



¿CÓMO APOYAR A LOS PROFESORES DE CIENCIAS EN FORMACIÓN A PLANEAR UNA INVESTIGACIÓN BASADA EN LA MODELIZACIÓN CIENTÍFICA?

Autores. 1. María Esther Tellez-Acosta .2. Andrés Acher 3. Scott McDonald . 1 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, maria.tellez-acosta@uni-halle.de. 2 Universität Bielefeld, andres.acher@uni-bielefeld.de. 3 Pennsylvania State University, smcdonald@psu.edu.

Tema. Eje temático 7.

Modalidad. 1. Nivel educativo **universitario**.

Resumen. Involucrar a los estudiantes en las prácticas de modelización científica es de creciente interés para la educación en ciencias. Se presentan avances de una investigación basada en el diseño (IBD) enfocada en diseñar, implementar y estudiar dos tipos de apoyos para que los profesores en formación aprendan a planear investigaciones basadas en estas prácticas: pedagogías y herramientas específicas. En el contexto de un curso de enseñanza de las ciencias en la educación primaria, se trabajó con 24 profesores en formación organizados en 6 grupos. Resultados indican dos características importantes en el aprendizaje: a) la integración de ideas de la disciplina con la modelización científica, b) la revisión de dicha integración para establecer qué y cómo enseñar. Se discute cómo apoyos específicamente diseñados favorece que los futuros profesionales aprendan a tomar decisiones epistemológicas y pedagógico-didácticas para guiar y apoyar a los estudiantes en el desarrollo de investigaciones de aula basadas en la modelización científica.

Palabras clave. Formación de profesores de ciencias, planeación, investigaciones de aula, modelización científica, pedagogías, herramientas.

Introducción

Involucrar a los estudiantes en las prácticas de modelización científica es de creciente interés para la educación en ciencias tanto en Colombia como en otros países (KMK, 2004; NRC, 2012; MEN, 2016). Aprender a planear una clase de ciencias con este propósito es aún un reto para los profesores de ciencias en formación (Marzabal & Delgado, 2018). Este reto es aún mayor para aquellos de educación primaria, ya que tienen que aprender como participar ellos mismos en un proceso de modelización científica con niños pequeños (Acher, Arcà, & Sanmartí, 2007). Este aprendizaje incluye al menos *tres* aspectos fundamentales: primero, los profesores en formación tienen que aprender de una manera diferente a la que han aprendido ciencias a lo largo de su vida estudiantil. Ya no es solo necesario el contenido científico, sino la participación en prácticas científicas, como la modelización (Acher, 2014). Son ellos mismos los que tienen que aprender a participar en dichas prácticas, tomando decisiones que integren ideas de la disciplina a enseñar y procesos de cómo se construyen dichas ideas (i.e. su epistemología). Segundo, mientras que los profesores en formación pueden aprender la disciplina de manera integral con la modelización científica, esto no implica que aprendan cómo estructurar lo que van a enseñar, por ejemplo, en forma de una investigación en el aula (Ruge & Mosquera, 2018). Tanto tomar decisiones acerca de cuál sería el camino más adecuado para involucrar a sus estudiantes en las prácticas de modelización, como hacer explícitas dichas decisiones es un aspecto que genera dificultades para los profesores en servicio y más aún para los que están aprendiendo (Wickman, 2012). Tercero, tomar y hacer explícitas estas decisiones implica un proceso social y práctico, que va más allá de “saber”. Los profesores en formación aprenden en interacción con los demás. Es decir, las decisiones y los entendimientos se desarrollan de manera concertada y activa al estar involucrados en pedagogías de práctica. Estas pedagogías en el contexto de formación universitario aproximan a los futuros profesores a las prácticas que desempeñarán en el aula (ej. planeación, enseñanza, reflexión, etc.) (Grossman et al., 2009). De allí que sea un aprendizaje manifestado en lo que hacen, en su visión profesional (Goodwin, 1994), en lugar de, en lo que saben.

