



Revista Educación  
ISSN: 0379-7082  
ISSN: 2215-2644  
revedu@gmail.com  
Universidad de Costa Rica  
Costa Rica

## Modificación del plan de estudios de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales, Universidad de Costa Rica, 2020

**Loría Calderón, Luis Andrés; Navarro Camacho, Marianela**

Modificación del plan de estudios de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales, Universidad de Costa Rica, 2020

Revista Educación, vol. 46, núm. 1, 2022

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44068165021>

**DOI:** <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45521>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

## Modificación del plan de estudios de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales, Universidad de Costa Rica, 2020

Modifying the Study Plan for Natural Sciences Education, University of Costa Rica, 2020

Luis Andrés Loría Calderón  
Universidad de Costa Rica, Costa Rica  
luisandres.loria@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-6577-1071>

DOI: <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45521>  
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44068165021>

Marianela Navarro Camacho  
Universidad de Costa Rica, Costa Rica  
marianela.navarrocamacho@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0003-1624-810X>

Recepción: 09 Febrero 2021  
Aprobación: 16 Marzo 2021

### RESUMEN:

El proceso de modificación de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales constituyó una investigación que tuvo como objetivo proponer un plan de estudios acorde con el desarrollo que ha tenido la Didáctica de las Ciencias a nivel mundial. Para ello, se realizó un diagnóstico de la carrera con el fin de detectar fortalezas y debilidades. La revisión documental permitió fundamentar los aspectos socio-históricos sobre la formación de docentes de Ciencias en Costa Rica, Latinoamérica y el mundo. Lo anterior dio insumos para la construcción del marco epistemológico, en el cual también se realizó un análisis sobre la naturaleza del conocimiento científico, su enseñanza y las relaciones sujeto-objeto, que llevaron a la definición del objeto de estudio de la carrera que refiere a la *formación docente en Didáctica de las Ciencias*. El diseño metodológico se abordó desde una perspectiva epistemológica constructorista mediante la aplicación de encuestas, entrevistas y grupos focales a agentes claves del proceso. Para el análisis de los datos se realizaron estadísticas descriptivas básicas y se establecieron categorías *a priori* y otras que surgieron *a posteriori* en relación con los supuestos históricos, filosóficos y sociológicos de la ciencia, la formación inicial docente, la pedagogía y la didáctica. Finalmente, se definió el perfil de egreso del profesional en la enseñanza de las ciencias, con base en el modelo KSAVE.

**PALABRAS CLAVE:** Currículo, Formación inicial, Didáctica de las ciencias, Modelo KSAVE, Plan de estudios.

### ABSTRACT:

Modifying the Natural Sciences Education program involved a research process into global trends for Natural Sciences Education majors. Strengths and weaknesses of the current program were assessed. A bibliographic review of studies that delved into the socio-historical aspects of science teacher training in Costa Rica, Latin America and worldwide was executed that served as a baseline for an epistemological framework. The nature of scientific knowledge, how it is taught, as well as the subject-object relationship, was defined, thereby, helping to determine the objective of this career path for Natural Sciences Educators. The methodological design was approached from a constructionist epistemological perspective, through surveys, interviews and focus groups with key stakeholders. Basic descriptive statistics were performed for purposes of data analysis. Categories were established *a priori* with additional categories added *a posteriori* with regards to historical, philosophical and sociological theories of science, initial teacher training, pedagogy and didactics with graduation requirements based on the KSAVE Science Teaching model.

**KEYWORDS:** Curriculum, Preservice Teachers, Science Education, KSAVE model, Study Plan.

### INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación ha sido elaborado con base en diversos procesos que evidenciaron la necesidad de replantear el diseño curricular de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica. En la primera etapa del proceso se llevó a cabo la autoevaluación para el

mejoramiento de la carrera (2014-2015); en la segunda etapa se analizaron los desafíos y retos actuales de la educación científica a nivel mundial, latinoamericano y nacional. En la tercera etapa se tomaron en cuenta los criterios del personal docente de la carrera, las personas empleadoras, el estudiantado activo y graduado, así como el análisis documental y las consultas a especialistas en educación científica del ámbito nacional e internacional.

Así fue como, desde el año 2014, el personal docente y la Comisión de Carrera sometieron a discusión y análisis la oferta curricular, la cual data del año 1991. Se requería un rediseño actualizado del plan de estudios en relación con el contexto histórico, cultural, social, político y educativo del país y del mundo. Era necesario desarrollar marcos referenciales: socio-profesional, epistemológico y pedagógico, que sustentaran la nueva oferta curricular, e integrar los aportes de la Didáctica de la Ciencia y sus implicaciones en las prácticas educativas emergentes.

Todos estos cambios llevaron al análisis y replanteamiento del perfil profesional de la carrera, de manera tal que esté acorde con los nuevos desafíos que impone la especialización en la didáctica específica y el paradigma emergente de currículos centrados en el desarrollo de habilidades. Al respecto, Sanmartí (2002) señala que:

ya no basta con formar en ‘contenidos científicos’ y formar en ‘contenidos pedagógicos y didácticos’, separados de la práctica; bajo la creencia implícita de que, si una persona ‘sabe’ de la materia y conoce teorías generales sobre cómo enseñar, sabrá aplicarlas a la enseñanza de cada contenido. (p.39)

Durante el proceso se identificaron y analizaron las prácticas educativas dominantes, para cuestionar, problematizar, diagnosticar y contrastar lo que se hace en relación con lo que proponen las nuevas tendencias de educación científica y las políticas curriculares vigentes en el país. Se busca, que la población estudiantil formada en la carrera sea capaz de desarrollar prácticas educativas que promuevan procesos de razonamiento superior, como es el razonamiento abductivo, inductivo y deductivo (Navarro-Camacho, 2019).

