

La transformación de la ciencia en la educación

Epistemología, política y formación

JOSÉ ANTONIO RAMÍREZ DÍAZ

FLORENTINO SILVA BECERRA

COORDINADORES



Universidad de Guadalajara



La transformación de la ciencia en la educación

Epistemología, política y formación

La transformación de la ciencia en la educación

Epistemología, política y formación

JOSÉ ANTONIO RAMÍREZ DÍAZ
FLORENTINO SILVA BECERRA
COORDINADORES

Universidad de Guadalajara
2022

Este libro fue dictaminado favorablemente mediante el método doble ciego por pares académicos y financiado por el Programa a la mejora en las condiciones de producción SNI (PROSNI 2022)

370.7	TRA
La transformación de la ciencia en la educación: Epistemología, política y formación/ José Antonio Ramírez Díaz, Florentino Silva Becerra, Coordinadores	
Primera edición, 2022	
Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad de Apoyo Editorial, 2022	
ISBN:	
1.- Investigación educativa - México.	8.- Tecnología.
2.- Política educativa - México.	9.- Tecnología - estudio y enseñanza.
3.- Educación - Historia - Argentina.	10.- Educación superior - América Latina - Congresos.
4.- Ciencia.	11.- Educación - Investigaciones - Congresos, conferencias, etc. - América Latina.
5.- Educación.	12.- Ciencia y tecnología.
6.- Ciencia - Estudio y enseñanza (Superior).	
7.- Psicopedagogía.	
I.- Ramírez Díaz, José Antonio, coordinador.	
II.- Silva Becerra, Florentino, coordinador.	
III.- Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades.	

D.R. © Universidad de Guadalajara
Centro Universitario
de Ciencias Sociales y Humanidades
Unidad de Apoyo Editorial
Guanajuato 1045
Col. Alcalde Barranquitas,
44260, Guadalajara, Jalisco, México
Consulte nuestro catálogo en:
www.cucsh.udg.mx

ISBN: 978-607-571-770-8

Editado y hecho en México
Edited and made in Mexico

Índice

Presentación	11
La política y la organización científica en el desarrollo de los Sistemas de Ciencia y Tecnología en América Latina JOSÉ ANTONIO RAMÍREZ DÍAZ FLORENTINO SILVA BECERRA	19
Coordinación-integralidad de las políticas de educación y ciencia y tecnología. Un imperativo para un nuevo proyecto de nación ROSALÍA LÓPEZ PANIAGUA DANTE ARIEL AYALA ORTIZ ESTEBAN MORALES PROA	35
La construcción del cambio en torno a la investigación. El discurso político como rector de la investigación básica y la investigación aplicada en México VERÓNICA ORTIZ LEFORT JOSÉ ANTONIO RAMÍREZ DÍAZ	59

Análisis de proyectos de investigación educativa. Condiciones, agentes y contextos ANA CECILIA VALENCIA AGUIRRE GABINO CÁRDENAS OLIVARES JOSÉ MARÍA NAVA PRECIADO	83
La investigación en educación en Argentina JUDITH NAIDORF MELISA CUSCHNIR MARIÁNGELA NÁPOLI MAURO ALONSO JOSEFINA RAMOS GONZALES	117
La sensibilidad pedagógica en los procesos de formación de investigadores en posgrado MARÍA GUADALUPE MORENO BAYARDO FLORENTINO SILVA BECERRA JOSÉ DE LA CRUZ TORRES FRÍAS	143
El currículo 2018 de formación inicial de profesores: una oportunidad para explorar ideas sobre la naturaleza de las ciencias ADRIANA PIEDAD GARCÍA HERRERA JESSICA BELTRÁN MARTÍNEZ MAURICIO CARRILLO-TRIPP TATIANA IVETH SALAZAR LÓPEZ	163

La coproducción de conocimiento en la investigación educativa. Un ejercicio de reflexividad colectiva en torno a nuestra vinculación con movimientos populares	
MARÍA MERCEDES PALUMBO	
ÁLVARO JAVIER DI MATTEO	
DIANA VILA	
ANA CLARA DE MINGO	
BETINA LAURA PLAZA	
AIMÉ ALMADA CABRERA	199
Investigación educativa básica. Una discusión sobre su relación con la investigación educativa aplicada y el investigador	
MARTHA VALADEZ HUIZAR	
YOLANDA GONZÁLEZ DE LA TORRE	235
Acerca de los autores	257

El currículo 2018 de formación inicial de profesores: una oportunidad para explorar ideas sobre la naturaleza de las ciencias

ADRIANA PIEDAD GARCÍA HERRERA
JESSICA BELTRÁN MARTÍNEZ / MAURICIO CARRILLO-TRIPP
TATIANA IVETH SALAZAR LÓPEZ

La experiencia que se presenta en este trabajo se llevó a cabo en un grupo de primer semestre de la Licenciatura en Educación Primaria de la Benemérita y Centenaria Escuela Normal de Jalisco (ByCENJ), institución con 129 años de trayectoria académica y pionera en la formación docente en el estado de Jalisco. La ByCENJ pertenece a la Red de Plan de Escuelas Asociadas a la UNESCO (RedPEA) y ha participado en distintas actividades de Movilidad Académica tanto a nivel nacional como internacional (García, Nájera y Elías, 2021).

Como parte de las actividades interinstitucionales que se realizan en la ByCENJ destaca la vinculación con el Departamento de Estudios en Educación (DEEduc), del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH) de la Universidad de Guadalajara, especialmente el trabajo colectivo entre los Cuerpos Académicos de ambas instituciones (García y Cervantes, 2021). En la oferta de posgrado que ofrece el DEEduc se han formado varios de los académicos que conforman la planta docente de la ByCENJ, que además participan en la formación de nuevos investigadores educativos en este trabajo colaborativo.

En 2017, la ByCENJ establece una nueva relación interinstitucional con la Unidad Monterrey del Cinvestav en los inicios de la Maestría

en Educación en Biología para la Formación Ciudadana, posgrado con orientación profesional que actualmente pertenece al Padrón de Excelencia de CONACyT. Esta colaboración interinstitucional se ha consolidado en los últimos años, extendiéndose a los distintos posgrados que se ofrecen en dicha Unidad. La experiencia que presentamos en este trabajo es uno de los productos de esta colaboración.

La incorporación de la asignatura Introducción a la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en el programa de formación de profesores (2018) se convirtió en una oportunidad para moldear el currículum (Gimeno, 1991) e introducir una innovación de esta propuesta curricular en la práctica. El análisis del programa de estudios de la asignatura marcó el inicio de la innovación, ya que, si bien en la Unidad I se incorpora la temática de NdC, las dos Unidades restantes se relacionan con la enseñanza de las ciencias y con el tema de salud.

La innovación consistió en desarrollar ideas de la NdC desde un enfoque explícito-reflexivo (Acevedo, García y Aragón, 2017) incorporando la metodología de salida de campo virtual para la enseñanza de las ciencias en el desarrollo de la Unidad II del programa. Para este caso se visitó el Laboratorio de la Diversidad Biomolecular (LDB). La innovación se aplicó en modalidad híbrida de trabajo en un grupo de primer semestre. El desarrollo de la innovación tuvo una duración de todo un semestre, es decir, se implementó durante toda la asignatura de Introducción a la NdC. Lo anterior, permitió desarrollar un número grande de actividades ordenado en una secuencia que retoma y adapta actividades de Beltrán (2021), que presenta una propuesta para promover actitudes positivas hacia las ciencias articulando tres dimensiones de la NdC que desarrollaremos más adelante con detalle. Para este capítulo realizamos un análisis sobre dos actividades con las cuales buscamos explorar y discutir ideas sobre las características que los futuros profesores asignan a los científicos. De modo que, nos centramos en una de las dimensiones de la NdC: imagen de ciencias y características de los científicos.

La teoría que sustenta el diseño de la innovación: el currículo, la NdC y sus estereotipos

El currículum para la formación inicial docente

La formación docente inicial en México tiene el grado de Licenciatura desde 1984. Los futuros docentes de educación primaria se forman en las escuelas normales del país con un plan de estudios nacional que determina la Secretaría de Educación Pública. El artículo 23 de Ley General de Educación (2019) señala que la Secretaría determinará los planes y programas de estudio para la Educación Normal.

Desde que se adoptó el nivel de Licenciatura, el currículum para la formación docente de educación primaria se cursa en cuatro años después del bachillerato. A lo largo de este periodo el currículum de formación ha tenido tres reformas: la de 1997 después de 13 años de aplicación del plan de estudios 1984; la de 2012 de la cual solo egresaron seis generaciones; y la actual de 2018 cuya primera generación egresó en julio de 2022. La modificación acelerada de los planes de estudio tiene que ver con el gobierno en turno de los últimos sexenios. La alternancia de los partidos políticos en el poder se ha visto reflejada en un currículum distinto para la formación inicial docente cada seis años, de tal forma que a la fecha se está estructurando un nuevo plan de estudios para 2024 que refleje la perspectiva educativa del gobierno actual.

