

## **Modelos-modelización: un binomio para construir conocimiento científico escolar en las aulas**

### ***Entrevista a Fanny Angulo Delgado y Ángel López y Mota***

***Por Elsa Meinardi***

En esta oportunidad entrevistamos a dos investigadores sumamente reconocidos en el ámbito de la educación en ciencias: la colega colombiana Fanny Angulo y el colega mexicano Ángel López, quienes se encontraron en oportunidad de la estancia académica que realizara la primera con el grupo del Dr. López. Referentes actuales de una de las líneas de investigación que despierta no pocas controversias, nos cuentan su perspectiva respecto de los modelos y la modelización en enseñanza de las ciencias.

**En este momento hay muchos grupos de investigación en didáctica de las ciencias trabajando en modelización, y entiendo que hay distintas perspectivas, ya sea en relación con a qué se llama modelo y modelización, y también con cuestiones más pragmáticas relacionadas con cómo esta investigación, de acuerdo con el enfoque al que se adhiere, puede ser útil para pensar en la enseñanza. ¿Podrían explicar brevemente cuál es la perspectiva de sus grupos de investigación?**

Nuestra perspectiva, desde el punto de vista teórico, está fundamentada en la visión del epistemólogo norteamericano Ronald Giere sobre modelos científicos, y retomada hace unos veinte años por Mercè Izquierdo y Agustín Adúriz, con el fin de sustentar el concepto de actividad científica escolar, consistente en alentar que las/los alumnas/os piensen con modelos, y los desarrollen y ajusten para explicar fenómenos de interés científico, con valor educativo.

Por otro lado, distinguimos entre asuntos relacionados con los modelos mismos y con la construcción de modelos científicos escolares en las aulas mediante la modelización. Para el lado de los modelos, utilizamos una definición<sup>1</sup> proporcionada hacia 2005 por Rufina Gutiérrez y Roser Pintó, la cual contiene aspectos ontológicos, epistemológicos y psicológicos. Esta la utilizamos para establecer una hipótesis directriz –Modelo Científico Escolar de Arribo- en el diseño<sup>2</sup> y validación<sup>3</sup> de secuencias de enseñanza y aprendizaje y sobre lo cual tenemos algunas publicaciones como la que hicimos con Griselda Moreno para la revista Bio-grafía en 2014. En cuanto a la modelización, nos encontramos buscando el tipo o modelo –de modelizar- más adecuado para ser alentado en clase, de acuerdo con la definición de modelo mencionada.

---

1 “Un modelo científico es una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de objetos con sus propiedades más sobresalientes enlistadas y un conjunto de reglas que declaran el comportamiento de dichos objetos”.

2 Al utilizar la noción de modelo mencionada.

3 Mediante el uso de la modelización.

**¿Consideran que esta perspectiva puede redundar en una mejora de los aprendizajes de ciencia en la escuela o aún estamos lejos de eso?**

Definitivamente, esperamos que con este planteamiento la formación científica escolar mejore; la cual queda mejor encuadrada como construcción de conocimiento científico escolar, que como aprendizajes escolares. En consonancia con un texto de Passmore, Gouvea y Giere, entendemos que los modelos no son simplificaciones de los fenómenos sino herramientas para razonar sobre ellos. Esta distinción tiene profundas implicaciones tanto para las decisiones acerca de qué tipo de modelos incluir en los currículos de ciencias, como en la forma de evaluar las habilidades de los estudiantes como 'modeladores' del mundo. Con ello esperamos mejorar la comprensión de los estudiantes de los fenómenos estudiados por la ciencia –por sobre la memorización-, pero tenemos claro que lo mejor está todavía por venir.

**¿Cuál sería el objetivo de aprendizaje cuando se piensa en usar modelos/modelización para la enseñanza?**

El objetivo consiste en construir conocimiento específico mediante el hecho de modelizar o construir modelos, que es una de las actividades científicas más importantes que se reconocen por filósofos de la ciencia y científicos mismos, la cual ha ido ganando terreno en la Didáctica de la Ciencia. Sin embargo, la modelización –esto es, como conocimiento mediante 'construir modelos'- es un asunto en el cual todavía hay mucho terreno por recorrer; y en él, hay diversas perspectivas de lo que debería significar elaborar modelos.