En esta investigación se plantea que este aprendizaje profesional de los profesores en formación es difícil que suceda sin apoyos específicos. Así pues, se diseña un ambiente de aprendizaje para los profesores de ciencias en formación fundamentado en tres elementos: la participación en prácticas de modelización científica, el aprendizaje a través de pedagogías con objetivos bien definidos para la planeación de una investigación basada en dichas prácticas de modelización y herramientas específicas como apoyo para el desarrollo de la visión profesional. Este diseño es implementado en el contexto de un curso de enseñanza de las ciencias para la educación primaria, el cual es parte de un programa de formación de profesores en una universidad alemana. La pregunta de la investigación es: *¿Cómo pedagogías y herramientas diseñadas apoyan el aprendizaje de los profesores de ciencias en formación acerca de la planeación de una investigación basada en la modelización científica?*

El aprendizaje de los profesores en formación se caracteriza desde el marco teórico-analítico de la visión profesional (Goodwin, 1994). Se utilizan los tres procesos acordes con esta teoría, que incluyen *destacar, codificar y materializar representaciones*. Con estos procesos como categorías analíticas se interpreta el intercambio social mediante el cual los profesores en formación dan forma y discuten eventos relacionados con la planeación de una investigación basada en la modelización científica. Esto mientras están involucrados en las pedagogías de práctica y usan las herramientas diseñadas. De esta forma se entiende el aprendizaje profesional como proceso práctico que emerge en un contexto determinado y no como la acumulación de saberes.

Referente teórico

1. Modelización científica en la educación primaria.

Se conceptualiza la modelización científica en la educación primaria como la práctica epistemológica en la que se involucran los niños en procesos para la construcción de ideas disciplinares en integración con la práctica modelización (Acher et al., 2007; Manz, 2012). En la medida en la que los niños desarrollan modelos explicativos de fenómenos construyen tanto entendimientos de la disciplina como de la modelización. Es decir, que en el aula las ideas disciplinares y la práctica no son objetivos de aprendizaje aislados. Es así que los profesores en formación han de estar preparados para guiar y apoyar a los estudiantes a lograr estos objetivos de la integración disciplina/práctica.

1.1. Modelización dominio-específica. Un ejemplo para la biología

Se ha encontrado que la participación en prácticas de modelización científica dominio-específicas, por ejemplo, de la biología (Acher & Arcà, 2017), puede favorecer que se logren entendimientos más profundos de esta disciplina y su epistemología. De acuerdo con estos autores, se considera el potencial de las *“Cajas de Transformación”* (TBs por sus siglas en inglés: Transformation Boxes) para orientar a los profesores en formación a aprender no solo *acerca de*, sino *por medio de* sus propias decisiones epistemológicas. Esto es, decisiones en las que ideas de la biología se integran en procesos prácticos de modelización científica. Las TBs como un todo, es un soporte epistemológico abstracto de dominio específico para la biología que se puede representar de forma simple como en el gráfico 1. Las TBs se centran en la interpretación de transformaciones biológicas en los fenómenos naturales. Estas transformaciones están dadas por cambios de *materia, energía e información* en la interacción a diferentes niveles estructurales de los organismos con el ambiente.

Gráfico 1. Representación simple de una TB



Desde una perspectiva sistemática las TBs permiten la interpretación de fenómenos biológicos por medio de cinco “usos” del gráfico 1: a) diferenciación de niveles (macro-micro), b) asociación y representación de estructuras biológicas como TBs, c) diferenciación de transformaciones de materia, energía o información, d) caracterización de funciones biológicas y e) distinción de flujos dinámicos de materia, energía o información entre TBs. Cada uno de estos usos sirve como mediador de las decisiones epistemológicas para la integración de las ideas de la biología en la práctica de modelización científica. Es precisamente esta coherencia epistemológica y disciplinar de las TBs, la que les permite a los profesores de formación alcanzar niveles más complejos de disciplina/práctica a medida que construyen sus propios modelos explicativos de fenómenos.

2. Planeación basada en modelización científica: Pedagogías de práctica

La planeación es uno de los componentes centrales de la práctica profesional de los profesores. Esta práctica consiste en estructurar de manera coherente qué y cómo enseñar, teniendo claro el por qué y el para qué (Gallego, Quiceno, & Pulgarín, 2014). En este caso particular, con el fin de que los profesores puedan involucrar a los estudiantes en investigaciones basadas en la modelización científica implica que en su formación aprendan a: definir un fenómeno relacionado con los seres vivos, formular preguntas de ese fenómeno, proponer una secuencia de modelos explicativos parciales y establecer los aspectos de la biología con los que pueden apoyar a los estudiantes a que construyan sus propios modelos.