Los cuatro planes de estudio para la formación docente de educación primaria incluyen asignaturas relacionadas con las ciencias desde diversas perspectivas o enfoques curriculares. El plan de estudios 1984 tenía dos cursos en los primeros semestres sobre Educación para la Salud, orientación de la imagen de la ciencia vinculada con la salud a la que refieren Afanador y Mosquera (2012). De cuarto a octavo semestres, en el curso Contenidos de aprendizaje, se estudiaban las distintas asignaturas de educación primaria, que se ponían en práctica en los cursos de Laboratorio de Docencia en las escuelas de práctica. El estudio de las asignaturas de contenido en la Escuela Normal y su aplicación práctica en la escuela

primaria es un esquema que ha atravesado la formación docente inicial en todos sus planes de estudio.

En el plan de estudios 1997 (Acuerdo secretarial número 259) se estableció el perfil de egreso que se conformaba de cinco rasgos deseables: 1) habilidades intelectuales específicas; 2) dominio de los contenidos de enseñanza; 3) competencias didácticas; 4) identidad profesional y ética; y 5) capacidad de percepción y respuesta a las condiciones sociales del entorno de la escuela. En este plan de estudios se continúa con este modelo de estudio de los contenidos de aprendizaje por un lado y su aplicación en las escuelas primarias. La formación en ciencias estaba principalmente vinculada con los contenidos que habría que enseñar en la educación primaria. Las asignaturas Ciencias Naturales y su enseñanza I y II se cursaban en cuarto y quinto semestres orientadas a la enseñanza de contenidos científicos (Acuerdo secretarial 259).

El plan de estudios 2012 modifica los rasgos de perfil de egreso anteriores para plantear un enfoque basado en competencias. Este plan de estudios establece seis competencias genéricas y nueve competencias profesionales, con sus respectivos desempeños. La malla curricular está constituida por 5 trayectos formativos: 1) el psicopedagógico, 2) preparación para la enseñanza y el aprendizaje, 3) lengua adicional y tecnologías de la información y la comunicación, 4) práctica profesional, y 5) cursos operativos. Las finalidades formativas del área de conocimientos en ciencias, dentro del Trayecto de preparación para la enseñanza y el aprendizaje tiene el propósito diseñar y aplicar actividades de enseñanza relacionadas con las ciencias naturales, promoviendo también el cuidado del medio ambiente y el respeto a la biodiversidad (Acuerdo secretarial 649).

Las asignaturas para la formación en ciencias en el plan de estudios 2012 eran dos: en segundo semestre Acercamiento a las Ciencias Naturales en la Primaria y en tercero Ciencias Naturales, con seis horas a la semana cada uno.

El plan de estudios 2018, vigente a la fecha, conserva el enfoque por competencias del plan anterior, así como su planteamiento de competencias genéricas y profesionales. Los trayectos formativos se reducen a cuatro

y se conservan los relacionados con la Formación para la enseñanza y el aprendizaje y el de Práctica Profesional. La transformación principal en este plan de estudios, con referencia a los anteriores, se refleja en la malla curricular. Las asignaturas relacionadas con la formación científica son dos: en primer semestre Introducción a la Naturaleza de la Ciencia y en segundo Estudio del Medio Ambiente y la Naturaleza, con seis horas a la semana cada uno.

Si bien el contenido de estas asignaturas se sigue vinculando con la enseñanza y el aprendizaje, por primera ocasión en la formación normalista se incorpora explícitamente al currículum un tema relacionado con NdC. Ya en el plan de estudios 1997, en el bloque IV “La ciencia como obra humana y sus valores” de la asignatura Ciencias Naturales y su enseñanza II de quinto semestre, se identificaban algunas temáticas relacionadas la Naturaleza de la Ciencia y los científicos con temas como los siguientes: “La ciencia es obra de seres humanos” y “Los valores del científico” (SEP, 2000, p. 39).

Sin embargo, en el plan de estudios 2012 no se retomaron las temáticas sobre la ciencia y los científicos del currículum anterior. Su reconocimiento vendrá en la primera unidad del primer semestre del plan 2018. El programa se estructura en tres Unidades de aprendizaje: I. Didáctica de las ciencias y naturaleza de la ciencia, II. La enseñanza de las ciencias a través de la indagación y la modelización, III. El ser humano y la salud. La unidad I es la que da nombre a la asignatura, pero ésta incluye, además, temáticas vinculadas tradicionalmente con el estudio de las Ciencias Naturales.

Al respecto, en esta investigación partimos de una perspectiva curricular que considera la transposición didáctica (Chevallard, 1997) como un vehículo de transformación educativa desde la práctica. En este sentido la objetivación del currículum (Gimeno, 1991) pasa por una serie de transformaciones desde el currículum prescrito (Acuerdos secretariales publicados en el Diario Oficial de la Federación) hasta el currículum realizado, que se refleja en las producciones de los estudiantes. Desde esta perspectiva, Gimeno (1991) otorga un especial interés al currículum mol-

deado por los profesores, ya que es ahí en dónde se toman las decisiones que permiten contextualizar una propuesta teórica de enseñanza, en una propuesta concreta posible de realizar en la práctica.

De tal forma que, a partir del espacio curricular que propicia el programa de 2018 en la asignatura de Introducción a la NdC se realizó una secuencia didáctica innovadora que buscó transponer las ideas del currículo prescrito, en actividades didácticas para que los futuros profesores construyeran conocimiento sólido sobre la NdC. A continuación, pasamos a desarrollar teóricamente el constructo teórico de la Naturaleza de la Ciencia y sus estereotipos.

La naturaleza de la ciencia desde el campo de la educación en ciencias
El concepto de NdC ha sido investigado y difundido ampliamente en la literatura con la intención de aportar a la comprensión de la construcción y el desarrollo del conocimiento científico (Acevedo, García y Aragón, 2017; Hodson y Wong, 2017; Lederman, 1992; Matthews, 2012; Toma, 2020). Éste ha sido interpretado desde diferentes marcos de referencia que han resultado en un metaconocimiento, es decir, amplias reflexiones que provienen desde diversas áreas del conocimiento, tales como la filosofía, la historia y la sociología de las ciencias.

Considerando que la construcción del conocimiento científico es el resultado del esfuerzo colectivo de las comunidades científicas, por ende, una construcción humana que se inserta en la cultura (OEI, 2001); entendemos que la NdC tiene por objeto reflexionar sobre la construcción, función y desarrollo de la actividad científica teniendo en cuenta elementos epistemológicos y no epistemológicos (Cobo, Abril y Romero, 2020). Los elementos epistemológicos hacen referencia al conjunto de características de las ciencias y procesos de producción del conocimiento científico, mientras que, los elementos no epistemológicos aluden a los factores socioculturales que influyen en el desarrollo de las ciencias, es decir, los valores de la comunidad científica, el impacto de las ciencias en la sociedad, así como la influencia de aspectos políticos y económicos en los procesos de producción del conocimiento científico (Toma, 2020).

Así mismo, diversos autores del campo de Educación en Ciencias (Callejas, Mendoza y Porras, 2012; Solbes, Montserrat y Furió, 2007; Toma, 2020) han considerado que la NdC es un elemento clave para fomentar la alfabetización científica y la reflexión sobre la construcción de las ciencias. Consideramos que, al conocer ampliamente sobre la NdC se brinda la oportunidad de construir ideas más sólidas y coherentes sobre su funcionamiento y desarrollo, y a su vez, posibilita que se favorezca en los estudiantes una valoración a nivel personal y social de esta actividad.

Bajo esta mirada, la NdC en el marco de esta investigación la concebimos como un conjunto de ideas meta científicas, que tienen su origen en las reflexiones planteadas por algunos científicos y educadores de las ciencias que provienen tanto de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017:), como de la didáctica de las ciencias (Quintanilla, Astroza, De la Fuente, Camacho & Cuéllar, 2006), y la influencia de factores socioculturales en su desarrollo, que implica interacciones complejas por el manejo de controversias y debates entre posturas, los consensos, los factores humanos (Manassero y Vázquez, 2009) la cooperación entre científicos (Svendsen y Banner, 2019) y la conformación de Comunidades Científicas. Pensamos que desde esta perspectiva resulta útil plantear nuevas estrategias, actividades y secuencias didácticas que permitan explorar una faceta más humana y holista de las ciencias. En ese sentido, abordamos este constructo desde tres dimensiones de interés que permiten explorar a fondo los elementos epistemológicos y no epistemológicos de la NdC. A continuación, se describe cada una.