Actualmente, las prácticas educativas no logran conformar una visión clara sobre la naturaleza del conocimiento científico y no se observa la incorporación de sus elementos en la enseñanza de las ciencias en las aulas o fuera de ellas (Navarro-Camacho, 2019). En ese sentido, las prácticas educativas en las ciencias naturales deben aprovechar la amplitud de formas de acercarse a la realidad y la flexibilidad que le es propia a las disciplinas científicas para desarrollar explicaciones viables de los problemas y situaciones que intenta resolver o explicar.

En los últimos años, los aportes de la Filosofía de la Ciencia iluminan aspectos de las ciencias que, sin ella, resultarían invisibles. Así, devela actuaciones humanas impulsadas por el deseo de conocer y de comunicar; valora el carácter retórico y simbólico del lenguaje, la función de los instrumentos y del contexto en la resolución de los problemas científicos, los valores que la guiaron y que influyeron en su desarrollo y la función de la enseñanza en todo ello (Izquierdo-Aymerich et al., 2016).

La relevancia de la educación científica, a partir de la segunda mitad del siglo XX, con la consecuente incorporación de diversas propuestas curriculares para mejorar la alfabetización científica de la ciudadanía, plantea con insistencia el problema de cómo lograr que la cultura científica, que ha sido generada a través de la historia, sea comprendida por la población, para ser aplicada y, de esta forma, pueda seguirse generando (Sanmartí, 2000).

En la actualidad, diversas personas autoras consideran que la cultura y la ciencia no pueden separarse, sino que una tiene significado en y con la otra, por eso se emplea el término *cultura científica*, pues explica mejor cómo se construye y constituye la ciencia en el contexto actual. Es decir, la alfabetización científica puede ser considerada un camino para la formación de una cultura científica (Navarro-Camacho, 2019).

Al respecto, López-Cerezo y Cámara-Hurtado (2009) indican que la adquisición de una cultura científica no solo consiste en el enriquecimiento cognitivo del individuo por medio de la adquisición de conocimientos básicos de una ciencia cristalizada, sino que también implica el reajuste de su sistema de creencias y actitudes que generan disposiciones al comportamiento basado en la información científica.

Por lo anterior, se hace necesaria la educación científica para toda la población, por ello, la enseñanza de las ciencias ha venido cambiando en las últimas décadas a nivel mundial; además, se ha desarrollado una creciente investigación en la didáctica específica. Fueron principalmente estos cambios los que llevaron a reestructurar la carrera de Bachillerato y Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica durante el año 2019 y 2020.

Para reelaborar el plan de estudios fue necesario realizar un proceso de investigación, el cual requirió de la revisión de fundamentos socio-históricos, epistemológicos, didácticos y pedagógicos, para la concreción de un modelo de formación docente acorde con el desarrollo actual de la Didáctica de las Ciencias y la formación científica que necesita la ciudadanía en el siglo XXI.

### Referente Teórico

La educación científica ha cobrado especial relevancia a nivel mundial a partir de la segunda mitad del siglo XX, momento en el que surgen novedosas propuestas curriculares para mejorar la alfabetización científica de la ciudadanía. Desde una concepción democrática del acceso al conocimiento, el entendimiento de los principios básicos de la ciencia es un derecho que posibilita la reflexión en cuanto a sus fines, valores y prácticas, con el objetivo de hacer posible su participación en cuestiones de índole socio-científicas.

En la actualidad se reconoce a la Didáctica de las Ciencias como una disciplina, que contiene todos los elementos necesarios para separarse de otras áreas del conocimiento y realizar sus propios planteamientos para mejorar la educación en ciencias naturales.

Algunos de los aspectos relevantes, que consolidan su visión independiente, son la existencia de varias redes de personas científicas especializadas que se han conformado en diversas regiones del mundo; la cantidad de publicaciones científicas que anualmente aportan al análisis, tanto de los conocimientos como de la práctica de esta disciplina; y la creciente aparición de posgrados en el campo de estudio que refuerzan los procesos de investigación (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2002).

Enseñar ciencia con conciencia es una de las tareas fundamentales de las ciencias modernas contemporáneas (Torres, 2010); contextualizar el conocimiento y relacionarlo con la vida cotidiana es uno de los principales retos. Es por esto que el profesorado deberá estar preparado para lograr que el conocimiento científico sea visto desde una nueva óptica, al incorporar en la práctica educativa los valores y la ética, que deben estar de la mano con el desarrollo de nuevo conocimiento.

También existe una necesidad de que toda la población posea un mayor conocimiento científico, lo cual se fundamenta en razones económicas y de democratización social y cultural. Sin embargo, actualmente el reto es enseñar ciencias a estudiantes que no quieren aprenderla, porque tienen dificultades para hacerlo y no encuentran motivación hacia estos conocimientos por estar desligados de su realidad (Sanmartí, 2002).

La ciencia forma parte de la cultura, las diferentes teorías científicas son conquistas humanas y su enseñanza posibilita el acceso de las nuevas generaciones a este tipo de conocimiento. Se podría afirmar que una finalidad de la enseñanza de las ciencias en la escuela es la transmisión de esta cultura por medio de la alfabetización científica (Sanmartí, 2002).

Por lo tanto, el profesorado formado en Enseñanza de las Ciencias debe comprender que una de sus tareas no es solamente enseñar fórmulas y números, sino procurar el entendimiento de modelos y teorías que sirven para comprender los fenómenos naturales que suceden alrededor y sus relaciones con el mundo. Además, el estudio de la ciencia permite generar habilidades como la observación, la categorización, el análisis cualitativo y cuantitativo, la sistematización, la creatividad e imaginación para resolver problemas, entre otros. La formación de un profesorado capaz de alfabetizar científicamente desde esta perspectiva es una tarea universitaria.