Se considera que *pedagogías de práctica* bien definidas son una forma en la que se puede apoyar a los profesores en formación a planear las clases de ciencias (Forzani, 2014). Se han denominado pedagogías de práctica y no solo “prácticas” con la finalidad de enfatizar, primero, que implican el aprendizaje de los profesores en formación mediante una aproximación a lo que será la planeación en su futuro profesional. No es la práctica de planeación *per se* ya que el contexto en el que se desarrollan es en el aula universitaria y no la escuela. Sin embargo, dichas pedagogías son aproximaciones (Grossman et al., 2009) que conllevan decisiones pedagógico-didácticas para diseñar investigaciones basadas en la modelización científica, en la que se pueda involucrar a los estudiantes. Segundo, estas pedagogías abarcan las decisiones epistemológicas producto de la participación de profesores en formación en la modelización dominio-específica. Esto es, la forma en la que se construyen ideas de la biología y de la modelización está relacionada con la forma en la que se construyen ideas acerca de la planeación. Tercero, pedagogías prácticas tienen objetivos bien definidos. Dada la complejidad de la planeación, los formadores de profesores identifican cuales son los componentes centrales de esta práctica de planeación y sus objetivos respectivos. De esta manera, se involucran a los profesores en formación para que alcancen cada uno de estos objetivos gradualmente.

3. Visión profesional en la formación de profesores de ciencias: Herramientas específicas

La visión profesional es una forma de definir e interpretar el aprendizaje de los profesores en formación, desde una perspectiva sociocultural (Ozcelik & McDonald, 2019). En el caso particular de la presente investigación, se considera un aprendizaje que va más allá de tener conocimientos, tanto disciplinares como de la profesión (McDonald, 2016). Es un aprendizaje práctico, entendida la “práctica” como una construcción que los individuos hacen al tomar decisiones en un intercambio y discusiones productivas con los demás (Engle & Conant, 2002). Es así como, promover un aprendizaje caracterizado por una visión profesional, en el que sea más importante lo que hacen los profesores en formación en la práctica, más allá de lo que saben, es un aspecto que aún debe fortalecerse en la formación de profesores.

Desde esta perspectiva, se proponen *herramientas específicas* para promover el desarrollo de la visión profesional basada en la modelización científica. Las herramientas apoyan a los profesores en formación a involucrarse activamente en las pedagogías de práctica dentro de una comunidad de aprendizaje (Kademian & Davis, 2018). Este es un aspecto clave en su profesión, dada su futura participación en comunidades de profesionales y la interacción con los estudiantes en el aula. Más aún, las herramientas apoyan que la participación de los profesores en formación sea más sofisticada y productiva. Esto es, que tengan definidos los propósitos de lo que están aprendiendo para reconocer no solo lo que están haciendo, sino por qué y para qué lo están haciendo (Reiser, 2004). Por ejemplo, para aprender acerca de la biología en integración con su epistemología y acerca de cómo guiar la enseñanza con el propósito de que los estudiantes alcancen esta integración mediante investigaciones basadas en la modelización científica.

Metodología

Se llevó a cabo una investigación basada en el diseño (IBD) (Design-Based Research Collective, 2003) en la que se diseñaron, implementaron y estudiaron un conjunto de tres pedagogías de práctica y herramientas específicas para apoyar el aprendizaje de los profesores en formación acerca de una investigación basada en la modelización científica. Veinticuatro profesores en formación de educación primaria organizados en seis grupos, participaron de manera voluntaria en la investigación. Ellos hacían parte de un curso de enseñanza de ciencias en la educación primaria, correspondiente al segundo semestre de su programa de formación en una universidad alemana. Durante los seminarios del curso los profesores en formación aprendían acerca de las ideas de la biología (aquellas que hacen parte del currículo oficial), de las prácticas de modelización y de la planeación. Sin embargo, la implementación se llevó a cabo en tres sesiones diferentes a las de los seminarios (con cada grupo de manera independiente). Esto con la finalidad de estudiar el apoyo dado por las actividades propuestas en las pedagogías y herramientas específicas al aprendizaje de los profesores en formación (tabla 1).