En primer lugar, la dimensión imagen de ciencias y características de los científicos hace alusión al objeto de estudio de las ciencias, así como sus propósitos (Ramírez, Sanabria, Villacorta, y Gallardo, 2016). Esto implica reconocer que las ciencias se construyen a partir de dinámicas complejas y continuas que no pueden reducirse a una imagen estática (Follari, 1996), puesto que las ciencias abarcan muchos campos de estudio para dar respuesta a las necesidades sociales. Desde esta mirada, se busca explorar la representación y los significados que los estudiantes le atribuyen a la ac-

tividad científica desde sus propios marcos teóricos sobre: ¿Qué estudian las ciencias naturales?, ¿Cuál es la finalidad de la actividad científica? y ¿Cómo se caracterizan los científicos?

En segundo lugar, la dimensión metodología científica hace alusión a los elementos que caracterizan los instrumentos, procedimientos y productos que son elaborados por la actividad científica. En concordancia con Woodcock (2013), pensar las ciencias desde una faceta más amplia implica reconocer que los procedimientos científicos no se rigen por un método científico universal. Por el contrario, al proceder metodológicamente en las ciencias es necesario que los científicos se remitan a los objetivos de la investigación para determinar el método más apropiado, que puede provenir de lo que Brandon (1994) denomina una vía empírico-inductiva (recopilación y análisis de datos de manera experimental) o bien, una vía descriptiva (recopilación de datos sin considerar instrumentos científicos). Por lo tanto, con esta dimensión buscamos explorar las ideas de los estudiantes sobre: ¿Cómo se realiza la actividad científica? ¿Cuáles son las metodologías utilizadas en esta actividad? y ¿Qué instrumentos hacen parte del desarrollo de la construcción del conocimiento científico?

Por último, la dimensión comunidades científicas hace alusión a los mecanismos de organización que los grupos de científicos utilizan para construir y validar el conocimiento científico. Esto implica reconocer que entre ellos hay interacciones complejas, tanto a nivel interno (científicos de un mismo equipo) como a nivel externo (diversos equipos de científicos), como parte de los esfuerzos de tipo humano, metodológico e intelectual que resultan en el desarrollo de productos que den respuesta a las necesidades sociales (Allchin, 2011). Con esta dimensión se busca explorar las ideas de los estudiantes sobre ¿Cuáles son las características de las comunidades científicas? ¿Cómo se organizan los científicos para producir conocimiento? ¿Cómo es el proceso de validación del conocimiento científico? ¿Cómo se financia la investigación científica?

Considerando lo anterior y los objetivos de esta propuesta, nos enfocamos en explorar las ideas de los estudiantes sobre la imagen y características de quienes ejercen las ciencias de manera profesional. Por lo tanto,

nos situamos en la primera dimensión: imagen de ciencias y características de los científicos.

Estereotipos sobre la imagen del científico

Los avances científicos actualmente representan un aspecto importante para el desarrollo de las naciones, dado que provee a sus ciudadanos de herramientas para solucionar diversas necesidades sociales, facilita el desarrollo de actividades diarias, además de mejorar la calidad de vida. De acuerdo con diversos autores (Cruz, Martínez y López; 2017; Gavidia, 2008; Vázquez y Mannasero, 2009) la constante interacción de los ciudadanos con estos avances científicos genera múltiples percepciones sobre lo que es la actividad científica y los sujetos que desarrollan la actividad científica llegando a considerarse como estereotipadas, tal y como lo ha reportado Fernández (2002).

Sumado a lo anterior, los estereotipos se acentúan con la presentación de la actividad científica que hacen los medios de comunicación y la escuela. En particular, sobre este último, suele ser común que los currículos de ciencias se planifiquen atendiendo a una visión centrada en los contenidos conceptuales y dejando de lado los contenidos procedimentales y actitudinales; esto es, que la actividad científica se presenta como un cúmulo de conocimientos, exactos y acabados. Para hacer explícita esta idea, a continuación, describimos algunas de las ideas teóricas más recurrentes sobre los estereotipos de la NdC considerando las tres dimensiones sobre las cuales abordamos este constructo:

Acerca de la dimensión imagen de ciencias y características de los científicos encontramos autores (Afanador y Mosquera, 2012; Serna-Rosell y Vílchez-González, 2018; Vázquez y Manassero, 1998) que reportan que las ciencias se limitan a un trabajo aplicado en el laboratorio como forma de respuesta a asuntos sobre salud o medio ambiente. Esta imagen restringe los campos de acción de la actividad científica, por ejemplo, áreas como agronomía, biotecnología, informática no se reconocen (Sibel y Dagher, 2014). En este contexto, los científicos aluden a un perfil específico: sujetos masculinos, de color de piel blanco, con inteligencia y razonamiento

superior, de edad avanzada; además de tener un alto sentido de responsabilidad y compromiso con su trabajo, usar gafas y bata blanca (Fernández, Gil, Valdés y Vilches, 2005; Pujalte, Bonan, Porro y Adúriz-Bravo, 2014; Ortiz y Rodríguez, 2015).

Para la dimensión metodologías científicas, el microscopio se destaca como el principal instrumento de trabajo, también sobresalen las jeringas, computadores, libros de texto, reactivos y seres vivos como herramientas que se consideran necesarias para llevar a cabo la actividad científica (Serna-Rosell y Vilchez-González, 2018; Beltrán y Salazar, 2021). Adicionalmente, se han documentado ideas estereotipadas sobre la metodología científica que se asocian con una visión rígida y descontextualizada (Fernández, 2002), en la cual se considera que el conocimiento científico se construye mediante la ejecución de una serie de pasos mecanizados que determina resultados enmarcados en la objetividad y la exactitud, sin considerar que los referentes teóricos son marcos que direccionan y ayudan a ejecutar un procedimiento científico (Pujalte *et al.*, 2014).

Sobre la dimensión comunidades científicas, se reportan ideas en que el trabajo científico se realiza de forma individual y no colectiva (Serna-Rosell y Vilchez-González, 2018; Beltrán, 2021). En concreto, esto se relaciona con la visión de dedicación exclusiva sobre la profesión científica, en la que se piensa que no hay espacios para el diálogo e intercambio de conocimientos que contribuyan a mejorar la actividad científica, lo que se vincula con una visión elitista e individualista de las ciencias (Fernández, 2002) dado que se percibe las ciencias como una actividad reservada para unos pocos, cuyas capacidades intelectuales permiten desempeñar la producción y validación del conocimiento por su propia cuenta. Adicionalmente, es poco frecuente que haya una noción sobre la colaboración entre diferentes instituciones y centros de investigación a nivel nacional o internacional, cuyos esfuerzos están estrechamente ligados con intereses intelectuales, comerciales y búsqueda de financiamiento. De esta manera, se presentan diversas oportunidades para intercambiar conocimientos entre diversos colectivos científicos (Sibel y Dagher, 2014).

Como consecuencia, se presenta una visión de ciencias reduccionista y estereotipada, totalmente aislada del contexto sociocultural que se acentúa debido al modelo de transmisión-recepción que sigue vigente en la enseñanza de las ciencias (Dhingra, 2003), el cual se enfoca en el desarrollo de contenidos conceptuales y limita una exploración más amplia sobre las ciencias y los científicos. En este sentido, el currículum juega un papel muy importante para preservar estas ideas o posibilitar su transformación.

Las salidas de campo como estrategia para movilizar ideas sobre NdC
En el marco de esta propuesta consideramos que las salidas de campo a laboratorios de investigación científica son una alternativa para problematizar ideas estereotipadas sobre la NdC. Diversas investigaciones (Brown, 2018; Hellgren y Lindberg, 2017; Svendsen y Banner, 2019; Watanabe y Gurgel, 2011) han puesto de manifiesto que las salidas de campo en estos espacios facilitan el acercamiento entre el campo educativo y el campo científico (Watanabe y Kawamura, 2017), lo cual es una apuesta para establecer una interacción directa entre estudiantes y científicos, construir un espacio de aprendizaje de las ciencias donde se exploren los aspectos epistemológicos y no epistemológicos que influyen la actividad científica, movilizar ideas estereotipadas sobre las dimensiones de la NdC, además de posibilitar la construcción de una visión de NdC más humana y holística que resulta de un trabajo colectivo y colaborativo entre diversos equipos de científicos.

En este sentido, también creemos que esta estrategia resulta fundamental para que los estudiantes puedan consolidar lo que Bourdieu (2003) denomina como capital cultural. El autor plantea que este constructo se deriva de una teoría sociológica que busca comprender las relaciones de poder y lucha entre las estructuras sociales considerando tres elementos: habitus, campo y capital. El habitus hace referencia a las formas de obrar, sentir y pensar conforme el contexto y origen social. El campo se define como los contextos o espacios en los cuales los individuos se desenvuelven. El capital se precisa como los recursos (económicos, sociales, culturales

o acceso a información) que pueden ser heredados o adquiridos por los individuos al desenvolverse dentro de las estructuras sociales.