Ahora bien, siguiendo a Izquierdo y Adúriz en un texto de 2003, enseñar ciencias puede asimilarse a construir ciencia, pero solo si aceptamos que intentar explicar el mundo teóricamente es la característica más importante de la ciencia y el principal objetivo de la ciencia escolar.

Las reflexiones que hemos venido haciendo permiten afirmar que las concepciones sobre 'aprendizaje' -que son fundamentalmente aportes de la Psicología- no parecen suficientes para explicar lo que ocurre cuando tiene lugar la 'modelización' y su implicación, la construcción de conocimiento en un dominio específico. Las razones para asumir esta postura están en los planos ontológico, epistemológico y psicológico, que describen el tipo de conocimiento científico que circula en la escuela. Si entendemos que en la escuela se puede construir ciencia escolar -en tanto se crean unas condiciones didácticas para que el alumno re-elabore sus representaciones mentales para explicar un fenómeno que cabe en el ámbito científico y tiene valor educativo- preferimos adoptar el concepto de 're-elaboración de modelos científicos escolares' (construcción de conocimiento científico escolar). Esta actividad constructiva expresa la actividad del alumno, quien como ente cognoscente activo, y como producto de esta actividad, se aproxima (con su representación mental en forma de modelo estudiantil) al Modelo Científico Escolar de Arribo (previsto por el profesor). En esta aproximación, la modelización no corresponde a los contenidos a 'aprender' fijados previamente desde el currículo. Se trata de una actividad en la que el alumno piensa sobre el mundo mediante modelos –lo más cercanos a los planteados por

la ciencia como sea posible, con el fin de conocer, explicar- que dan cuenta de fenómenos cuyo valor se cifra en el significado que tienen para él/ella. Esto implica un currículo distinto a aquellos que citan ciertos contenidos de enseñanza. Nos estamos refiriendo más bien a un proceso de 'enculturación' del alumno en la cultura científica, que a de uno de repetición de hechos y conceptos.

De acuerdo con Giere en un texto de 2004, las prácticas científicas de representar el mundo son fundamentalmente pragmáticas. Si deseamos comprender estas prácticas, no deberíamos comenzar con el lenguaje matemático en sí mismo, pues suele ocurrir que la clase de ciencias se convierte en una de aplicación de ecuaciones –sin comprender por qué se hace tal-, sino con las prácticas científicas de entender el mundo, en las cuales dicho lenguaje se usa.

### **¿Se espera que los y las estudiantes se aproximen al modelo científico?**

Los/las estudiantes se aproximan –tanto como sea posible- al modelo científico mediante la actividad científica escolar en la que tiene lugar la modelización, con lo cual, sus modelos no son los de la ciencia en sentido estricto, sino los de la ciencia escolar; pero que no pierden de vista lo planteado por la ciencia. Valga la pena precisar que se aspira a que los modelos elaborados por los alumnos les hagan posible describir, explicar y predecir fenómenos de interés científico y valor educativo. Para que el profesor pueda planear una enseñanza que permita a sus alumnos esta aproximación, hemos construido el concepto de *Modelo Científico Escolar de Arribo*; el cual es elaborado teniendo en cuenta la manera de pensar de los estudiantes, el planteamiento curricular y lo planteado por la ciencia.

### **¿Qué o cuál es el Modelo Científico Escolar de Arribo - MCEA?**

Es un referente teórico-metodológico que sirve para obtener criterios de diseño y validación de secuencias de enseñanza dirigidas a la modelización, como se explica en un artículo de hace dos años de la revista colombiana *Bio-grafía*. El MCEA está sustentado en la visión semántica de los modelos científicos de Giere y en la conceptualización derivada de ello de 'ciencia escolar' –proveniente de los planteamientos de Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo- que permite proceder en el diseño y validación de secuencias didácticas.

