaron por debajo del nivel 2 de los 6 niveles de desempeño en ciencias (Programa Estado de la Nación, 2017).

Es importante agregar que existe una relación entre la práctica docente y el interés que tiene el estudiantado por las ciencias, que puede afectar los resultados que estos estudiantes obtengan en las evaluaciones educativas (Barber y Mourshed, 2007). Por ello Retana y Vázquez (2019) proponen un continuo acompañamiento de los docentes en ejercicio, direccionado en la capacitación sobre elementos epistemológicos, metodológicos y didácticos de la indagación. En el nuevo programa de ciencias del currículo nacional se pretende que los docentes planteen estrategias donde el ciclo de aprendizaje basado en la indagación sea el pilar para el diseño de las estrategias incluidas en la planificación didáctica. Sin embargo, aunque el currículo ya plantea explícitamente esta metodología, muchas veces no se les proporciona a los docentes los recursos y la capacitación necesaria para el diseño e implementación de estrategias basadas en la indagación (Retana y Vázquez, 2019). Por tanto, en esta investigación se realizó el diseño de un módulo de experimentación que incorpora el ciclo de mediación basado en la indagación, de modo que el docente pudiera contar con espacios donde poner en práctica lo aprendido y donde la NdC tuviera un papel importante en la enseñanza de las ciencias.

II. MARCO TEÓRICO

A. Naturaleza de la ciencia

La NdC es un campo que fundamenta la didáctica de las ciencias. Al respecto, Adúriz-Bravo (2005) define a la NdC bajo tres grandes ejes: la filosofía de la ciencia, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia. Por su parte Hesse (1980), defiende la tesis sobre entender los valores y contextos que están detrás de las ciencias, en otras palabras, entender el exterior de la ciencia para entender el propio conocimiento producido, todo desde un enfoque social.

Desde esa misma perspectiva Muñoz (2014), señala que se deben considerar los factores socio-históricos y los intelectuales para comprender los mecanismos de la ciencia en una determinada sociedad y el contexto en particular que llevó al conocimiento. Además, desde los aportes de Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002) y Matthews (2012), Acevedo y García (2016) indican que los aspectos de la NdC que deben ser abordados en las clases de ciencias incluyen también la experimentación, el uso de los modelos, la componente tecnológica, el realismo, el constructivismo, la cosmovisión y la religión, entre otros. Estos factores externos de la ciencia son, por tanto, valiosos en el proceso de conocimiento, donde el contexto cultural y social proporcionan las orientaciones del qué y cómo se conoce dentro de cada una de ellas. En la actualidad, se han tomado aspectos de la NdC para entender el conocimiento científico, sin embargo, en Costa Rica sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias aún están en una fase inicial.

B. El experimento en las clases de ciencias

Al enseñar ciencias naturales, es conveniente tener claro la reconceptualización del papel de la actividad experimental. En la actualidad, los docentes que enseñan ciencias tienen un imaginario limitado sobre la ciencia como una actividad

para generalizar a partir de datos empíricos (método inductivista). Esto ha provocado que exista una idea ingenua de que se generan conclusiones después de tomar datos del experimento, sin comprender el trasfondo del mismo (Aduriz *et al.*, 2011).

Para Aduriz *et al.* (2011), incorporar las experiencias previas del alumnado al experimento, utilizar narraciones en la experimentación e incorporar matices de la NdC es fundamental para obtener un aprendizaje significativo de la clase de ciencias. Además, retoma algunos aspectos a considerar para lograr lo anteriormente mencionado, como: plantearse preguntas significativas, implementar maneras de evaluar los resultados de forma integral; identificar datos alterados o anómalos; intentar comunicar los resultados o conclusiones y evaluar si los argumentos son coherentes, entre otros. Lo que normalmente sucede en la clase de ciencias es que el estudiantado interpreta los experimentos desde sus ideas previas, por ello empezar con un experimento inicial para que el alumnado explicita sus ideas de partida puede ayudar a confrontarlas. Finalmente, introducir nuevos puntos de vista, plantearnos nuevas preguntas y manipular los fenómenos que les permitiría observar “otras cosas” y explicar de diferentes maneras el fenómeno estudiado (Hofstein y Kind, 2012).

C. El proceso de indagación

La indagación se define como comportamientos que los seres humanos realizan con el fin de encontrar explicaciones sobre un fenómeno (Novak, 1964, citado en Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012). Por tanto, la indagación busca que a través de ciertas conductas se logre encontrar respuestas a cuestiones sobre el tema tratado.