Tabla 1. Actividades propuestas actividades propuestas en las herramientas específicas según la pedagogía de práctica

Pedagogías de práctica (decisiones pedagógico-didácticas y epistemológicas)	Ejemplo de actividades (tareas y preguntas a discutir) en la herramienta
Sesión 1: Definir un fenómeno natural y formular preguntas orientadoras	Tarea: Escriban una historia corta en la que los personajes expresen diferentes puntos de vista acerca de los cambios que “ven”, “perciben” o “imaginan” cuando interactúan con un fenómeno natural. Preguntas: En la historia, ¿Qué cambios ocurren en diferentes momentos, en diferentes

Pedagogías de práctica (decisiones pedagógico-didácticas y epistemológicas)	Ejemplo de actividades (tareas y preguntas a discutir) en la herramienta
	lugares o a cierta distancia entre sí?
Sesión 2: Construir un modelo explicativo general por medio de las TBs	Tarea: Detallen las condiciones iniciales los resultados de la transformación. Preguntas: ¿Qué desencadena la transformación? ¿Es un aspecto de la materia, energía o información? Si no están seguros, seleccionen uno de ellos antes de que ocurra la transformación y consideren modificar su cantidad o disponibilidad: ¿está ocurriendo un cambio ahora? ¿Cuáles son las consecuencias de la transformación?"
Sesión 3: Diseñar una secuencia de investigación (i.e. modelos parciales, preguntas intermedias) coherente que conlleve a la construcción del modelo explicativo	Tarea: Desarrollen preguntas más concretas que la pregunta orientadora de la investigación basada en modelización. Cada una de estas preguntas se responderá con modelos explicativos parciales. Preguntas: ¿Las preguntas parciales son específicas de aspectos de la biología que se necesitan comprender para interpretar el fenómeno? ¿Cuáles serán estos aspectos? ¿Todos juntos permitirían responder al modelo explicativo final?"

Para responder a la pregunta acerca de cómo pedagogías y herramientas diseñadas apoyan el aprendizaje de los profesores de ciencias en formación, se analizaron grabaciones de video correspondientes a cada sesión y los modelos creados. El análisis interpretativo se realizó por medio de las categorías de la visión profesional: destacar, codificar y materializar representaciones (Goodwin,1994). *Destacar* se refiere a los aspectos que atienden o en los que enfatizan los grupos de profesores en formación acerca de la biología, la modelización o la planeación de la investigación. *Codificar* se refiere al significado que conciertan o discuten de los aspectos destacados. Por ejemplo, el significado de las ideas de la biología en la interpretación del fenómeno por medio de las TBs. *Materializar representaciones* se refiere a la creación o uso de los modelos explicativos en la medida en la que el grupo da significado y toma decisiones epistemológicas o pedagógico-didácticas.

En un primer análisis de las grabaciones de video se caracterizaron los episodios en los que los profesores en formación destacaban, discutían o materializaban sus representaciones de forma grupal siguiendo las tareas y preguntas de las herramientas (ver ejemplos en tabla 1). Solo estos se transcribieron. Se descartaron los episodios en los que se hacía referencia a aspectos diferentes, por ejemplo, acerca de la organización de los integrantes del grupo, opiniones o temas personales, etc. En un análisis más detallado de las transcripciones y representaciones se hizo énfasis en el discurso. Se realizó un análisis de discurso para examinar la relación entre las tres categorías de la visión profesional con el propósito de los apoyos. De esta manera, se caracterizó el aprendizaje de los profesores en formación respecto al diseño.

A modo ilustrativo, se muestra el análisis de uno de los grupos. Este grupo conformado por cuatro profesoras en formación se centró en la siguiente idea curricular de la biología: la percepción, procesamiento y reacción de los organismos a la información proveniente de sus alrededores. De esta idea y de la práctica de modelización las participantes del grupo *destacaron* diversos aspectos y los *codificaron* tomando decisiones epistemológicas para la definición y construcción de un modelo explicativo del fenómeno asociado con la sensación de adormecimiento de un pie. De igual manera, tomaron decisiones pedagógico-didácticas para la formulación de una pregunta orientadora: ¿Cómo puede ser que el pie se duerma y otras partes del cuerpo no (por ejemplo, la espalda o la oreja) cuando se le aplica presión durante mucho tiempo? Además, formularon 3 preguntas intermedias para la investigación (ej., ¿Qué sucede con los nervios del pie cuando se

aplica presión allí?). Durante el proceso de destacar y codificar el grupo creó y utilizó sus propios modelos como *representaciones materiales*.