En este sentido, la Universidad de Costa Rica (UCR), desde su fundación, ha atendido la formación de docentes para ejercer la enseñanza de las ciencias, la física, la química y la biología en las instituciones de educación media. Los procesos de formación se han ido modificando de acuerdo con las necesidades del contexto y los procesos de reestructuración de la misma universidad y el sistema educativo nacional.

El plan de estudios actual data de 1989 y no ha tenido cambios importantes desde esa fecha, solamente algunas modificaciones en los cursos de la malla curricular. Dado que el panorama político, social y económico, en el cual surge la carrera, ha cambiado desde la década de 1990 y que existe una amplia y sólida investigación en relación con los procesos de educación científica a nivel mundial, se hace necesario replantear el modelo de formación del profesorado en Ciencias Naturales, de modo que la ciencia que se enseña y la forma en que se enseña respondan los desafíos y necesidades de las actuales sociedades denominadas del conocimiento y la información.

Al respecto, también se debe tomar en cuenta que una parte importante de la comunidad científica latinoamericana se adhiere a la concepción de la Didáctica de las Ciencias como disciplina autónoma, que se refiere precisamente a la “ciencia de enseñar ciencias” (Amador y Adúriz, 2011, p.7).

Por otro lado, Costa Rica, como parte de su proceso de incorporación a la Organización del Comercio y Desarrollo Económico (OCDE), desde 2009 aplica las pruebas Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA por sus siglas en inglés). Durante las tres aplicaciones, el rendimiento en educación científica estuvo muy por debajo del promedio de la OCDE. Si bien es cierto que estas pruebas estandarizadas son criticadas por estar diseñadas para otros contextos, los métodos de análisis que emplean son rigurosos y constituyen un indicador importante (Navarro-Camacho, 2019). El caso es que los resultados sugieren la necesidad de mejorar la enseñanza de las ciencias; en ese sentido, el profesorado constituye un factor clave del proceso.

En el ámbito de modelos de formación de docentes en educación media, la investigación de Chaves et. al. (2016) reconoce dos tipos de modelos: el consecutivo y el concurrente. En el modelo consecutivo, también llamado sucesivo, predomina la formación en un campo determinado de las ciencias; posteriormente se realiza la formación en pedagogía y didáctica. Mientras que el modelo concurrente, también llamado simultáneo, propone una formación basada en el método prusiano, es decir, la futura persona docente recibe la formación científica al mismo tiempo que la formación pedagógica (Lorenzo-Vicente et al., 2015).

Al respecto, Valle y Manso aseguran que “no se encuentran diferencias significativas que relacionen la aplicación de un modelo u otro y los resultados educativos de los alumnos. Lo importante es que haya una preparación sólida, tanto en los aspectos disciplinares como pedagógicos” (Valle-López y Manso-Ayuso, 2011, p.271). En relación con lo anterior, la investigación de Navarro-Camacho (2019), realizada en Costa Rica, se basó en un estudio de casos con sujetos que tenían diferentes formaciones. Entre los hallazgos más relevantes se encuentra que en ambos casos hay dificultad para establecer puentes entre el conocimiento pedagógico y didáctico con el disciplinar, lo que sugiere la necesidad de incorporar la didáctica específica en los procesos de formación.

En ese sentido, se hace necesario distinguir la profesión en la docencia del dominio de la disciplina científica. Por eso es importante definir e investigar lo que debe saber el profesorado para ser docente. En este caso en particular, el profesional en la enseñanza de la ciencia posee conocimientos disciplinares, pero además debe poseer los fundamentos teóricos, metodológicos y praxiológicos de la pedagogía y la didáctica que se constituyen en saber para la acción educativa.

En el caso de la profesionalización docente, Tardiff (2014) la define como “el conocimiento de los docentes, es decir, de los saberes, del saber hacer, de las competencias y de las habilidades que sirven de base a su trabajo en el ambiente escolar” (p.167). Las investigaciones empíricas y análisis teórico de la práctica docente realizado por Tardiff (2014), lo llevó a teorizar sobre la naturaleza de los saberes (conocimientos, saber hacer, competencias, habilidades, etc.). De esta manera configuró una tipología de saberes presentes en la práctica docente. Estos saberes plurales –por venir de diversas fuentes– son los siguientes (Tardiff, 2014):

- \_ Saberes de la formación profesional (provenientes de la ciencia de la educación y de la ideología pedagógica). Estos son los saberes que fueron transmitidos y adquiridos por las personas docentes durante su proceso de formación inicial en las universidades o institutos, así como en procesos de educación continuada.

Es decir, son los saberes que permiten al profesorado la construcción de los conocimientos pedagógicos para la acción educativa.

\_ Saberes disciplinares. Son los saberes que corresponden a los diversos campos del conocimiento, es decir, las disciplinas específicas, ya sea del área de las Ciencias Naturales o de las Ciencias Humanas. Al igual que los saberes pedagógicos se construyen en el proceso de formación inicial y continua del profesorado a través de instituciones como las universidades.

\_ Saberes curriculares. Se refieren a los saberes sociales que han sido escogidos y seleccionados como modelos de cultura erudita y de formación para esa cultura. Incluye los discursos, objetivos y métodos que, por medio de la institución escolar, serán transmitidos y categorizados. Están representados en los programas escolares.

\_ Saberes experienciales. Son los saberes que se construyen a través de la experiencia, del trabajo cotidiano y del conocimiento del medio. Se incorporan a la experiencia individual y colectiva en forma de hábitos y de habilidades del saber hacer y del saber ser.

Por este motivo, para ejercer la profesión docente se requiere tanto del conocimiento disciplinar, como de los conocimientos pedagógicos y didácticos, que conforman saberes específicos para la enseñanza.