Así mismo, “*la indagación requiere la capacidad del aprendiz para la identificación de supuestos, el uso del pensamiento crítico y lógico y la consideración de explicaciones alternativas*” (Meisel-Donoso, Bermeo-Andrade, Saavedra-Moreno y Patiño-Garzón, 2010). Por eso en la enseñanza de las ciencias naturales, el uso de la indagación se ha tomado como base para la adquisición de conocimiento científico. Ya que fomenta la criticidad, el razonamiento, entre otros y aprovecha los conocimientos previos que el estudiantado posee. Propiamente para el MEP, la indagación consta de un ciclo de cuatro fases recurrentes: focalización, exploración, reflexión y aplicación, en donde se “*implementa el proceso de evaluación de los aprendizajes, que permita tener información del conocimiento previo y el avance de cada estudiante, para identificar sus fortalezas y debilidades*” (MEP, 2017, p. 19). Siendo el estudiante quien construya su conocimiento relacionado con la ciencia y que logre desarrollar “*habilidades, que incluyen aspectos cognitivos, socio-afectivos y actitudinales que se vinculan al quehacer científico*” (MEP, 2017, p. 29).

III. METODOLOGÍA

En esta investigación se realizó el diseño y evaluación de un módulo de experimentación basado en la NdC y la indagación con la intención de promover la adquisición de habilidades científicas. Al centrarse en la práctica docente, esta investigación se posicionó en el paradigma crítico el cual no sólo valora el “*conocimiento para que se conforme mejor el ser, sino que juzga el ser desde el pensar*” (López-Barajas, Ortega, Albert y Ortega, 2009, p. 52). Por tanto, es fundamental la participación de todos los sujetos, ya que, a partir de sus colaboraciones es que se clarifica la problemática y su contexto, esto para la búsqueda de una solución o mejora.

Es por ello que se propuso realizar un análisis cualitativo de los datos. Los cuales fueron recolectados a partir de cuestionarios autoaplicados en línea y la revisión de documentos con la finalidad de que la información suministrada proporcionara los detalles necesarios para la realización de la investigación. Por lo anterior, el estudio se posiciona desde un enfoque cualitativo y el diseño desde la investigación-acción participativa. En este caso se diseñó y validó un módulo de experimentación basado en la indagación con docentes de ciencias en servicio del sector educativo público costarricense del tercer ciclo de la EGB en colegios académicos diurnos, pertenecientes a diferentes zonas del país y con al menos un año de experiencia impartiendo lecciones. Este proceso tuvo inicio a partir de una etapa de observación o bosquejo del problema, luego otra de interacción con los participantes, seguido de un proceso de análisis e interpretación y finalmente, la actuación; es decir, llevar a cabo una acción e implementar mejoras (Baptista, Fernández y Sampieri, 2014).

Desde las categorías de investigación, presentes en la tabla 1, se recolectaron datos mediante la aplicación de un cuestionario de preguntas abiertas, un cuestionario tipo Likert y la revisión de planes didácticos. El primero de los cuestionarios corresponde a un instrumento desarrollado y validado por Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, y Schwartz (2002) sobre las concepciones de la NdC denominado Views of Nature of Science (form C)* VNOS (C) [Visiones sobre la Naturaleza de la Ciencia (formulario C)* VNOS (C)], el cual contaba con 10 preguntas abiertas. Para efectos de esta investigación dicho instrumento fue únicamente, traducido al español y contextualizado por expertos. La escogencia de este tipo de preguntas responde a una necesidad de evitar las preconcepciones a la hora de redactar, que sí podría darse en instrumentos estandarizados de elección forzada. Este instrumento se implementó al inicio y al final de la aplicación del módulo.

La revisión de los planes didácticos se llevó a cabo con la ayuda de una matriz de codificación adaptada por los investigadores, con base en los trabajos de Sawada *et al* (2002), Reyes-Cárdenas y Padilla (2012), Toma, Greca, y Meneses-Villagrà (2017) y del Ministerio de Educación Pública (2017). Dicho instrumento fue posteriormente validado por expertos. Por último, el cuestionario tipo Likert se aplicó de forma autogestionada a los participantes para obtener información sobre la utilidad del módulo.

TABLA I. Descripción de las categorías y las subcategorías propuestas para el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos planteados en la investigación.