Al diseñar una secuencia didáctica se debe de conocer de inicio a dónde se quiere llegar en términos de logro en cuanto a la construcción de modelos en clase. La elaboración del MCEA da esa oportunidad. Así, en el marco de investigación de secuencias didácticas, este modelo permite (por el proceso de validación de la misma), conformar los modelos científicos escolares que habrán de convertirse en modelos a enseñar y debieran formar parte del currículo de ciencias. En este sentido un MCEA validado en la práctica, se convierte en un modelo a ser representado por los estudiantes en clase; debido a los logros alcanzados por estos. Una vez estabilizado el MCEA, se convierte en referente para la planeación docente; sin embargo, la metodología puede ser utilizada por los profesores para establecer sus referentes a alcanzar.

### **En la perspectiva de la modelización ¿qué rol juegan las ideas iniciales de los y las estudiantes para pensar la evolución de modelos?**

Las ideas o representaciones iniciales de los y las estudiantes son puntos de partida para la modelización. La literatura en Didáctica de las Ciencias es rica en estudios sobre ideas iniciales, preconcepciones, ideas espontáneas, ideas alternativas o ideas previas de los alumnos –entre otras acepciones. En esta perspectiva de la modelización, se recogen los resultados de esos estudios y se analizan desde la concepción de ‘Modelo Estudiantil Inicial’, en tanto se observan rasgos ontológicos, epistemológicos y psicológicos en las ideas de los alumnos. De este modo, se infieren los modelos de los estudiantes a partir de la literatura especializada y se ponen en tensión con el modelo científico y con el modelo curricular para postular el MCEA.

Los trabajos de Oscar Tamayo y Neus Sanmartí en 2007, evidencian cómo es posible la re-elaboración de los modelos estudiantiles en un contexto de enseñanza que promueve la modelización. Visto así, el reto está en diseñar los MCEA apropiados a las demandas de aprendizaje de los alumnos.

### **¿Cómo se relaciona la modelización con las investigaciones sobre obstáculos de la perspectiva francesa de Astolfi y Rumelhart, por ejemplo?**

Si entendemos que las posiciones de Astolfi y Rumelhart provienen de la tradición francesa de obstáculos epistemológicos derivada de los trabajos de Gastón Bachelard, nuestra investigación presenta referentes más amplios, pues incluye aspectos ontológicos y psicológicos, además de los epistemológicos.

Los aspectos epistemológicos están relacionados con lo que pudiera, en un momento, considerarse como conocimiento científico y qué características debiera tener para considerarse tal o en vías de acercarse a él. Pero dentro de una concepción constructivista del conocimiento escolar, también intervienen en el sujeto que construye conocimiento aspectos de naturaleza ontológica y psicológica. Esto es, relación con asuntos que requieren de una identificación de entes o entidades con ciertas propiedades, que puestas en relación mediante nexos de causalidad –aspecto psicológico-, pueden dar cuenta de la realidad natural del mundo a explicar.

### **¿Qué significa ir de un modelo simple a uno complejo y de uno concreto a uno abstracto en términos de modelización? De alguna manera, ¿no estaría implicando que hay un modelo, o una dirección (unidireccionalidad) en este recorrido de la evolución de modelos conceptuales, es decir, del intuitivo al científico?**

Desde el punto de vista de la formación científica a ser alcanzada en la escuela, los currícula plantean unos objetivos y unas metas a lograr, con lo cual, es posible aceptar cierta unidireccionalidad esperada en los aprendizajes estudiantiles. Sin embargo, generalmente, estos objetivos y metas no tienen sustento en la investigación didáctica y son aprendizajes postulados de manera especulativa.