Desde nuestra perspectiva, entendemos este constructo como aquellos recursos que un individuo adquiere para establecer una postura al interior de una estructura social. En el contexto de la salida de campo, el capital cultural alude a los conocimientos y experiencias que resultan de la interacción entre el campo científico y escolar, los cuales al ser adquiridos se comparten con otros sujetos: familia, amigos y comunidad (Beltrán, 2021).

Bajo este planteamiento nos apoyamos en el modelo de Orion (1993) para planificar el desarrollo de una salida de campo virtual a un laboratorio de investigación científica. Este modelo consta de tres etapas que ayudan a estructurar y ordenar las actividades.

Las actividades antes de la salida. Éstas tienen como propósito contextualizar el espacio del laboratorio que se visitará y preparar la salida de campo desde la escuela. En esta etapa se puede hacer uso de diversos materiales (publicaciones, presentaciones, audios, vídeos) con la intención de introducir ideas sobre este contexto, los científicos que trabajan allí, así como algunas metodologías de trabajo que ellos utilizan. Así pues, se brinda la oportunidad de que los estudiantes piensen y se pregunten sobre este entorno, considerando las tres dimensiones de la NdC.

Las actividades durante la salida

Éstas aluden a la coordinación entre el docente y los científicos para realizar la visita en el espacio del laboratorio. En esta etapa se realizan actividades que permitan interactuar con el equipo del laboratorio y los espacios en que éste desarrolla conocimiento científico. Este es el momento en que las preguntas elaboradas anteriormente se resuelven con el equipo de científicos y se hacen nuevas, dándose la oportunidad de recabar información sobre las tres dimensiones de la NdC.

Las actividades después de la salida

Éstas se vinculan con la retroalimentación y el cierre de lo que se abordó durante la salida de campo al laboratorio de investigación científica. Esta

etapa resulta en un nivel de mayor complejidad puesto que implica movilizar ideas de la NdC sobre un nivel de abstracción más alto, integrando y reflexionando los elementos que presentaron las actividades antes y durante la salida (Beltrán, 2021).

La innovación implementada: la secuencia didáctica

En el marco del curso de Introducción a la NdC se desarrolló una secuencia didáctica que tuvo una duración de 18 semanas con una intensidad de 6 horas a la semana organizadas en tres horas durante dos días. La intensidad horaria fue un requisito clave para poder desarrollar una propuesta que abordara las tres dimensiones de la NdC desde el enfoque explícito-reflexivo (Acevedo, 2009). Sintetizamos la organización de la secuencia didáctica en cuatro bloques.

Bloque 1. Estudio de ideas teóricas sobre la NdC. En esta primera etapa el conjunto de estudiantes y profesora del curso se dedicaron a estudiar desde una perspectiva teórica el concepto de la NdC, discutiendo bibliografía proveniente del campo de la Educación en Ciencias conforme propone el programa de estudios de esta asignatura.

Bloque 2. Estudio sobre virus - Antes de la salida de campo. El Laboratorio de la Diversidad Biomolecular (LDB) ha generado líneas de investigación en el área de la virología estructural desde hace más de una década. En tiempos de pandemia, estas investigaciones resultaron muy pertinentes para traer a la conversación del grupo de estudiantes y profesores ideas de la biología estructural del SARS-Cov-2 causante de la enfermedad COVID-19. Durante este bloque se estudiaron temas de la biología estructural del virus con la intención de posibilitar la construcción de ideas que sirvieran de base para realizar la interacción con el equipo de científicos que se visitó.

Además, en esta segunda etapa el grupo de futuros profesores realizaron actividades en las que leyeron dos artículos científicos [Díaz-Valle, Falcon-González, y Carrillo-Tripp (2019), Valdez-Lara y cols. (2019)]

publicados por el grupo de investigación de LDB y vieron tres conferencias grabadas del jefe del laboratorio [Carrillo-Tripp, M. (2021-a), Carrillo-Tripp, M. (2021-b), Carrillo-Tripp, M. (2021-c)]. Lo anterior, permitió acercar al grupo a una de las líneas de investigación del laboratorio y conocer al científico y su profesión. En este bloque una actividad clave fue la construcción de preguntas por parte de los futuros profesores con la intención de plantearlas al núcleo de trabajo que conforma el grupo de investigación.

Bloque 3. Interacción con el Laboratorio de la Diversidad Biomolecular Durante la salida de campo. En esta tercera etapa los futuros profesores visitaron virtualmente el LDB. La visita ocurrió en tres encuentros virtuales con una duración de tres horas cada uno. En el primer momento el grupo interactuó con el director del laboratorio en el espacio de su oficina. En el segundo encuentro la interacción fue nuevamente con el director del laboratorio, pero ahora en el espacio del laboratorio (in-silico + in-vitro). Finalmente, en el tercer encuentro los futuros profesores interactuaron con siete de los científicos en formación que participan del laboratorio junto con el director.

Bloque 4. Reflexiones sobre las dimensiones de la NdC y su enseñanza. Después de la salida de campo. En esta última etapa los futuros profesores tuvieron la oportunidad de realizar reflexiones individuales y colectivas sobre el proceso vivido y las ideas de la NdC que lograron construir durante la experiencia. Fue un momento importante para recibir retroalimentación de los estudiantes y evaluar la potencialidad de la innovación desarrollada.

La innovación implementada: la visita al Laboratorio de la Diversidad Biomolecular

En esta sección se resumen respuestas asociadas a las preguntas planteadas en cada una de las tres dimensiones de interés que permitieron explorar a fondo los elementos epistemológicos y no epistemológicos de la NdC para el caso particular del LDB. En este contexto, se ofrece una

descripción amplia que toca aspectos de la dimensión imagen de ciencias y características de los científicos, la dimensión metodología científica, y la dimensión comunidades científicas.

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), creado en 1961, es una institución federal pública cuya misión es la investigación científica, el desarrollo tecnológico, y la formación de recursos humanos especializados de nivel internacional. La generación de conocimiento al que dan lugar sus 28 departamentos de investigación tiene impacto en cinco áreas principales: Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Biológicas y de la Salud, Ciencias Sociales y Humanidades, Tecnología y Ciencias de la Ingeniería, y Programas multidisciplinarios. Con una planta de más de 600 investigadoras e investigadores, ofrece programas de posgrado a través de 32 maestrías y 33 doctorados distribuidos en 10 Unidades a lo largo de la República Mexicana. En particular, en la Unidad Monterrey se encuentran los posgrados 'Educación en Biología para la Formación Ciudadana' e 'Ingeniería y Física Biomédica'.

El Laboratorio de la Diversidad Biomolecular [tripplab.com] fue fundado en el año de 2010 por el Dr. Mauricio Carrillo Tripp, como parte de la Unidad de Genómica Avanzada del CINVESTAV, en Irapuato, Guanajuato. En 2017 el laboratorio y grupo de investigación se transfirió a la Unidad Monterrey, en Apodaca, Nuevo León. Desde su concepción, su objetivo principal ha sido el estudio de mecanismos moleculares involucrados en procesos dentro y fuera de la célula, esto es, entender cómo se estructuran, interactúan y funcionan los elementos fundamentales de la vida; agua, lípidos, carbohidratos, ácidos nucleicos, proteínas. La estrategia que ha seguido para abordar sus objetos de estudio ha sido la integración multidisciplinaria desde tres aproximaciones: la teoría, la computación, y la experimentación (in-silico + in-vitro). Así, las disciplinas y marcos teóricos que principalmente se emplean en las investigaciones que se realizan en el laboratorio son la biofísica, la biología molecular y las ciencias computacionales.

Las áreas de interés en las que trabaja el grupo de investigación y sus colaboradores nacionales e internacionales son diversas, aunque todas ellas parten del nivel molecular al estudiar la relación fundamental entre la estructura de las biomoléculas y su función biológica. Por ejemplo, el grupo ha generado conocimiento de frontera relacionado a mecanismos moleculares involucrados en i) la base del sistema nervioso: agua y iones, selectividad iónica, lípidos y membranas, ii) metabolismo: enzimas, iii) biomedicina: antibióticos, y iv) bioprospección.