Objetivos de investigación	Categorías	Subcategorías
Describir la incorporación de la metodología basada en la indagación en la planificación didáctica del docente.	Incorporación de la metodología de indagación en la planificación didáctica.	Conocimientos previos. Rol del estudiante. Formulación de preguntas y/o hipótesis. Contextualización del contenido. Rol docente.
Determinar, desde la perspectiva docente, la utilidad del módulo para enseñar ciencias a partir de estrategias didácticas fundamentadas en la experimentación y el ciclo de mediación basado en la indagación.	Utilidad del módulo didáctico.	Funcionalidad para las clases de ciencias. Pertinente para la población estudiantil. Relación con el Programa de Tercer Ciclo del MEP.
Analizar las concepciones epistémicas del docente en relación con la NdC antes y después del proceso de capacitación en el uso del módulo.	Concepción de ciencia y su naturaleza.	Concepción de ciencia. Conceptualización y usos del experimento. Conceptualización de teoría y ley científica. Modelos científicos. Evidencia científica. Creatividad e imaginación.

Para efectos de esta investigación se utilizó la triangulación de datos para el análisis de los resultados, gracias a la posibilidad de implementar diferentes instrumentos y fuentes de información. Además, fue posible validar la interpretación de los datos a partir de la devolución de la información a los sujetos y los procesos de discusión e interpretación que realizaron los investigadores entre ellos y con el comité asesor.

IV. MÓDULO DE EXPERIMENTACIÓN

El módulo de experimentación denominado *La experimentación basada en la NdC y la indagación* representó un espacio para introducir a la NdC como un aspecto clave en la enseñanza de las ciencias naturales. La elaboración y diseño del módulo se posicionó desde un enfoque constructivista, con el objetivo de exponer nociones de NdC contemplando al ciclo de mediación basado en la indagación y la experimentación como elementos clave para la adquisición de habilidades científicas.

Su desarrollo tuvo una duración de 4 semanas en donde se coordinó sesiones sincrónicas de 1 hora y actividades asincrónicas que requerían de entre 30 y 120 minutos. De forma tal que el compartir experiencias y puntos de vista, fuera el común denominador en las sesiones de trabajo, para así establecer espacios críticos en torno a los materiales estudiados y contrastarlos con la realidad educativa costarricense. Para su diseño, se tomó en consideración la virtualidad y la autogestión de los recursos, tanto para las actividades sincrónicas como asincrónicas, por ello se escogió al Classroom, plataforma de Google, para montar el módulo. Los contenidos esquematizados en el módulo se muestran en la figura 1.

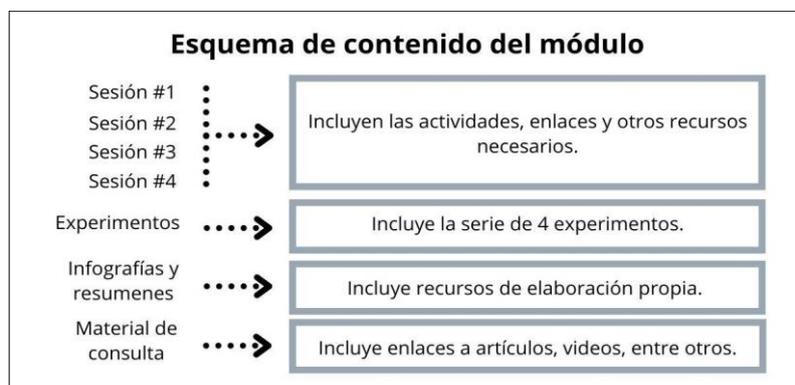


FIGURA 1. Esquema del diseño del módulo de experimentación y sus contenidos. Fuente: Elaboración propia.

El módulo tuvo como base cuatro experimentos que fueron desarrollados en sesiones sincrónicas, de modo que, cada participante contara con el espacio para compartir inquietudes y experiencias en relación con el experimento. Se desarrollaron temas relacionados a la física como leyes de Newton, impulso, estimaciones y mediciones, temperatura, concepto de calor, transformaciones de la energía. Sin embargo, se podrían vincular con temas de biología y química de manera que se abarcara el fenómeno de forma integral. A continuación, los nombres de los experimentos propuestos para el módulo y los criterios de evaluación para cada uno de ellos:

- Laboratorio “sin mucho” sentido: diferenciar entre estimaciones y mediciones en materiales de uso diario, tomando como referencia el Sistema Internacional de Unidades.
- ¿Y dónde está el oxígeno?: describir el aprovechamiento sostenible de los tejidos y órganos vegetales y apreciar la organización de las células vegetales en la conformación de tejidos y órganos.
- ¿Tiene la sal superpoderes?: identificar las características del movimiento en fenómenos físicos que ocurren en el entorno y demostrar, cualitativa y cuantitativamente, el concepto de fuerza.
- Mi energía. Si yo viviera en el polo...: identificar las formas y transformaciones de la energía en diferentes actividades, además de explicar el uso de energías limpias o amigables con el ambiente.