Resultados y discusión

Dos características en el aprendizaje acerca de la planeación de una investigación basada en la modelización científica emergieron en la práctica. Esto en la medida en que los grupos tenían el apoyo de las pedagogías de práctica y las herramientas específicas. Por un lado, integraron los aspectos de la biología con la modelización científica por medio de los usos de las TBs. Se identificó cómo destacaron y codificaron diversos aspectos de la idea de la biología y de la modelización. Esto, con el soporte de la creación de sus propias representaciones de modelos explicativos del fenómeno definido. Por otro lado, revisaron dicha integración para establecer qué era más apropiado enseñar y cómo a lo largo de una investigación en el aula. Se identificó cómo destacaron y codificaron aspectos de la integración biología/modelización para diseñar la investigación, por ejemplo, para formular una serie de preguntas intermedias que orientan cada etapa de la investigación.

Integración del contenido de biología por medio de los usos de TBs en el desarrollo de modelos explicativos.

En cada una de las sesiones (tabla 1) se identificaron episodios en los que los profesores en formación se dedicaron exclusivamente a desarrollar modelos explicativos con el soporte epistemológico de TBs. Para ello fueron integrando sus propios entendimientos del contenido de la biología y de la modelización. Por ejemplo, en el gráfico 2 se muestran las representaciones materializadas por el grupo de profesoras en formación descrito anteriormente. El gráfico 2 (a) fue realizado mientras el grupo identificaba los cambios en el fenómeno del adormecimiento del pie en diferentes estructuras biológicas o TBs (sesión 1). El gráfico 2 (b) construido en la sesión 2, se materializó para identificar los niveles de las transformaciones, asociar las estructuras biológicas de cada nivel como TBs y, diferenciar entre las dimensiones: materia, energía e información, implicadas en estas transformaciones.

Mientras se materializaban las representaciones del gráfico 2 el grupo discutía las tareas y preguntas propuestas en la herramienta (ver tabla 1). En el caso del gráfico 2 (b), la discusión inició de la siguiente manera:

Juli: ¿Podría dibujar esto [el cuerpo] (1) más grande o tenemos algo más adentro? ¿Cerebro (2), vías nerviosas (3)?

Marie: ¿Quizás el pie (4)?

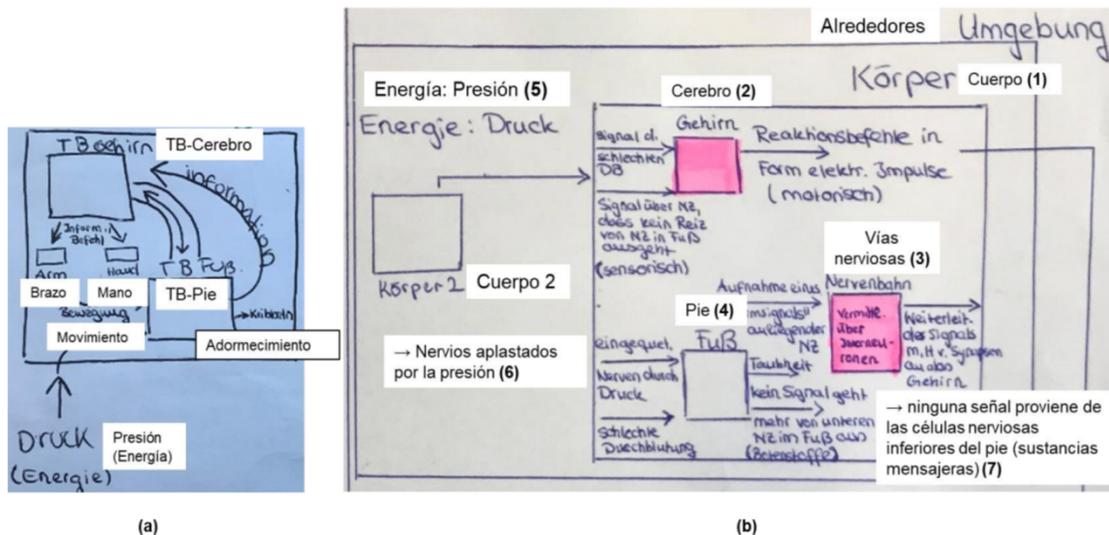
Juli: Correcto, también tenemos el pie. Pero solo existe la presión (5), que tiene un efecto en el cuerpo, ¿verdad?