Sin embargo, la línea de investigación en la que se ha consolidado el Laboratorio de la Diversidad Biomolecular es en el área de la Virología Estructural [Carrillo-Tripp, Brooks, y Reddy (2008), Carrillo-Tripp y cols. (2009), Manuel-Cabrera y cols. (2012), Carrillo-Tripp, Montiel-García, Brooks, y Reddy (2015), Diaz-Valle, García-Salcedo, Chavez-Calvillo, Silva-Rosales, y Carrillo-Tripp (2015), Chávez-Calvillo y cols. (2016), Montiel-García, Mannige, Reddy, y Carrillo-Tripp (2016), Aguilera y cols. (2017), González-Castro y cols. (2017), Alonzo-Velázquez, Botello-Rionda, Herrera-Guzman, y Carrillo-Tripp (2018), Ho y cols. (2018), Diaz-Valle, Falcon-González, y Carrillo-Tripp (2019), Montiel-García y cols. (2021), Del Rayo Camacho-Corona y cols. (2021)]. La pregunta fundamental que ha dado origen a una multitud de estudios y proyectos de investigación de ciencia básica del grupo es ¿cómo se forman los virus? De forma natural, las respuestas que se han encontrado han generado un segundo cuestionamiento enfocado hacia la aplicación biomédica, ¿cómo podemos impedir que se formen los virus?

Ambas preguntas son muy amplias, generales en el sentido que sus respuestas no van dirigidas a un virus en particular. Esto es, la intención es encontrar los mecanismos moleculares fundamentales comunes a la mayor cantidad posible de ellos. El razonamiento que se ha seguido parte de dos premisas:

- i) las interacciones biomoleculares siempre siguen las mismas leyes físicas, independientemente del virus, y sólo dependen de la naturaleza fisicoquímica de los grupos funcionales que los conformen,

ii) el elemento estructural clave es la cápside viral y el proceso de auto ensamblado de sus subunidades proteínicas. Siguiendo estas dos vías, el grupo ha avanzado en la generación de conocimiento, el cual ha reportado en artículos de investigación original en revistas científicas internacionales, espacios de difusión, y plataformas y medios de divulgación.

Al pertenecer a un centro público, el Laboratorio de la Diversidad Biomolecular depende de fondos federales. Ha sido a través de convocatorias nacionales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) que el laboratorio ha logrado tener acceso a recursos económicos que han cubierto parte de los costos involucrados en su investigación.

Por otro lado, el núcleo de trabajo del grupo de investigación está conformado por el investigador principal, o jefe de grupo, y estudiantes, o científicos en formación. En algunos casos, en el grupo también participan técnicos o auxiliares de investigación. Las responsabilidades más importantes del investigador principal son las de definir y dirigir los proyectos de investigación, así como conseguir recursos económicos para llevarlos a cabo a través de convocatorias públicas o gestiones con la industria privada. Los estudiantes que integran el grupo pueden ser de distintos niveles educativos: licenciatura (estancias de verano, prácticas profesionales, servicio social, tesis), posgrado (tesis de maestría o doctorado), o posdoctorado (proyecto con objetivos específicos). Generalmente los estudiantes de posgrado reciben una beca de manutención otorgada por CONACyT si el posgrado en el que están inscritos pertenece a un padrón que el consejo elabora. La beca permite que ellas y ellos se dediquen de tiempo completo a realizar su trabajo de investigación durante el periodo que dure el programa del grado académico en el que se estén desarrollando. Es común que un estudiante pertenezca a un mismo grupo de investigación conforme avanza en su formación. Por ejemplo, alguien puede realizar su tesis de licenciatura (un año), la maestría (dos años) y el doctorado (cuatro años) trabajando en una línea de investigación, aunque en cada nivel aumenta la complejidad del problema abordado.

En el caso particular del Laboratorio de la Diversidad Biomolecular, el tamaño del grupo fluctúa en el tiempo, pero en el año 2021 sus integrantes son el investigador principal, un posdoctorante, tres estudiantes de doctorado (Ingeniería y Física Biomédica) y seis estudiantes de maestría (dos en Ingeniería y Física Biomédica y cuatro en Educación en Biología para la Formación Ciudadana). Cada uno de ellos desarrolla un proyecto de investigación de forma individual con metas y objetivos específicos que aportan resultados a las líneas de investigación que desarrolla el laboratorio de forma conjunta para lograr objetivos generales.

El contexto particular en que se recabaron ideas sobre las características de los científicos en los futuros profesores Como ya hemos mencionado, la experiencia de innovación que buscamos comunicar ocurrió en la asignatura de Introducción a la NdC que cursan los estudiantes normalistas durante su primer semestre. En este caso el grupo de futuros profesores estaba conformado por 33 estudiantes de los cuales 30 son mujeres y 3 hombres. Las edades de los participantes, en su mayoría, van de los 18 a los 21 años.

Durante la tercera de las visitas virtuales al laboratorio, desarrollamos una actividad que buscaba reconocer ideas asociadas a las características de los científicos a partir de un conjunto de 11 fotografías, que intencionalmente fueron las del núcleo de científicos de este laboratorio, con excepción de una. Esta actividad fue realizada con la herramienta Mentimeter y planteaba dos interrogantes a partir del conjunto fotográfico: 1) ¿Quiénes crees que se dedican a la profesión científica? y 2) ¿Qué criterios utilizaste para clasificarlos en científicos? La encuesta obtuvo 36 respuestas al incorporarse profesores de la Normal y los integrantes del laboratorio.

En el desarrollo de la actividad la mayoría de los integrantes del núcleo de trabajo del LDB estuvieron presentes durante la visita, lo que permitió a los futuros profesores tener un diálogo con ellos y confrontar sus ideas iniciales acerca de los científicos y la profesión científica.

Posteriormente, en un espacio de interacción presencial junto con la docente del curso se desarrolló un ejercicio de agrupamiento de los crite-

rios que se presentaron como respuesta a la segunda pregunta. Además, se solicitó que respondieran una a una las razones que consideraron para clasificar los personajes de las fotografías en científicos o no científicos. Los resultados de estas dos actividades representan la información que fue objeto de análisis y permite discutir ideas estereotipadas que tienen los futuros profesores sobre las características de los científicos. A continuación, desarrollamos algunos conceptos sobre la herramienta Mentimeter, la cual fue importante para lograr recabar estas ideas.

Mentimeter, una herramienta potente para interactuar virtualmente
En particular, Mentimeter es una aplicación para crear presentaciones, encuestas y cuestionarios en línea con la capacidad de obtener retroalimentación de la audiencia en tiempo real de forma anónima. En la página web de la aplicación se describen las características y funcionalidades de ésta [mentimeter.com]. En la sesión de trabajo o de clase, la audiencia se conecta a la presentación a través de sus dispositivos electrónicos, los cuales pueden ser teléfonos celulares, tabletas, o computadoras personales, para contestar preguntas a través de la interfaz gráfica interactiva de la aplicación. Se pueden visualizar las respuestas y resultados en tiempo real para generar una experiencia participativa.

Una vez que la presentación finaliza, se pueden exportar y compartir las respuestas para un análisis posterior e incluso comparar datos a lo largo del tiempo para cuantificar el avance logrado por la audiencia. Entre los beneficios reportados sobre esta herramienta se indica un mejoramiento en la atención de los estudiantes y un aumento en la retención de conocimiento y participación, además de que el anonimato puede llegar a ser una ventaja para probar el entendimiento de manera independiente (Rudolph, 2017)

Ideas sobre las características de los científicos en los futuros profesores

En este apartado del capítulo presentamos los resultados del análisis sobre las producciones de los estudiantes ya descritos en la sección anterior.

Organizamos tres secciones para presentar los resultados en cada una de las actividades realizadas por los futuros profesores.

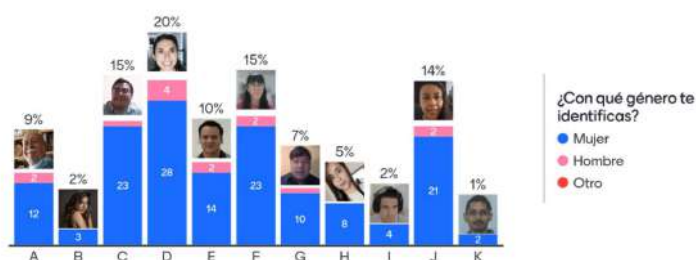
¿Quiénes son científicos y Quiénes no son científicos?

En la gráfica 1 presentamos los resultados que obtuvimos durante la aplicación de la encuesta en la plataforma del Mentimeter.

Gráfica 1.

Distribución de respuestas agregadas con la herramienta Mentimeter y la correlación por género en la audiencia

¿Quiénes crees que se dedican a la profesión científica?



A continuación, desarrollamos con más detalle los resultados recabados, para ello presentamos la Tabla 1 en la que se describen los valores de votación obtenidos en cada una de las fotografías.

Tabla 1.