Un punto necesario de discusión y reflexión para definir características deseables en un contexto latinoamericano es una posición decolonial, desde una pedagogía de la liberación; al respecto Manfredi (2015) menciona que la educación profesional es:

un proceso de formación humana, que vincule formación técnica –los procesos de trabajo, de forma crítica– con los conocimientos técnicos, científicos, en su historicidad y a su función social y política”, cuyo fin educativo es la “construcción de sujetos humanos, críticos, social y políticamente activos. (p.80)

Por tanto, más que un especialista en alguna disciplina científica, la persona docente debe ser una persona profesional, que logre contextualizar los saberes científicos para que puedan ser comprendidos, construidos, explicados y vivenciados mediante diversos métodos de enseñanza con una clara intención pedagógica. Por eso es importante que el cuerpo docente permanezca en constante formación, que realice investigación y que comparta sus aportes.

Al respecto, Dos Santos (2008) propone que sea la persona docente en constante reflexión pedagógica, honesta y rigurosa, que le permita tanto revisar su accionar docente, así como realizar las modificaciones pertinentes, en consideración de las particularidades de quien aprende y su contexto.

Por su parte, Guzmán (2011) afirma que el cuerpo docente “tendrá que volverse más profesional, es decir, tendrá que formalizar su preparación, sobre todo en lo que atañe a la didáctica” (p. 132), lo cual podría conducir a una reflexión más profunda y rigurosa acerca de su práctica pedagógica.

En relación con el enfoque curricular, Jiménez (2008) lo define como el conjunto formado por los diferentes puntos de vista de la realidad, las relaciones entre los elementos del currículo, la organización que se realice del currículo con base en ellos y los distintos fundamentos teóricos.

Desde los fines y propósitos establecidos para esta carrera se pretende que el modelo pedagógico y el enfoque curricular contribuyan en la formación de una persona profesional especialista en Enseñanza de las Ciencias Naturales, capaz de alfabetizar científicamente a sus estudiantes para la adquisición de una cultura científica ciudadana. Además de promover vocaciones científicas y tecnológicas para el país.

Estos aspectos, así como las políticas educativas vigentes a nivel nacional y mundial, fueron discutidos en los talleres sobre modelos pedagógicos y enfoques curriculares que realizó la comisión de reestructuración. Por lo que la discusión generada llevó a definir el modelo pedagógico como constructivista y al enfoque curricular por habilidades como el adecuado para la formación profesional en esta carrera.

Un aspecto importante a tomar en cuenta es la función social de los procesos formativos. Actualmente, la sociedad demanda personas profesionales altamente efectivas, que sean capaces de armonizar coherentemente sus conocimientos técnicos con sus habilidades socioemocionales para la resolución de

problemas (Vera, 2017). Así, el nuevo orden mundial impone desafíos de todo tipo, por lo que la formación de profesionales capaces de adaptarse al cambio, de generar soluciones creativas, y de asumir nuevos desafíos, es un reto para las universidades. Lo anterior refiere a habilidades, actitudes y valores, no remite al dominio de conocimientos. Es decir, ya no basta con enseñar los conocimientos, ahora hay que desarrollar habilidades.

El enfoque por habilidades considera que durante el proceso de enseñanza y aprendizaje se debe facilitar la construcción de los contenidos. Además, la relación entre el profesorado y el estudiantado se concibe diferente: ambos pertenecen a una misma comunidad que conjuntamente desarrolla una habilidad; ya que las habilidades no se aprenden de manera teórica, si no por medio del modelaje y la puesta en práctica de lo que se sabe en situaciones concretas y retadoras.

Para la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales, la habilidad se define como: “querer saber para poder hacer”. Es decir, las habilidades se pueden identificar como el desarrollo de diferentes niveles que comprometen al sujeto en su totalidad: desde el QUERER como fundamento del desarrollo de la habilidad, el SABER como construcción y procesamiento de la información y del PODER HACER como posibilidad de actuación o de resolución de una tarea (Gómez de Erice, 2000, citada en Marzábal, 2011).

Este enfoque se sustenta teóricamente en una tendencia sociológica, a partir de la cual se visualiza a la persona docente como un puente entre lo real y lo ideal, por lo tanto, el estudiantado aprende a enfrentarse a los retos de la sociedad por medio del desarrollo de habilidades. Esta tendencia sociológica busca que el ser humano sea capaz de adaptarse, mantenerse y funcionar con eficiencia en un mundo de rápido cambio (Chen y Salas, 2019).

Desde un componente psicológico, se entiende que las habilidades se desarrollan en la actividad y que implica el dominio de las formas de actividad cognoscitiva, práctica y valorativa; es decir, la persona que aprende una habilidad lo hace por medio de la práctica y del proceso de socialización y comunicación, es la concreción del conocimiento en un conjunto de acciones y operaciones que permiten al sujeto alcanzar una meta, objetivo o fin propuesto (Velázquez y Santiesteban, 2018).

Desde un componente pedagógico, se considera que las habilidades más complejas se van construyendo con habilidades más simples, a través de la apropiación que hace el estudiantado de ellas y que le ayudan a resolver diferentes tipos de problemas. Además, como parte de la teoría que fundamenta el enfoque por habilidades, se considera la *Teoría de Desarrollo Próximo* de Vygotsky, la cual se refiere a la distancia entre el nivel actual de solución de un problema de forma independiente de parte del estudiantado y el nivel de desarrollo potencial al resolver un problema determinado con la guía de una persona adulta o la colaboración con pares más capaces (Barker, 1996 citando en Portillo-Torres, 2017).

Además, se están considerando como antecedentes y sustento las habilidades para el siglo XXI del proyecto *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (ATC21S). Estas habilidades corresponden a cuatro dimensiones: maneras de pensar, maneras de trabajar, herramientas para trabajar y maneras de vivir en el mundo; las cuales han sido consideradas por el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica como parte del proceso de transformación curricular, por lo que se considera que este enfoque está acorde con las exigencias del nuevo orden mundial en materia económica, política, social y ambiental.