Gráfico 2. Representaciones materiales construidas para la identificación e interpretación de los cambios en el fenómeno por medio de TBs

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico



Fuente: Propia

El grupo identificó en primer lugar el cuerpo humano como una TB, para destacar que en esa TB se llevan a cabo las transformaciones del adormecimiento del pie. Luego identificaron tres TBs más pequeñas -cerebro, vía nerviosa y pie- como algunas estructuras biológicas implicadas en la transformación de información (señales) y energía (necesaria para transmitir la información de un lugar a otro). De allí, las profesoras en formación empezaron a codificar la diferencia entre transformaciones de materia, energía o información en cada una de estas TBs. Con ello, dieron significado a sus entendimientos y tomaron decisiones epistemológicas. En el caso del TB-pie, desencadena su transformación la presión ejercida sobre este, por un cuerpo externo (cuerpo 2 en el gráfico 2, b). El grupo relacionó esto con un aspecto de energía, dando significado a la transformación de la energía potencial del pie, debido a la presión. El resultado de este cambio es que se interrumpe el flujo normal de las señales o sustancias mensajeras que pasan por el pie. Aspecto relacionado con la información y que el grupo empezó a conectar con las demás TBs en la representación:

Juli: Y entonces está bien, porque las flechas del exterior afectan el cuerpo (6). ¿Dónde está la flecha, señal de no transmisión de estímulos? (7) Para que esos estímulos ya no lleguen al pie.

Marie: Entonces comienza desde el pie a través de las vías nerviosas hasta el cerebro, ¿verdad?

La manera como el grupo destacó y codificó principalmente los aspectos de energía e información de las transformaciones mediante los usos de las TBs, ilustra la manera en la que este soporte epistemológico favoreció la participación de los profesores en formación en la práctica de modelización científica. Tal como Acher & Arcà (2017) proponen las TBs apoyaron la manera como se tomaron decisiones epistemológicas hacia entendimientos más profundos de la biología y su epistemología. De hecho, las decisiones tomadas por el grupo se fundamentaron tanto en los entendimientos de la biología: percepción y procesamiento de información; como de la práctica de modelización científica: construcción y uso de las representaciones materiales para la definición e interpretación del fenómeno (gráfico 2). Aprender a tomar estas decisiones epistemológicas es importante para los profesores en formación ya que esto les permite ganar la experiencia en ver las

ideas de la biología y la modelización como objetivos integrados. Así, en el aula están preparados para guiar y apoyar a los niños pequeños a lograr estos objetivos disciplinares/prácticos al construir sus propias formas interpretativas de fenómenos (Acher et al., 2007; Manz, 2012)

Revisión de la integración biología/modelización en la estructuración de una investigación científica

Además del tipo de episodios descritos anteriormente, se encontraron en cada una de las sesiones episodios en los que los profesores en formación se dedicaron exclusivamente a la revisión de los aspectos de las ideas de la biología integrados en los modelos explicativos. No revisaron los modelos con miras a mejorarlos o modificarlos. En lugar de eso, destacaron y codificaron aspectos más específicos acerca de la percepción y procesamiento de la información que ya habían sido integrados (ej., gráfico 2). A partir de esta revisión tomaron decisiones acerca de cuáles aspectos eran los más apropiados para estructurar la planeación de la investigación. Estos aspectos más específicos corresponden al qué enseñar de la integración biología/modelización a lo largo de la investigación.