Distribución de votos obtenida para el conjunto de fotografías de la figura

	M	H	T	%T	%M	%H
A (hombre)	12	2	14	9	39	50
B (mujer)	3	0	3	2	10	0
C (hombre)	23	1	24	15	74	25
D (mujer)	28	4	32	20	90	100
E (hombre)	14	2	16	10	45	50
F (mujer)	23	2	25	15	74	50
G (hombre)	10	1	11	7	32	25

	M	H	T	%T	%M	%H
H (mujer)	8	0	8	5	26	0
I (hombre)	4	0	4	2	13	0
J (mujer)	21	2	23	14	68	50
K (hombre)	2	0	2	1	6	0

Para cada línea A-K se muestra el género de la persona fotografiada (H: hombre, M: mujer), el número de votos de mujeres de la audiencia (M), el número de votos de hombres de la audiencia (H), la suma de votos de mujeres y hombres de la audiencia (T), el porcentaje del número total de votos para todos los casos (%T), el porcentaje de mujeres que votaron por ese caso (%M), y el porcentaje de hombres que votaron por ese caso (%H). La audiencia estuvo conformada por 31 mujeres y 4 hombres. El número total de votos que se recibieron fueron 162.

Los resultados obtenidos muestran que las fotos con mayor número de votos son mujeres $\frac{3}{5}$ (D, F, J) y un hombre $\frac{1}{6}$ (C). En el extremo opuesto están una mujer $\frac{1}{5}$ (B) y dos hombres $\frac{2}{6}$ (I, K). Puede haber una cierta inclinación hacia pensar en los científicos como mujeres, a pesar de que hay un desbalance en la cantidad de mujeres y hombres en la audiencia, ya que no hay una correlación cruzada aparente en la selección (las mujeres votan por hombres y los hombres por mujeres, o viceversa).

Este resultado sorprendió de forma positiva nuestras expectativas de respuesta, dado que investigaciones como la de Serna-Rosell y Vílchez-González (2018) reportan que en la mayoría de los casos personas adultas dibujan al profesional de las ciencias como un sujeto con características masculinas. De modo que, se asocia más a los hombres con esta profesión. Por otro lado, considerando las características de nuestra muestra (31 mujeres y 4 hombres) podemos decir que las mujeres comienzan a reconocer a otras mujeres haciendo ciencias, lo que indica que estereotipos de géneros tradicionales, en que las mujeres en este caso comienzan a quebrarse (Vázquez-Cupeiro, 2015).

¿Qué criterios encontraron para realizar la clasificación de las fotografías?

En la herramienta Mentimeter se solicitó que los estudiantes normalistas escribieran los criterios que utilizaron para identificar a los científicos. Del ejercicio se obtuvieron 47 participaciones en tiempo real. En la figura 1 se presenta un ejemplo de una sección de las respuestas.

Figura 1.

Razones de clasificación en científicos.

¿Qué criterios usaste para clasificar en científicos?

Usan lentes	Su arreglo personal de la apariencia física	Edad
Todos pueden ser científicos	Lo visual, como no conozco a muchos científicos así me los imagino	Por su apariencia, que se vieran un poco formal con buena presentación o un poco más inteligentes, como con lentes o que estuvieran peinados
Me basé por su aspecto facial	Su apariencia física, cuidado personal	Que se vean curiosos, son de ambos géneros y varían las edades

Durante el ejercicio realizado de forma presencial con la docente del curso, la actividad implicaba trabajar con la información recabada en el Mentimeter sobre las razones para votar por cada personaje de las fotografías como científicos. Con este conjunto de respuestas los estudiantes clasificaron las razones buscando criterios de selección. Los criterios de clasificación identificados por los estudiantes fueron:

- Criterios asociados a la imagen de la persona en la fotografía. Para este criterio la apariencia física de la persona y la seriedad en la fotografía fue el principal criterio para relacionar la persona con la profesión científica. En este caso los estudiantes toman la decisión considerando la expresión facial que tiene el sujeto retratado. Ejemplo de los criterios establecidos por ellos fue: Aspecto y peculiaridad física, la vestimenta formal y que estuvieran peinados.
- Criterios asociados a accesorios que acompañan a los sujetos de las fotos. En este conjunto de razones los estudiantes agruparon las razones

en que un accesorio que llevaba el sujeto de la fotografía era el referente para clasificarlo como científico. Los audífonos y las gafas fueron los accesorios que sirvieron de referencia para la toma de decisiones. Ejemplo de los criterios fue: Accesorios una mujer tenía como unos lentes transparentes que parecían científicos [refiriéndose a D]; había uno con audífonos entonces no pensé que fuera científico sino gamer [refiriéndose a I].

- Criterios asociados a la composición de la fotografía. En este caso los estudiantes crearon conjuntos de razones guiados por elementos de la fotografía como el fondo. Si se veía un laboratorio en el fondo era un indicio para la selección del científico. Pero una foto “muy producida” también fue un criterio para descartar a la persona.
- Criterios asociados a una reacción ante la fotografía. En este caso los estudiantes ubicaron razones en las que el criterio de clasificación estaba vinculado con una impresión que el sujeto de la fotografía reflejaba para ellos, por ejemplo, al señalar: como no conozco a muchos científicos así me los imagino. Algunas reacciones buscaban rasgos de inteligencia. Ejemplos como: se veían un poco más intelectuales, más serios; usar lentes; las vibras que transmitía. Pero también las facciones más serias o una expresión curiosa fueron razones que se desprendían de mirar la fotografía.
- Criterios asociados a la edad y el género de los sujetos retratados no fueron determinantes para identificar a los científicos en estos criterios generales: son de ambos géneros y varían las edades. Por otro lado, los estudiantes asociaron a las personas de las fotografías con otras profesiones y este fue un criterio para descartar al sujeto como profesional de las ciencias. Ejemplo de lo anterior es: Más bien descarté a los que creía que eran de otra profesión, como modelo o chef.

¿Por qué unos personajes son científicos y otros no?

En el ejercicio que se llevó a cabo de forma presencial con la docente del curso también se solicitó a los futuros profesores que de forma individual comentaran las razones que justificaron su toma de decisiones para reali-

zar la votación en el Mentimeter (ver gráfica 1). En esta sección presentamos dichas razones.

Razones de la selección del Sí

En la interpretación que se hace de las fotografías, los estudiantes buscan rasgos relacionados con la cualidad de intelectual, para ello el uso de los lentes y la ropa formal son accesorios coherentes con ésta. Un ejemplo ilustrativo de esta idea es la respuesta: Lo escogí porque se veía intelectual y los lentes le daban un toque de serio; Se veía intelectual tal vez porque usaba lentes, la hacía verse interesante [refiriéndose a C y F].

Los estudiantes realizaron interpretaciones sobre la composición de las fotografías, especialmente sobre el fondo con la intención de construir sentidos sobre la profesión a la que se dedicaban las personas que se presentaban. Fondos de fotografías con libros, laboratorios o neutros fueron asociados con la profesión científica. Un ejemplo de lo anterior lo representamos con la siguiente respuesta: fondo de atrás ya que aparenta que es un laboratorio; Por el fondo de la foto [refiriéndose a las científicas D y F].

La inteligencia, el gusto y dedicación por el estudio fueron otros rasgos que los estudiantes buscaron en las fotografías. Para encontrarlos relacionaron accesorios que remiten a la idea de inteligencia, por ejemplo: los lentes. Para retratar esta razón presentamos la siguiente respuesta: Los lentes lo hacen ver “ñoño” e inteligente; Tiene cara de que le gusta el estudio [refiriéndose a C y J].

Los estudiantes también buscan en los rostros de las fotografías rasgos que se asocian con valores que están articulados a la actividad científica como son: “correcto/a”, “serio/a” “curioso/a”. Ejemplos de lo anterior son: por su apariencia una persona muy correcta; las expresiones que demuestra seriedad [refiriéndose a las científicas D y F].

Nuestros resultados coinciden con los reportados por otros investigadores (Domínguez, 2013; Fernández, 2002; Serna-Rosell y Vílchez-González, 2018; Vásquez y Mannasero, 2009) puesto que la construcción de representaciones y significados que los estudiantes le atribuyen a los científicos alude a un perfil investigativo, dotado de inteligencia y gran

razonamiento, acompañado de libros como fuentes de información y desarrollando su trabajo en espacios aislados como son los laboratorios. Lo anterior, revela que este grupo de futuros profesores se alinea con las ideas estereotipadas ya informadas en otros contextos.

Razones de la selección del No

Respecto a las razones del No identificamos cuatro casos en que la elección fue muy baja: K con el 1%, B e I con un 2% y H con 5%. A continuación, presentamos las razones comentadas por los futuros profesores y nuestras interpretaciones sobre los estereotipos relacionados a cada caso.

Para el caso de K encontramos en las respuestas de los estudiantes que él no correspondía con el estereotipo de científico. De forma literal la respuesta fue: Porque no cumple con el estereotipo de científico. Esta respuesta escueta no permite tener información sobre a qué se refiere con el estereotipo. Sin embargo, nos lanzamos a realizar la interpretación de que la respuesta puede estar asociada al color de piel de K, quien es originario de la India y tiene un tono de piel moreno. El estereotipo del científico está vinculado a personas de color de piel blanca y no oscura o negra (Serna-Rosell y Vílchez-González, 2018). Este hallazgo nos dejó la necesidad de abordar este ejercicio con la técnica de la entrevista con la intención de recabar más información sobre las razones de las elecciones de los estudiantes.