Todavía es necesaria mucha más investigación sobre los caminos por los que transita el pensamiento espontáneo del alumno/a y su paso al formal-científico; caminos que se pueden ir esclareciendo a partir de 'estabilizar' los MCEA alcanzables por los estudiantes en clase. Es decir, hay que validar la construcción de conocimiento –mediante la modelización– que es posible alcanzar en clase y trazar 'trayectorias de construcción de conocimiento' –en relación con ciertos fenómenos desde preescolar hasta la educación media superior. De esta manera podríamos ir clarificando –mediante la investigación– el sentido utilizado para denominar modelos 'simples' y 'complejos', así como modelos 'concretos' y 'abstractos' para los distintos conocimientos en los ámbitos de la biología, la física y la química; pues dependería de los entes y propiedades en juego y de las posibilidades de establecer inferencias en el comportamiento de los fenómenos.

**Pareciera haber, por el momento, una distancia importante entre este campo de investigación y la práctica de la enseñanza en las escuelas. ¿Pueden dar algún ejemplo concreto que ilustre cómo esta perspectiva puede llegar a cambiar la forma de pensar la enseñanza?**

Claro que sí! Pensamos que la clave está en la formación del profesorado de ciencias en primaria y secundaria y el que algunos de ellos se conviertan en 'puente' entre los investigadores y los profesores. Los profesores –en general– deberían tener la oportunidad de volver constantemente al entorno universitario para reflexionar sobre sus prácticas de enseñanza, sistematizarlas a la luz de enfoques teóricos como el de los modelos y la modelización y desde ahí lanzar la transformación de su práctica docente. Pero otros profesores podrían adentrarse en convertir el diseño y validación de secuencias didácticas en objeto de investigación. Pudiera ser en una dinámica parecida al laboratorio de investigación didáctica que desarrolló Anna María Pessoa en Brasil, en el cual, también la universidad vuelve sus ojos hacia la escuela y establece una fuerte relación con ella. Ya tenemos alguna experiencia con profesores que son estudiantes de Maestría y Doctorado en la Universidad Pedagógica Nacional tanto de Ciudad de México como de Colombia y recientemente empezamos en la Universidad de Antioquia. Tiene que ser un proceso que replantee las concepciones más arraigadas sobre la enseñanza de las ciencias, en el que la fundamentación didáctica sea la lente a través de la cual el profesor observe su práctica. Pero esto no es fácil, porque implica tanto la aproximación del profesor a otras epistemologías y dominios de conocimiento con las cuales no está familiarizado; como el ejercicio intelectual de pensar mediante modelos lo que saben los alumnos, lo que plantea el currículo, lo que dice la ciencia y de allí, postular las metas de enseñanza.

**¿Alguna frase para cerrar?**

Por fortuna, cada vez son más los profesores de ciencias naturales que desde sus escuelas reclaman la posibilidad de acercarse a formas de enseñanza que vuelvan realidad el discurso escrito en lineamientos curriculares y otros documentos que guían la educación científica en nuestros países. En tales documentos, se mencionan asuntos tan importantes

como educar a los alumnos para que interpreten el mundo tal como lo hace la ciencia, que desarrollen la autonomía para que, como ciudadanos, tomen decisiones bien informadas y que la escuela sea un espacio en el que la vida cotidiana tenga su referente de modo que el conocimiento escolar tenga significado para el alumno y le diga algo interesante sobre el mundo. Estamos comprometidos con ello y creemos que la perspectiva de re-construir en la escuela ciertos fenómenos de interés científico, es la clave para una educación en ciencias centrada en la comprensión y adecuada a nuestras sociedades en este momento histórico que vivimos.



**Angel Daniel López – Mota**

PhD Science Education

Universidad Pedagógica Nacional-Ajusco (México)

Área Académica: Aprendizaje y Enseñanza de las Ciencias, Artes y Humanidades

Cuerpo Académico EDUCIEN

*alopezm@upn.mx*



**Fanny Angulo Delgado**

Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales

Universidad de Antioquia (Colombia)

Facultad de Educación

Grupo de Investigación: Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas – GECEM

*fanny.angulo@udea.edu.co*