Por otra parte, la evaluación de las habilidades es uno de los grandes retos en la enseñanza de las ciencias, pues antes se centraba en el dominio de los contenidos y ahora la evaluación se centra en el desarrollo de habilidades. Al respecto, Sanmartí (2002) afirma que enseñar, aprender y evaluar son en realidad tres procesos inseparables, por lo tanto, al evaluar en todas las asignaturas, particularmente a la Enseñanza de las Ciencias, es imprescindible que el profesorado comprenda cómo debe evaluar esos contenidos a través de las habilidades que desarrolla en el estudiantado.

Por lo anterior, se determina que es necesario solventar dificultades específicas en los procesos de formación inicial por medio de reflexiones profundas sobre las relaciones de teoría-práctica, con el fin de fundamentar la acción educativa desde el conocimiento pedagógico y la didáctica específica.

## METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología utilizada en las diferentes etapas para llevar a cabo el proceso de reestructuración integral del plan de estudio actual. Esta se abordó desde una perspectiva constructora y desde un enfoque de investigación-acción participativa (Sandín, 2003).

La recolección de los datos se realizó mediante encuestas aplicadas a personas: graduadas, estudiantes activas, empleadoras y docentes de la carrera. Las respuestas se analizaron por parámetros de estadística descriptiva para obtener información sobre fortalezas y necesidades de la carrera.

También, se aplicó la estrategia de grupos focales con el profesorado que forma a la persona docente de diferentes universidades públicas y del Ministerio de Educación Pública. El análisis de datos permitió establecer categorías en relación con el modelo pedagógico, políticas educativas en Costa Rica y estándares de calidad en educación científica a nivel nacional, latinoamericano y mundial. Además, esta estrategia se desarrolló con la Comisión de Carrera; la discusión permitió elaborar categorías de análisis para determinar los objetos de estudio de la carrera, las habilidades, actitudes y conocimientos que conforman el perfil de egreso.

Las entrevistas se realizaron al personal administrativo, al director de la Escuela de Formación Docente y a las personas coordinadoras de la carrera. El objetivo primordial fue analizar la gestión administrativa y proponer cambios para agilizar los procesos. También, se aplicaron entrevistas al profesorado y las personas investigadoras en educación científica de diversas universidades iberoamericanas y de Estados Unidos, con el propósito de conocer los procesos de formación inicial de las personas docentes de Ciencias y las nuevas tendencias en la enseñanza de Ciencias Naturales.

Toda esta información se trianguló para incorporar los resultados en las siguientes etapas del proceso.

Primera etapa: Análisis de los resultados de autoevaluación y elaboración del marco socio-histórico.

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de autoevaluación realizado en el período 2014-2015, se determinó la necesidad de desarrollar un proceso de reestructuración integral de la carrera que se formulara a partir de tres dimensiones: la primera que involucró aspectos históricos, socio-profesionales, epistemológicos y teleológicos; la segunda, el modelo pedagógico y didáctico, y el enfoque y la malla curricular, acordes con las nuevas tendencias en educación científica; la tercera, un modelo de evaluación continua de la carrera, la administración y la gestión.

Se inició con la construcción del marco socio-histórico a partir de un análisis documental sobre cuáles han sido los procesos de formación de docentes de Ciencias desde la creación de la Universidad de Costa Rica en el año 1941 hasta la actualidad. También se investigó sobre aspectos relacionados con la profesionalización de la Educación Secundaria en Costa Rica. Como parte de la contextualización, se analizaron, con un grupo de personas expertas, las prácticas pedagógicas, didácticas y curriculares actuales y emergentes en el ámbito de la enseñanza de las ciencias naturales.

Segunda etapa: Elaboración del marco socio-profesional.

En esta etapa se realizaron entrevistas y un grupo focal con especialistas de universidades estatales, del Ministerio de Educación Pública y personas académicas internacionales que estuvieran relacionadas con la educación científica. El objetivo fue conocer diferentes modelos de formación en el área de enseñanza de las ciencias naturales, además de sus propuestas y posicionamientos en relación con la educación científica en Costa Rica. También se revisaron planes de estudio de diferentes universidades sobre modelos de formación de la persona docente en Ciencias Naturales. Los criterios de selección de las universidades fueron los siguientes: posicionamiento en el ranking mundial, índice de desarrollo humano del país al que pertenece y resultados del país en las pruebas PISA en la dimensión de alfabetización científica.

Asimismo, se aplicaron cuestionarios a personas: empleadoras, graduadas, estudiantes, docentes de las Escuelas de Química, Física, Biología, Formación Docente, Orientación y Educación Especial, y personal administrativo de la Escuela de Formación Docente (por ser la Escuela encargada de la administración), con

el fin de analizar la situación actual de la carrera. Así se obtuvieron datos relevantes desde las voces de las diferentes partes involucradas en su funcionamiento.

#### Tercera etapa: Perfil de egreso

Se diseñaron e implementaron dos grupos focales con el objetivo de proponer el perfil de egreso de la carrera. Participaron integrantes de la Comisión de Carrera y estudiantes en condición activa; en la segunda etapa del taller se contó con los aportes de un experto en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Huelva de España. A partir de preguntas generadoras como: ¿qué enseñar?, ¿cómo enseñarlo? y ¿para qué enseñarlo?, se analizaron aspectos de contenido, habilidades, valores y actitudes esperados en las futuras personas profesionales.