A continuación, se muestra una parte de uno de los episodios en la sesión 3, en el que la discusión del grupo de profesoras en formación estuvo orientada a formular las preguntas intermedias de la investigación:

Juli: Entonces, ahora tu opinión podría ser una pregunta parcial ... ¿cómo se envía la información al cerebro? Porque creo que podrías dibujar un modelo parcial de él. Porque se trata de lo que obtienes del modelo parcial.

Vale: ¿Qué tenemos para los modelos parciales? Tenemos el cerebro, tenemos la médula espinal (...)

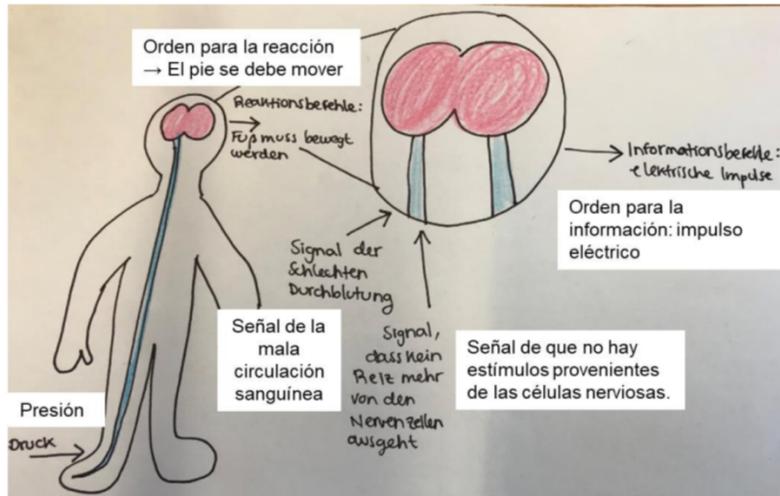
Juli: Bueno, las vías nerviosas, por ejemplo (...) Información. (...)

Vale: Tal vez solo explicamos la sensación de hormigueo. Esa también es una pregunta parcial y esa es la conexión.

En esta parte de la discusión el grupo destacó aspectos de la integración biología/modelización relacionados con el *transporte*, es decir, cómo se envía la información al cerebro. Además, destacó las *estructuras* y *funciones* de los órganos, como el cerebro, la médula espinal y las vías nerviosas para interpretar la sensación de "hormigueo" (adormecimiento) del pie. El significado asignado y discutido alrededor de estos aspectos estuvo dado con el propósito de incluir en la investigación: a) la conexión del pie con el cerebro y b) la función del cerebro de procesar la información. La representación materializada en el gráfico 3, muestra la concreción de la decisión pedagógico-didáctica tomada a este respecto.

Este modelo explicativo representa la etapa de la investigación en la que el grupo esperaba explicar: a) la transmisión de los impulsos nerviosos desde la pierna al cerebro, función de la médula espinal y la conexión de la médula con el pie por parte de las vías nerviosas, b) la recepción de la información desde la médula, la interpretación de la información como sensación de hormigueo y posterior repuesta del cuerpo (liberación de la presión, cambio de la posición del pie, dar un masaje...).

Gráfico 3. Representación material de un modelo explicativo parcial de la investigación



De esta manera, se muestra como los profesores en formación están en el camino de hacer cada vez más explícitas sus decisiones frente a qué y qué no debería hacer parte de la investigación en la que esperan involucrar a los estudiantes (Marzabal & Delgado, 2018; Ruge & Mosquera, 2018). Esto tiene que ver con la productividad de su discusión (Engle & Conant, 2002), por ejemplo que tan apropiadas son las preguntas que proponen, es decir, qué tan definidos tienen los propósitos de lo que están haciendo, de incluir o no, ciertos aspectos de la integración biología/modelización (Acher, 2014).

Conclusiones

Los apoyos (pedagogías de práctica y herramientas específicas) fueron centrales en el aprendizaje de los profesores en formación. Este aprendizaje se manifestó en el desarrollo de una visión profesional acerca de la planeación de una investigación basada en la modelización científica por dos razones principales. Primero, al estar los profesores en formación involucrados en pedagogías de práctica específicas de esta planeación, fundamentadas en una modelización dominio-específica (i.e. por medio del soporte de las TBs) y cuyos objetivos estaban bien establecidos, fueron tomando sus propias decisiones epistemológicas y pedagógico-didácticas de manera gradual. Por ejemplo, las decisiones tomadas en la definición de un fenómeno fueron fundamentales para la construcción de un modelo explicativo de ese fenómeno y para el diseño de la secuencia de preguntas intermedias y de modelos parciales en la investigación.