Respecto a B, las razones que sustentan la no asociación de ella con la actividad científica se deben a la posición que tiene y la producción de su peinado. Lo anterior, los hizo pensar que B era una modelo. Algunas de las respuestas que obtuvimos fueron: parecía modelo de productos o algo así como portada de revistas de catálogos; porque parece una modelo. Una interpretación que realizamos sobre estas respuestas es que la profesión científica se asocia a un lenguaje corporal más conservador en el que la estética del cuerpo y el cuidado de la apariencia física no son expresados para retratarse en una fotografía.

Para el caso de I, encontramos que un accesorio fue clave para su no vinculación como científico, éste fue sus audífonos que llevó a los estu-

diantes a relacionarlo a un “*gamer*”. Este accesorio y su juventud fueron detonantes para construir ese sentido. Un ejemplo de las respuestas recabadas es: por los accesorios de los audífonos, el tipo de foto, las apariencias físicas, y las expresiones que muestra, me hizo pensar que podría ser un *gamer* no un científico. En este caso podemos recuperar la idea de los valores asociados a la actividad científica y en esta fotografía esa “seriedad” que se relaciona con la responsabilidad no eran muy evidentes, dado los audífonos grandes que llevaba I.

En cuanto al caso de H identificamos diversas razones para la no relación de ella con la profesión científica, entre ellas: la edad, la posición en que fue tomada la fotografías y su belleza. Algunas respuestas fueron: se ve muy joven; el tipo de fotografía; por la apariencia física; el verse bonita y tan bien. Nuevamente, tenemos indicios sobre la no relación entre la estética/belleza y la profesión científica. El estereotipo de la no belleza en las mujeres que se dedican a la profesión científica ya ha sido explotado por series de televisión que recrean la cotidianidad de científicos en formación. De modo que, encontramos que este estereotipo se mantiene en el grupo de futuros profesores.

Respecto a la edad encontramos una situación interesante, porque en los casos en que las personas presentadas en las fotografías lucen cercanas a la fisionomía de la edad de ellos (estudiantes de primer semestre de la normal, edades entre los 18–20 años) como es el caso de H, I y J, la edad parece ser un criterio para pensar que no son científicos, tal vez, porque realizan las cuentas de que deben estar cursando la licenciatura. De modo que, aún no pueden ser científicos. A pesar de que el estereotipo que circula sobre la actividad científica es que es una profesión de hombres, blancos con edad adulta y canas (Serna-Rosell y Vílchez-González, 2018) encontramos que A que era un hombre y de edad adulta tuvo una votación baja. Esto nos da indicios de que la edad adulta no es una razón clave para clasificar en científicos y no científicos.

Discusión

Las transformaciones educativas se pueden dar desde distintos escenarios y en distintos planos de concreción (Gimeno, 1991). Uno de los cambios recientes en el currículum nacional para la formación docente es la incorporación del espacio curricular “Introducción a la Naturaleza de la Ciencia” en primer semestre. El plan 2018 introduce una forma distinta de acercarse a la ciencia y su enseñanza colocando al inicio del trayecto formativo el estudio y la discusión acerca de la NdC. Ese inicio permite acercarse a la ciencia no sólo desde la mirada de los contenidos de enseñanza, sino desde las preguntas centrales de producción del conocimiento científico.

Las transformaciones educativas también se dan al moldear el currículum, y en el caso mexicano tiene más impacto dada la orientación única que propone el currículum nacional y que ha de adaptarse a las características de los distintos contextos de la Educación Normal. La incorporación de las salidas de campo a las actividades del curso nos brindó la oportunidad de explorar ideas acerca de la NdC, en particular las ideas de un grupo de estudiantes sobre la imagen de la ciencia y características de los científicos.

El estudio sobre la Naturaleza de la ciencia nos permitió conocer y hacer explícitas las ideas de partida que tienen los futuros profesores sobre los científicos, con la finalidad de reconocer los estereotipos que se ponen en juego al primer contacto con imágenes que pueden ser de un científico o una científica. Mirar la imagen y posteriormente tener contacto con los científicos y las científicas que aparecen en las fotografías, es una manera de cuestionar las ideas iniciales y enriquecer la mirada sobre la tarea científica.

Creemos que modificar esa imagen al inicio de la carrera es una oportunidad para cambiar las concepciones ingenuas y las visiones deformadas acerca de la ciencia y los científicos, y quizá enseñar ciencias desde una perspectiva más humana.

Bibliografía

- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3): 355-386
- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura Documentos de Trabajo IBERCIENCIA, 5.
- Acuerdo secretarial número 259 (1999), por el que se establece el Plan de Estudios para la Formación Inicial de Profesores de Educación Primaria.
- Acuerdo secretarial número 649 (2012), por el que se establece el Plan de Estudios para la Formación de Maestros de Educación Primaria.
- Afanador, H. y Mosquera, C. (2012). Valoración de actitudes hacia la ciencia y actitudes hacia el aprendizaje de la biología en educación secundaria. *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 5(8), 32-49.
- Aguilera, B. E., Chavez-Calvillo, G., Elizondo-Quiroga, D., Jimenez-Garcia, M. N., Carrillo-Tripp, M., Silva-Rosales, L., Hernández-Gutiérrez, R, y Gutierrez-Ortega, A. (2017). Porcine circovirus type 2 protective epitope densely carried by chimeric papaya ringspot virus-like particles expressed in escherichia coli as a cost-effective vaccine manufacture alternative. *Biotechnol Appl Biochem*, 64, 406-414. doi: 10.1002/bab.1491
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Alonzo-Velazquez, J. L., Botello-Rionda, S., Herrera-Guzman, R., y Carrillo-Tripp, M. (2018). Capsidmesh: Atomic-detail structured mesh representation of icosahedral viral capsids and the study of their mechanical properties. *Int J Numer Method Biomed Eng*, e2991. doi: 10.1002/cnm.2991
- Beltrán, J. (2021). *Diseño de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias desde una visita a un laboratorio de investiga-*

- ción sobre diversidad biomolecular*. Tesis. Maestría. Cinvestav Unidad Monterrey.
- Beltrán, J. y Salazar, T. (2021). Actitudes e ideas sobre la Naturaleza de las Ciencias en Estudiantes de Secundaria. *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza. Número extraordinario*. Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14759>
- Bourdieu, P. (2003). Cuestiones de sociología (No. 166). Akal.
- Brandon, R. (1994). Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 99, 59-73.
- Brown, K. (2018). The effects of a university research reactor's outreach program on students' attitudes and knowledge about nuclear radiation. *Research in Science and Technological Education*, 36(4), 484-498.
- Callejas, M. M., Mendoza, E., & Porras, Y. (2012). Unidades Didácticas para aprender sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología en educación básica (Proyecto EANCYT). Anais do II Seminário Hispano Brasileiro-CTS. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 3(3), 116-128
- Carrillo-Tripp, M. (2021-a). Modelado computacional de biomoléculas. Industria 4.0 en la Biotecnología: Applied Biotech Sessions. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/oIT4i48Ki8s>
- Carrillo-Tripp, M. (2021-b). Biofísica molecular de virus: la búsqueda de antivirales de nueva generación. Seminario de investigación, Departamento de bioingeniería. [Video]. YouTube. Tecnológico de Monterrey. <https://youtu.be/NundsrUYuzc>
- Carrillo-Tripp, M. (2021-c). Modelado y estudio teórico-computacional de moléculas con fines biomédicos (y sus aplicaciones). Jornadas digitales por la tierra. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/SDXsP-24VYZw>
- Carrillo-Tripp, M., Brooks, C. L., y Reddy, V. S. (2008). A novel method to map and compare protein-protein interactions in spherical viral capsids. *Proteins*, 73, 644-55. doi: 10.1002/prot.22088