El perfil de egreso se fundamentó en el modelo KSAVE (Conocimientos; Habilidades; Actitudes, Valores y Ética; por sus siglas en inglés), que describe las habilidades necesarias para el siglo XXI, y está diseñado para ser adaptado según las necesidades de cada currículo y su contexto. Actualmente, los países que utilizan este modelo son: Australia, Finlandia, Singapur, Estados Unidos, Países Bajos y Costa Rica.

#### Cuarta etapa: Marco epistemológico

Para definir el objeto de estudio de la carrera se realizó un grupo focal sobre el marco epistemológico con personas expertas en Pedagogía, Didáctica y Ciencias Naturales. Se analizó el desarrollo histórico-epistemológico de las ciencias naturales y su concreción curricular a lo largo de la historia de occidente, además de las tendencias actuales en educación científica, esto con el fin de contextualizar el ámbito teórico-metodológico de donde emerge la carrera. En una segunda etapa se definieron los objetos de la carrera con base en los objetos materiales y formales de la educación, el currículo, la didáctica, la pedagogía, las ciencias naturales (biología, química, física y geología) y sus relaciones para llegar a definir el objeto de estudio.

## RESULTADOS

### Aspectos relevantes de la contextualización socio-profesional

En la Universidad de Costa Rica, la formación en la carrera de Enseñanza en las Ciencias Naturales involucra el conocimiento pedagógico, didáctico y el conocimiento en el campo teórico-práctico de las disciplinas científicas.

Además, se señala que un desafío importante para las universidades públicas representa la disminución de personas graduadas en Ciencias Naturales y su enseñanza. El *Tercer informe del estado de la educación* señala que la tasa de personas graduadas en Enseñanza de las Ciencias en las universidades públicas ha disminuido drásticamente (Alfaro y Villegas, 2010). En el caso de la UCR, la cantidad en los últimos cinco años a nivel de bachillerato es de 28 estudiantes y en el nivel de licenciatura es de 10 estudiantes (Base de datos de la Escuela de Formación Docente). Por lo que es necesario aumentar los niveles de graduación sin detrimento de la calidad.

Por otra parte, la encuesta aplicada a docentes evidenció que, por ser una carrera compartida entre cinco unidades académicas, no hay claridad entre el profesorado que imparte los cursos sobre el objeto de estudio de la carrera. Tampoco existe un claro conocimiento del contexto en el cual se desempeña la persona docente formada en esta área, que comprende principalmente los niveles escolares preuniversitarios. Esta situación puede generar un abordaje poco pertinente de los contenidos, los métodos y las prácticas educativas durante el proceso de formación inicial, situación que remite a una falta de comprensión de lo pedagógico y de la didáctica específica por parte de algunas de las partes formadoras.

En relación con la malla curricular, la mayoría de los cursos que se imparten no corresponden a cursos específicos para la enseñanza de las ciencias. En el caso de la Escuela de Formación Docente, los cursos corresponden a un núcleo pedagógico general para las carreras de enseñanza secundaria. En el caso de las Escuelas de Química, Física, Geología y Biología, los cursos son generales para diversas carreras. Lo anterior responde a un modelo según las necesidades nacionales de la década de 1990, pero no es pertinente para las

nuevas tendencias en educación científica. Por otra parte, el proceso de investigación permitió evidenciar que la UCR cuenta con los recursos de infraestructura y equipo para el desarrollo de habilidades y destrezas científicas. Las personas estudiantes complementan su formación teórica con prácticas y giras didácticas.

No obstante, hay carencias importantes en la didáctica específica. Desde esta perspectiva, el profesorado encargado de enseñar Ciencias Naturales debe tener una concepción de la naturaleza de las ciencias en cuanto a sus teorías, métodos, procesos, modelizaciones, lógicas, argumentos, lenguajes, así como un posicionamiento epistemológico, histórico, sociológico, ético, estético y axiológico sobre la ciencia y su relación con la sociedad. Elementos que para ser desarrollados en la práctica docente requieren de aspectos de índole didáctico, curricular y evaluativo, articulados coherentemente por medio de un modelo pedagógico establecido.

En general, de los retos citados, pocos se concretan en la oferta curricular existente. Aunque se han realizado reformas parciales, no se ha dado un proceso de cambio profundo que permita hacerle frente a los nuevos retos que presenta la educación científica en el contexto nacional e internacional. Es por ello que la oferta curricular se actualizó según las necesidades detectadas.

#### Aspectos relevantes del marco epistemológico

Los estudios en la naturaleza de las ciencias son un pilar de la Didáctica de las Ciencias y le dan vida, contexto e historia a esta disciplina. Esto permite desarrollar la enseñanza en torno al carácter empírico-racional de la ciencia, que resulta de gran importancia para el desarrollo de habilidades científicas.

Por tanto, la práctica docente debe estar fundamentada en la teoría que proviene de la pedagogía, la didáctica específica y la naturaleza de la ciencia, para representar de manera potente los contenidos de la ciencia, de forma tal que sean comprensibles para las otras personas.

De ahí que la persona docente debe hacer una reflexión de la práctica en relación con la teoría y viceversa, para que la acción educativa no sea una simple transmisión de contenidos que refiere a una noción intuitiva de la profesión, sino que la práctica docente sea una acción reflexiva planificada, y evaluada desde una clara intención pedagógica.

Los encuentros con docentes de la carrera evidenciaron que la mayoría carece de formación en Filosofía de las Ciencias, por lo que la epistemología no constituye un eje transversal en los procesos de formación; por tanto, no hay una verdadera concepción de la naturaleza de las ciencias. Desde el punto de vista epistemológico, hay una concepción de ciencia situada en el empirismo lógico de inicios del siglo XX. En cuanto a la teoría del método, hay visiones ingenuas del método científico y de lo que se concibe como teoría. No se considera la visión historicista de Khun y tampoco se consideran las nociones externalistas de la ciencia.