Segundo, el apoyo de las tareas y las preguntas de las herramientas específicas promovieron la participación activa de los profesores en formación dentro del grupo. De manera concertada y productiva construyeron sus propios entendimientos de la biología en integración con la modelización científica y acerca de la planeación de una investigación apropiada para los niños. Esta productividad se vio reflejada en la manera en la que destacaron, codificaron y materializaron representaciones acerca de los aspectos de la idea de la biología (percepción, procesamiento y reacción de los organismos a la información de sus alrededores) para: a) desarrollar su propio modelo explicativo del fenómeno por medio de los usos de las TBs y b) estructurar qué y cómo enseñar, teniendo en cuenta como estos pueden apoyar a los niños a lo largo de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Acher, Andrés. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1(36), 63–75. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Acher, Andres, & Arcà, M. (2017). *Transformation Boxes (TBs): a system-based guidance to support elementary teacher students to teach and learn scientific modeling. A example through Biological Core Ideas*.
- Acher, Andrés, Arcà, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education*, 91(1), 398–418. <https://doi.org/10.1002/sce>
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding Principles for Fostering Productive Disciplinary Engagement: Explaining an Emergent Argument in a Community of Learners Classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399–483. <https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2004>
- Forzani, F. M. (2014). Understanding “Core Practices” and “Practice-Based” Teacher Education: Learning From the Past. *Journal of Teacher Education*, 65(4), 357–368. <https://doi.org/10.1177/0022487114533800>
- Gallego, D. E., Quiceno, Y., & Pulgarín, D. (2014). Unidades didácticas: Un camino para la transformación de la enseñanza de las ciencias desde un enfoque investigativo. In *VI Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias* (pp. 923–934). Bogotá: Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED.
- Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist*, 96(3), 606–633. <https://doi.org/10.1525/aa.1994.96.3.02a00100>
- Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E., & Williamson, P. W. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record*, 111(9), 2055–2100.
- Kademian, S. M., & Davis, E. A. (2018). Supporting Beginning Teacher Planning of Investigation-Based Science Discussions. *Journal of Science Teacher Education*, 29(8), 712–740. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1504266>
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2004). *Bildungsstandards der kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur konzeption und entwicklung*. Berlin, Germany: Luchterhand.
- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96(6), 1071–1105. <https://doi.org/10.1002/sce.21030>
- Marzabal, A., & Delgado, V. (2018). Trayectorias de aprendizaje en la planificación de secuencias didácticas: Promoviendo la enseñanza orientada a la modelización en la formación inicial de profesores de Química. In *VIII Congreso Internacional de formación de Profesores de Ciencias para la Construcción de Sociedades Sustentables*. Bogotá: Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED.
- McDonald, S. (2016). The Transparent and the Invisible in Professional Pedagogical Vision for Science Teaching. *School Science and Mathematics*, 116(2), 95–103. <https://doi.org/10.1111/ssm.12156>



Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico

Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje: Ciencias Naturales*. Panamericana Formas E. Impresos S.A.

National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K-12 Science Education : Practices , Crosscutting Concepts , and Core Ideas*. Social Sciences. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>

Ozcelik, A., & McDonald, S. P. (2019). Discourse of Professional Pedagogical Vision in Teacher Education. In G. J. Kelly & J. L. Green (Eds.), *Theory and Methods For Sociocultural Research in Science Teaching and Engineering Education* (pp. 181–205). New York and London: Routledge, Taylor & Francis Group.

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. In *Journal of the Learning Sciences*. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2

Ruge, L. A., & Mosquera, C. J. (2018). La modelización en la enseñanza de los conceptos de sustancia y mezcla. In *VIII Congreso Internacional de formación de Profesores de Ciencias para la Construcción de Sociedades Sustentables*. Bogotá: Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED.

Wickman, P. O. (2012). Using pragmatism to develop didactics in Sweden. *Zeitschrift Fur Erziehungswissenschaft*, 15(3), 483–501. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0287-7>