Junto a la realización de los experimentos se llevaron a cabo actividades, como por ejemplo foros y el diálogo a través de las experiencias al realizar los experimentos, relacionadas con la NdC y a la indagación. Asimismo, se realizaron actividades asincrónicas, con el fin de reforzar el contenido desarrollado, entre las cuales se encontraban lectura de artículos, visualización de videos e infografías. Finalmente, se aplicó nuevamente el cuestionario de preguntas abiertas para dar seguimiento del avance de los participantes con respecto a los materiales de estudio sugeridos para el desarrollo de las sesiones.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se contó con la colaboración de 14 participantes para la toma de los datos. Donde todos contestaron el cuestionario likert, 13 proporcionaron un planeamiento didáctico para su análisis y 8 contestaron el cuestionario sobre la NdC.

A. Pretest y postest: visiones sobre la naturaleza de la ciencia

Tanto en el pretest como en el postest los 8 participantes se alejaron de la concepción de ciencia que plantea la NdC. Donde según Fourez (2008), citado por Arias y Navarro (2017, p. 3) *la ciencia refiere a la producción de conocimiento desde una fundamentación histórica, ideológica, metodológica, estética, ética y teleológica*” y en el cual el método científico juega un rol de brújula que *“no produce automáticamente el saber, pero que nos evita perdernos en el caos aparente de los fenómenos”* (Bunge, 2005, p. 32). Mientras que las respuestas de los participantes describen un método científico con una sucesión de pasos rígidos y a una ciencia desligada de lo social, lo económico, lo político y lo cultura, argumentado que *“La ciencia es el estudio de nuestro entorno basados en el método científico, nos permite observar, analizar y obtener resultados de cualquier cosa que queramos saber su funcionalidad”*. Con respecto a si el desarrollo de conocimiento científico requiere de experimentos todos los participantes se alejaron, tanto en el pretest como en el postest, de las concepciones que plantea la NdC, ya que sus respuestas estaban orientadas a que siempre se requiere del experimento para la generación de conocimiento científico, indicando por ejemplo que *“Sí, el experimento es el que comprueba la teoría”*, descartando la generación de conocimiento científico mediante procesos de lógica formal, matemáticos y proposiciones teóricas. Desde la NdC, aunque los experimentos poseen un papel importante en la generación de conocimiento, no en todas las áreas se pueden realizar. Por ejemplo, la astronomía, donde el experimento se ve limitado o es impracticable, y sin embargo *“se alcanza una gran exactitud sin ayuda del experimento”* (Bunge, 2005, p. 15).

B. Revisión de planes didácticos

La evaluación de los planes didácticos se realizó por medio de una matriz de codificación que permitiera identificar aspectos como: los aprendizajes previos, la contextualización, la incorporación de preguntas e hipótesis y el rol del estudiante y el docente. Uno de los aspectos que fue mayormente considerado por los profesores participantes, que estaba presente en 11 de los 13 planes analizados, refirió a las concepciones alternativas del estudiantado, es decir, los conocimientos previos que posee el estudiante con respecto al tema tratado, los cuales *“no constituyen unas cuantas ideas dispersas, sino que en general se hallan integradas en la mente formando verdaderos esquemas conceptuales, dotados de una cierta coherencia interna”* (Carracosa, 2005, p. 388). Además, que los contenidos

estuvieran articulados al contexto cotidiano del estudiante. También, se identificó al estudiante como un agente activo, donde las actividades promueven el diálogo y el intercambio de ideas con sus pares, identificado en 12 de los planes didácticos. Por otro lado, entre los aspectos que menos se identificaron estuvieron la formulación de preguntas, hipótesis y estimaciones por parte del estudiantado, el cual solo se identificó claramente en 5 de los planes didácticos. En este sentido la propuesta del módulo fomenta la búsqueda de respuestas a partir del planteamiento de problemas en forma de preguntas y experimentos que incluyan estimaciones o predicciones por parte del estudiantado. Y como se describe al respecto en el programa de ciencias de Tercer Ciclo del MEP (2017), el planteamiento de un problema o de una hipótesis, que conlleva a la recolección de datos, forma parte de la indagación en sus etapas, por lo que es importante que quede explícito en la planificación. Además, es importante denotar que la formulación de preguntas o hipótesis están estrechamente relacionadas con los aspectos de la creatividad y la imaginación desde una visión NdC. Por otro lado, en ocho de los planes el rol del docente se logró identificar, es decir, se evidenció la forma en que el docente iba a interactuar con el estudiantado y el papel que este jugaba al mediar las estrategias didácticas. Mientras que, en cinco de los planes, si bien se describe el acompañamiento docente no queda clara su intencionalidad, siendo un obstáculo en la generación de espacios de trabajo asertivo. Como punto final, es importante describir que el rol de acompañamiento docente a través del uso de recursos debe poseer una clara intencionalidad, y estar acorde con la planificación, para poder propiciar la generación de espacios de interacción asertiva con el estudiantado.