Lo anterior indica, en primer lugar, la necesidad de formación del profesorado que imparte cursos a la carrera en la didáctica específica, así como la incorporación transversal de estos tópicos en los programas de curso de la nueva malla curricular.

El proceso de elaboración del marco epistemológico se concretó con la discusión de los objetos y, finalmente, se determina como objeto de estudio de la carrera: la formación docente en Didáctica de las Ciencias, que puede comprenderse como un proceso en el que se articulan prácticas de enseñanza y de aprendizaje orientadas a la configuración de docentes/enseñantes. La práctica docente se concibe en un doble sentido: práctica de enseñanza, propia de cualquier proceso formativo, y apropiación del oficio de docente, cómo iniciarse, perfeccionarse o actualizarse en la práctica de enseñar (Achilli en Gorodokin, 2006).

Así, el sujeto epistémico de la formación es la persona docente, que, a partir del conocimiento de la didáctica específica, articula la acción educativa para la enseñanza de las ciencias naturales, también llamadas ciencias fácticas: física, química, biología y geología, según Bunge (2014).

#### Aspectos relevantes en la construcción del perfil de salida

El profesorado encargado de enseñar ciencias naturales debe tener una concepción de la naturaleza de las ciencias. Elementos como: teorías, métodos, procesos, modelizaciones, lógicas, argumentos, lenguajes, contextos e historia de la ciencia deben desarrollarse en la práctica educativa, articulados pedagógicamente

por aspectos de índole didáctico, curricular y evaluativo, fundamentados desde un modelo pedagógico claramente establecido.

Así, se estableció como modelo pedagógico el modelo constructivista, y como base para categorizar las características del perfil de egreso de la carrera se empleó el Modelo KSAVE. Este modelo recopila la información de 16 marcos de habilidades para el siglo XXI de distintas regiones del mundo (Binkley et al., 2012).

Desde el enfoque K se responde a la pregunta: ¿qué debe saber el estudiantado al concluir el plan de estudios? El enfoque S describe: ¿qué debe hacer el estudiantado al concluir el plan? Por último, el enfoque AVE responde a ¿cómo debe ser el estudiantado al concluir el plan de estudios?

Para el perfil de egreso se consideraron los siguientes rasgos:

- Actúa con iniciativa para solucionar problemas de su área, con un enfoque integral que incorpore las dimensiones biológica, social, cultural, económica y política del país y el mundo.
- Analiza fenómenos específicos y plantea el diseño experimental de un área particular del conocimiento desde la concepción de ciencia escolar.
- Aplica los conocimientos teórico-prácticos para plantear, desarrollar y concluir exitosamente proyectos de innovación pedagógica en la enseñanza de las ciencias y el uso de nuevas tecnologías educativas.
- Aplica el conocimiento teórico de las ciencias en la realización e interpretación de trabajos de campo desde la perspectiva de la ciencia escolar.
- Posee capacidad pedagógica para la planificación y concreción curricular de la enseñanza de las ciencias naturales en instituciones de enseñanza media e institutos de enseñanza técnica-profesional y educación pre-universitaria.
- Contribuye eficazmente a la divulgación y docencia de las ciencias.
- Desarrolla programas educativos que promuevan el desarrollo sostenible como una forma de vida a partir del conocimiento científico, promoción de valores, actitudes y acciones en favor del ambiente local con visión global.
- Elabora modelos de la estructura, función y desarrollo de sistemas científicos que permitan comprender su estado y dinámica con el fin de representarlos de la mejor manera para hacerlos comprensibles a las otras personas.
- Capacidad para desarrollar investigación educativa en Didáctica de las Ciencias.
- Demuestra destrezas experimentales y métodos adecuados de trabajo en el laboratorio para la enseñanza de la ciencia escolar.
- Evalúa de forma eficaz y fundamentada en la teoría evaluativa la evolución del estudiantado en la adquisición de conocimientos básicos de las ciencias naturales y de habilidades que les permitan aplicar, comprender, leer e interpretar el mundo desde esta área de conocimiento.
- Obtiene y utiliza eficientemente la información relevante y actualizada de un tópico científico, además de generarla y exponerla claramente de forma oral y escrita.
- Vincula los conocimientos de las ciencias naturales con ejemplos de la cotidianidad del estudiantado según su contexto y estadio de desarrollo bio-psico-social.

Este perfil de egreso orientó los cambios en la malla curricular, así como la propuesta de un modelo pedagógico constructivista que da una estructura sistematiza y constituye un marco general y normativo que guía la práctica educativa con la intención de formar al profesorado en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

## CONCLUSIONES

Las consideraciones finales que emergen luego de estas etapas intermedias de la investigación son las siguientes:

El análisis histórico y socio-profesional devela que la formación de docentes de Ciencias ha sido desarrollada por la UCR desde sus inicios. La formación ha variado según los cambios históricos, pero principalmente según las políticas universitarias y educativas del país. Actualmente la oferta curricular carece de marcos de referencia bien constituidos y actualizados. Aunque la formación es sólida, dista de las exigencias actuales de la educación científica mundial.

En este sentido, las prácticas educativas siguen apegadas a modelos de instrucción transmisivos, con poco vínculo de la ciencia con el mundo. Esto representa desafíos y cambios en la formación inicial y continua de docentes, de manera tal que se logren hacer rupturas en los paradigmas de educación científica tradicional que están sedimentados y, por tanto, son difíciles de remover.

De ahí que, en la formación inicial, el perfil de la persona formadora debe ser revisado con el fin de analizar las carencias y hacer los cambios necesarios para contar con docentes capaces de modelar prácticas educativas innovadoras y acordes con el desarrollo de la didáctica específica. En este sentido, la UCR, debe invertir en formación, capacitación y cursos específicos para esta carrera, donde la modelización docente es fundamental para el ejercicio posterior de la profesión.