- Carrillo-Tripp, M., Montiel-Garcia, D. J., Brooks, C. L., y Reddy, V. S. (2015). Capsidmaps: protein-protein interaction pattern discovery platform for the structural analysis of virus capsids using google maps. *J Struct Biol*, 190, 47–55. doi: 10.1016/j.jsb.2015.02.003
- Carrillo-Tripp, M., Shepherd, C. M., Borelli, I. A., Venkataraman, S., Lander, G., Natarajan, P., Johnson, J.E., Brooks, Ch. L. & Reddy, V. S. (2009). VIPERdb2: an enhanced and web API enabled relational database for structural virology. *Nucleic Acids Res*, 37, D436–42. doi: 10.1093/nar/gkn840
- Chavez-Calvillo, G., Contreras-Paredes, C. A., Mora-Macias, J., Noa-Carrazana, J. C., Serrano-Rubio, A. A., Dinkova, T. D., Carrillo-Tripp, M. & Silva-Rosales, L. (2016). Antagonism or synergism between papaya ringspot virus and papaya mosaic virus in carica papaya is determined by their order of infection. *Virology*, 489, 179–91. doi: 10.1016/j.virol.2015.11.026
- Chevallard, Y. (1997). La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado. Aiqué.
- Cobo, C., Abril, A. M., y Romero, M. (2020). Indagación reflexiva e historia de la ciencia para construir una visión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia en formación inicial de profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (48), 13–31.
- Cruz, X., Martínez, G., y López, S. (2017). Ponencia: *Actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria*. XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa, 1–16.
- Del Rayo Camacho-Corona, M., Camacho-Morales, A., Gongora-Rivera, F., Escamilla-Garcia, E., Morales-Landa, J. L., Andrade-Medina, M., Herrera, R., Aldo, F., García-Juárez, M., García, P., Tommaso, S., González Barranco, P, & Carrillo-Tripp, M. (2021). Immunomodulatory effects of allium sativum l. and its constituents against viral infections and metabolic diseases. *Curr Top Med Chem*. doi: 10.2174/1568026621666211122163156

- Dhingra, K. (2003). Thinking about television science: How students understand the nature of science from different program genres. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 234–256.
- Diaz-Valle, A., Falcon-Gonzalez, J. M., y Carrillo-Tripp, M. (2019). Hot spots and their contribution to the self-assembly of the viral capsid: In silico prediction and analysis. *Int J Mol Sci*, 20. <https://doi.org/10.3390/ijms20235966>.
- Diaz-Valle, A., Garcia-Salcedo, Y. M., Chavez-Calvillo, G., Silva-Rosales, L., y Carrillo-Tripp, M. (2015). Highly efficient strategy for the heterologous expression and purification of soluble cowpea chlorotic mottle virus capsid protein and in vitro pH-dependent assembly of virus-like particles. *J Virol Methods*, 225, 23–9. doi: 10.1016/j.jviromet.2015.08.023
- Domínguez, S. (2013). Campos de significación de la actividad científica en estudiantes universitarios. *Perfiles Educativos*, 35(140): 28-47.
- Follari, R. A. (1996). La captura en la imagen. *Comunicação & política*, n. s., v. VII, n.2 p. 135-105.
- Fernández, I. (2002). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- Fernández, I., Gil, D., Valdés, P., Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: un requisito esencial para la renovación de la educación científica. En D. Gil- Pérez, et al. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años (29-62)*. OREALC/UNESCO
- García, A. P. Cervantes, R. (2021). Flexibilidad curricular y cursos optativos en la formación normalista. Avances y desafíos. En M. Valadez. *Problemas educativos actuales* (85-120). Universidad de Guadalajara.
- García, A. P., Nájera, M. C., Elías, K. P. (2021). Movilidad Académica en Educación Normal: participación en el Verano de la Investigación Científica. *Educ@rnos*, 11(41): 65-81.

- Gavidia, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (22): 53-66.
- Gimeno, J. (1991). El currículum: una reflexión sobre la práctica. Morata.
- González-Castro, R., Acero Galindo, G., García Salcedo, Y., Uribe Campero, L., Vazquez Perez, V., Carrillo-Tripp, M., Gomez Lim, M. A. (2017). Plant-based chimeric HPV-virus-like particles bearing amyloid-beta epitopes elicit antibodies able to recognize amyloid plaques in APP-tg mouse and alzheimer's disease brains. *Inflammopharmacology*. doi: 10.1007/s10787-017-0408-2
- Hellgren, J. M., y Lindberg, S. (2017). Motivating students with authentic science experiences: changes in motivation for school science. *Research in Science and Technological Education*, 35(4), 409-426.
- Ho, P. T., Montiel-Garcia, D. J., Wong, J. J., Carrillo-Tripp, M., Brooks, C. L., Johnson, J. E., y Reddy, V. S. (2018). VIPERdb: A tool for virus research. *Annu Rev Virol*, 5, 477-488. doi: 10.1146/annurev-virology-092917-043405
- Hodson, D., y Wong, S. L. (2017). Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4): 331-359.
- Ley General de Educación (2019). Texto vigente publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de septiembre.
- Manassero, M. A., y Vázquez, Á. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 1-17.
- Manuel-Cabrera, C. A., Marquez-Aguirre, A., Rodolfo, H.-G., Ortiz-Lazareno, P. C., Chavez-Calvillo, G., Carrillo-Tripp, M., Silva, L. y Gutierrez-Ortega, A. (2012). Immune response to a potyvirus with exposed amino groups available for chemical conjugation. *Virol J*, 9, 75. doi: 10.1186/1743-422X-9-75

- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M.S. Khine (ed.). *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Springer, Dordrecht.
- Montiel-García, D. J., Mannige, R. V., Reddy, V. S., y Carrillo-Tripp, M. (2016). Structure based sequence analysis of viral and cellular protein assemblies. *J Struct Biol*, 196, 299–308. doi: 10.1016/j.jsb.2016.07.013
- Montiel-García, D., Santoyo-Rivera, N., Ho, P., Carrillo-Tripp, M., Brooks III, C. L., Johnson, J. E., y Reddy, V. S. (2021). VIPERdb v3.0: a structure-based data analytics platform for viral capsids. *Nucleic Acids Res*, 49, D809–D816. doi: 10.1093/nar/gkaa1096
- Organización de Estados Americanos, para la Educación, la Ciencia y la Cultura. OEI. (2001). Cuadernos de Iberoamérica, Ciencia, Tecnología y Sociedad una aproximación conceptual. Madrid. España.
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation offield trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325–331.
- Ortiz, H., y Rodríguez, D. (2015). Unidad Didáctica; Actitudes hacia la ciencia: la imagen del científico, una propuesta de autorregulación. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. Edición Extraordinaria*, 1371-1388.
- Pujalte, A., Bonán, L., Porro, S. y Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação*, 20(3), 535-548.
- Quintanilla Gatica, M., Astroza, V., De la Fuente, R., Camacho, J. P., & Cuéllar, L. (2006). *Imagen de las metaciencias en la formación inicial de profesores de EGB*. Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile .
- Ramírez, I., Sanabria, C., Villacorta, R., y Gallardo, G. (2016). Estudio sobre actitudes e intereses científicos en bachilleres de los colegios Sagrado Corazón de Jesús y San Agustín. *Ventana Científica*, 7(12), 1-8.

- Rudolph, J. (2017). A brief review of mentimeter – a student response system. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 1(1), 35–37. doi: 10.37074/jalt.2018.1.1.5
- SEP. (2000). *Ciencias Naturales y su enseñanza II, quinto semestre. Licenciatura en Educación Primaria*. SEP.
- Serna-Rosell, C., y Vílchez-González, J. M. (2018). Estereotipos científicos: percepción del alumnado de un Centro de Adultos de Granada (España). *Revista Científica*, 32(2), 169-182. <https://doi.org/10.14483/23448350.12799>.
- Sibel, E., y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Springer. Science and Education.
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). Implicaciones en la enseñanza: El del alumnado hacia el aprendizaje de la Ciencia desinteresada. *Didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales*, 21, 91-117.
- Svendsen, P. M., & Banner, I. (2019). Vocal and quiet students' attitude towards school biology and biotechnology following an intervention. *Journal of Biological Education*, 55(1), 1–15.
- Toma, R. B. (2020). Comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia y valoración de su dimensión social. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 1–16.
- Valdez-Lara, A. G., Andrade-Medina, M., Alemán-Vilis, J. A., Pérez-Montoya, A. A., Pineda-Aguilar, N., Martínez-Guerra, E., Gaytá, P., y Carrillo-Tripp, M. (2019). Hot-spots and their contribution to the self-assembly of the viral capsid: in-vitro validation. *bioRxiv*. [https://doi.org/10.1016/0022-2836\(86\)90451-1](https://doi.org/10.1016/0022-2836(86)90451-1).
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009). Patrones actitudinales de la vocación científica y tecnológica en chicas y chicos de secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(4): 1-15.
- Vázquez-Cupeiro, S. (2015). Ciencia, estereotipos y género: una revisión de los marcos explicativos. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 22(68): 177-202.

- Watanabe, G., & Gurgel, I. (2011). Redescobrimo a ciência nacional através de uma visita ao Laboratório de Pesquisa Pelletron. *Ciência em Tela*, 4(1), 1-9.
- Watanabe, G., & Kawamura, M. R. (2017). A divulgação científica e os físicos de partículas: a construção social de sentidos e objetivos. *Ciência & Educação*, 23(2), 303-320.
- Woodcock, B. (2013). *"The scientific method" on trial*. Paper presented at the International History and Philosophy in Science Teaching biennial meeting, Pittsburgh, PA.