C. Cuestionario para determinar la utilidad del módulo

La escala likert presentaba aspectos a validar con relación a la aplicación del módulo, en donde se tenía la siguiente escala: muy en desacuerdo, en desacuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, de acuerdo, totalmente de acuerdo.

Con respecto a la funcionalidad de los recursos implementados durante la aplicación del módulo, la totalidad de participantes indicó estar totalmente de acuerdo en que el módulo presentaba contenido actualizado y experimentos fácilmente replicables. Con relación al contenido de NdC desarrollados en el módulo, se validaron si los planteamientos sobre NdC eran evidentes en los apartados del módulo, si se lograba aumentar la comprensión sobre NdC de los participantes y si al trabajar con el módulo el conocimiento de la NdC se fortalecía. Sobre los dos últimos aspectos, 11 de los participantes indicaron estar totalmente de acuerdo en que se logró, mientras que 3 estuvieron sólo de acuerdo. En el aspecto que validó si se evidenciaba la NdC en los apartados del módulo, se obtuvo como resultado 12 participantes que señalaron estar totalmente de acuerdo y 2 de acuerdo.

Por otra parte, con los aspectos: construcción sencilla de los experimentos, materiales de fácil acceso, experimentos acorde a la población de la EGB. Todos los participantes indicaron que los aspectos anteriormente mencionados se cumplieron en el módulo. Con respecto a la relación que tuvieron los experimentos con la indagación y la NdC un participante indicó estar de acuerdo en que se daba una relación entre los tres temas, mientras los restantes 13 indicaron estar totalmente de acuerdo en que se daba esta relación. Finalmente se validó si desde el módulo se reconoce la relación entre el ciclo de indagación y la experimentación desde la NdC, donde 11 participantes estuvieron totalmente de acuerdo en que el módulo reconocía dicha relación.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los datos y su posterior análisis se llegó a las siguientes conclusiones. En relación con las concepciones epistémicas del docente con respecto la NdC antes y después del proceso de capacitación con el módulo, se concluye que las concepciones sobre ciencia de los participantes están muy arraigadas a un modelo de ciencia tradicional, ya que no se evidenció cambios importantes entre el pretest y el posttest. También se evidenció una conceptualización instrumental y academicista del experimento enfocado en seguir una serie de pasos propuestos en el programa de ciencias, dejando poco espacio para la creatividad estudiantil. Con respecto a la revisión de los planes didácticos, se reflejó una dinámica de actividades enfocada en la disciplina y en la adquisición de conceptos, ubicándose únicamente en los niveles de conocimiento. Sobre la validación del módulo, se concluye que la aplicación del mismo facilitó oportunidades de actualización y capacitación para los participantes en aspectos teóricos como: el ciclo de indagación permeado por la NdC, la práctica experimental, así como la alfabetización científica y tecnológica. Además, posibilitó la participación de docentes de ciencias en servicio en la validación del módulo diseñado, permitiendo la mejora del mismo a partir de las recomendaciones sugeridas y la propia experiencia de los investigadores durante la implementación. Además, el módulo logró generar espacios de discusión e introductorios sobre los temas y confirió un espacio de aprendizaje colaborativo entre los docentes y los propios investigadores.

Por otro lado, como recomendaciones se sugiere que la aplicación del módulo sea mayor a 4 sesiones de una hora, puesto que se requiere de más tiempo para profundizar en constructos complejos como la NdC, la indagación y la

experimentación. Además, trabajarlo bajo una aplicación guiada, en presencialidad o bimodalidad. También, se recomienda continuar investigando sobre la implementación de estrategias didácticas dentro del ciclo de indagación. Especialmente por el hallazgo que se dio al analizar los planes de los participantes, que identificó en algunos de los participantes vacíos pedagógicos importantes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los organizadores y participantes del taller denominado *Estrategias para promover el desarrollo de habilidades científicas en el aula* promovido por el Programa de Feria Nacional de Ciencia y Tecnología costarricense.