Desde el punto de vista epistemológico, se encontró que desde la misma formación las visiones de la ciencia están fundamentadas en el empirismo lógico, lo que limita los modelos, métodos y estrategias pedagógicas, curriculares y didácticas utilizadas en las prácticas educativas de los cursos de la carrera. Incluso es importante analizar ¿cuál es la representación pedagógica del contenido científico que se hace en los cursos de la carrera? Esto con el propósito de plantear cursos de capacitación docente en relación con aspectos epistemológicos de la concepción de ciencia. Por otro lado, el desconocimiento por parte del profesorado sobre para qué y a quién están formando, hace que los cursos no estén diseñados para la formación de la persona docente. De ahí que el estudiantado, al finalizar su formación, tenga dificultades para establecer puentes entre el conocimiento disciplinar y el conocimiento pedagógico y didáctico.

Lo anterior lleva a cambios importantes en la malla curricular de la carrera, al establecimiento de un modelo pedagógico y un enfoque curricular claramente definidos, a la capacitación continua del profesorado de la carrera en aspectos pedagógicos y didácticos. Finalmente, es de suma importancia la evaluación constante, para así establecer una cultura de mejora continua y continuada en el tiempo, desde los marcos de cualificación establecidos y estándares de alta calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, G. y Villegas, L. (2010). *Tercer Informe Estado de la Educación. La Educación Científica en Costa Rica*. <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/863?show=full>
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140.
- Amador, R. y Aduriz, A. (2011). ¿A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias? *Revista EDUCYT*, 3, 3-18.
- Binkley, M., Erstad, O., Hermna, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. y Rumble, M. (2012). Defining 21st century skills. En P.E. Griffin, B. McGaw y E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66). Springer.
- Bunge, M. (2014). *Epistemología* (7ma edición). Editorial Siglo XXI.
- Chen, E. y Salas, S. (2019). Referentes curriculares para la toma de decisiones en materia de planes de estudio de educación superior. *Revista Electrónica Educare*, 23(3), 1-31. <https://doi.org/10.15359/ree.23-3.7>
- Chaves, A., Castro, J., García, J., Espeleta, A. y Muller, S. (2016). *Modelos de Educación Docente de Educación Secundaria: análisis y propuesta*. (Informe N° 724-B3-309) Instituto de Investigación en Educación. <http://repositorio.inie.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/415/1/06.06.02%202377.pdf>

- Dos Santos, W. (2008). Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 109-131.
- Gorodokin, I. (2006). La formación docente y su relación con la epistemología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(5), 1-10. <https://doi.org/10.35362/rie3752691>
- Guzmán, J. (2011). La calidad de la enseñanza en educación superior ¿Qué es una buena enseñanza en este nivel educativo?. *Perfiles educativos* [online], 33, 129-141.
- Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, A., Quintanilla-Gatica, M. y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas <https://bit.ly/2YCmbAY>
- Jiménez, L. (2008). Enfoque curricular centrado en la persona. *Revista Educación*, 32(1), 63-76. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/download/524/553/>
- López-Cerezo, J. A. y Cámara-Hurtado, M. (2009). La cultura científica en España. En J. Arias-Salgado (coord.), *El español, lengua para la ciencia y la tecnología. Presente y perspectivas de futuro* (pp.17- 40). Santillana-Instituto Cervantes
- Lorenzo-Vicente, J., Muñoz-Galiano, I. y Beas-Miranda, M. (2015). Modelos de formación inicial del profesorado de Educación Secundaria en España desde una perspectiva Europea. *Revista Complutense De Educación*, 26(3), 741-757.
- Manfredi, S.M. (2015). Educación Profesional. En D.R. Streck, E. Redin y J.J. Zitkoski (Eds.) *Diccionario Paulo Freire* (pp. 178-180). CEEAL.
- Marzábal, A. (2011). Algunas orientaciones para enseñar ciencias naturales en el marco del nuevo enfoque curricular. *Horizontes Educativos*, 16(2), 57-71. <https://www.redalyc.org/pdf/979/97923680006.pdf>
- Navarro-Camacho, M. (2019). *La representación pedagógica de la cultura científica que realiza el profesorado de biología: estudio de casos en colegios públicos* [tesis de Doctorado]. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Portillo-Torres, M. (2017). Educación por habilidades: Perspectivas y retos para el sistema educativo. *Revista Educación*, 41(2), 1-22. <http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v41i2.21719>
- Sandín, M. (2003). *Investigación Cualitativa en Educación: Fundamentos y Tradiciones*. Mc Graw Hill.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades Didácticas. En F. Perales y P Canal (eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239 – 276). Ed. Alcoy.
- Sanmartí, N. (2002). Necesidades de formación del profesorado en función de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. *Pensamiento Educativo*. 30, 35-60. <http://redae.uc.cl/index.php/pel/article/view/26373>
- Tardiff, M. (2014). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Narcea.
- Torres, M. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 131-142. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.11>
- Valle-López, J. y Manso-Ayuso, J. (2011). La nueva formación inicial del profesorado de Educación Secundaria, modelo para la selección de buenos centros de prácticas. *Revista de Educación*, (354), 267-290.
- Velázquez, K. y Santiesteban, E. (2018). Dicotomía entre habilidad y competencia. *Opuntia Brava*, 9(1), 40-49. <http://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/116>
- Vera, F. (2017). Infusión de habilidades blandas en el currículo de la educación superior: clave para el desarrollo de capital humano avanzado. *Revista Akadèmeia*, 15(1), 53-73. <http://revistas.ugm.cl/index.php/rakad/article/view/137/129>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

*Cómo citar:* Loría-Calderón, L. A. y Navarro-Camacho, M. (2022). Modificación del plan de estudios de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales, Universidad de Costa Rica, 2020. *Revista Educación*, 46(1). <http://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45521>