REFERENCIAS

Acevedo, J. y García, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18010>

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Adúriz-Bravo, A., Gómez-Galindo, A., Rodríguez-Pineda, D., López-Valentín, D., Jiménez-Aleixandre, M., Izquierdo-Aymerich, M. y Sanmartí-Puig, N. (2011). *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI*. Distrito Federal, México: Secretaría de Educación Pública. [versión electrónica]. Recuperado de: http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibroAgustin.pdf

Akarsu, B. (2010). Turkish pre-service teacher's perspectives of demonstrations and hands-on activities in science classrooms. *Lat. Am. J. Phys. Educ*, 4(3). Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/2425/a4add38b0e1dc9618abf00eb689449311336.pdf?_ga=2.154176312.1609786165.1567277862-1773534312.1567277862

Arias, M., y Navarro, M. (2017). Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades investigativas en educación*, 17(3), 774-794. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>

Barber, M. y Mourshed, M. (2007). *How the World's Best-Performing School Systems Come Out On Top*. Estados Unidos: McKinsey & Company.

Baptista, P., Fernández, C., y Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. (5^{ta} ed.). México: Graw Hill.

Bunge, M. (2005). *La ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires: Ediciones siglo veinte.

Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad, el cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388-402. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92020307.pdf>

Griffin, P., McGaw, B., y Care, E. (2012). The Changing Role of Education and Schools. *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (pp. 1-16). doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2

Hesse, M. (1980). *Revolutions and reconstructions in the philosophy of science*. Brighton: Harvester.

Hofstein, A. y Kind, P. (2012). *Learning In and From Science Laboratories*. En B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7>

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., y Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>

López-Barajas, E., Ortega, M., Albert, M. y Ortega, I. (2009). *El paradigma de la educación continua. Reto del siglo XXI*. Madrid, España: UNED y Narcea.

Meisel-Donoso, J., Bermeo-Andrade, H., Saavedra-Moreno, C. y Patiño-Garzón, L. (2010). El éxito en la clase de ciencias basada en indagación (EBCI): Una cuestión más allá del aula de clase. *Pedagogía Y Saberes*, (32), 111.124. <https://doi.org/10.17227/01212494.32pys111.124>

Ministerio de Educación Pública, MEP. (2016). *Política Educativa. La Persona: centro del proceso educativo y sujeto transformador de la sociedad*. San José, Costa Rica: MEP.

Ministerio de Educación Pública, MEP. (2017). *Programas de estudio de ciencias, tercer ciclo de educación general básica*. San José, Costa Rica: MEP.

Muñoz, G. (2014). El concepto sobre la naturaleza de la ciencia desde una perspectiva situada y pluralista. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. Buenos Aires, Argentina.

Navarro-Camacho, M. (2019). *La representación pedagógica de la cultura científica que realiza el profesorado de biología en educación secundaria : estudio de casos en colegios públicos*. (Tesis doctoral). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Padilla-Canales, C., Brooks-Calderón, P., Jiménez-Porras, L. y Torres-Salas, M. (2016). Dimensiones de las competencias científicas esbozadas en los programas de estudio de Biología, Física y Química de la Educación Diversificada y su relación con las necesidades de desarrollo científico-tecnológico de Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1–26. <https://doi.org/10.15359/ree.20-1.2>

Programa Estado de la Nación (Ed.). (2017). *Sexto Informe Estado de la Educación*. San José, Costa Rica: Servicios Gráficos, A. C. <https://www.estadonacion.or.cr/educacion2017/assets/ee6-informe-completo.pdf>

Retana, D. y Vázquez, B. (2019). Educación científica basada en la indagación: análisis de concepciones didácticas de maestros en ejercicio de Costa Rica a partir de un modelo de complejidad. *Revista Educación*, 43(2), 31. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43i2.32427>

Reyes-Cárdenas, F. y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000400002&lng=en&tlng=en

Sawada, D., Piburn, M.D., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R. y Bloom, I. (2002), Measuring Reform Practices in Science and Mathematics Classrooms: The Reformed Teaching Observation Protocol. *School Science and Mathematics*, 102: 245-253. doi:10.1111/j.1949-8594.2002.tb17883.x

Toma, R., Greca, I. y Meneses, J. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 14(2), 442–457.