



# MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ARRIBO COMO REFERENTE PARA EL ABORDAJE DE FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

SARA1 PEREDA GARCÍA  
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
peredag@yahoo.com

ÁNGEL D.2 LÓPEZ Y MOTA  
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
alopezm@upn.mx

## RESUMEN

El Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) lo hemos establecido como un referente -en forma de hipótesis directriz- para orientar el diseño, desarrollo y validación de estrategias didácticas bajo el enfoque de modelos y la modelización. En este caso, lo implementamos para la construcción de modelos científicos escolares relativos a fenómenos electrostáticos con alumnos de secundaria. De esta manera, postulamos un referente para evaluar el nivel de logro de los modelos escolares construidos en el aula con los estudiantes, a partir de compararlos con el MCEA; esto es, los resultados, en términos de modelos, pueden ser comparados con una hipótesis establecida antes de llevar a la práctica una estrategia didáctica.

**Palabras clave:** Modelos, Modelización, Estrategias Didácticas, Electrostática.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo presentamos cómo la idea de modelo científico proveniente de una epistemología semanticista, pueden ser utilizados para diseñar una secuencia didáctica, teniendo como referente un constructo llamado Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA); que nos permite orientar su diseño y





validar la misma –si bien aquí no presentamos todavía resultados de los logros alcanzados- mediante la comparación del MCEA con los Modelos Científicos Escolares Logrados (MCEL) por alumnos de secundaria (13-14 años) al final de la estrategia o secuencia llevada al cabo y a quienes se lleva a construir modelos científicos escolares relativos a fenómenos electrostáticos.

En particular, presentamos cómo se elabora este referente (MCEA) con el objeto de derivar de éste, criterios para diseñar una secuencia didáctica que lleve a modelizar fenómenos electrostáticos en el salón de clases. Así, la estrategia debiera promover actividades, desarrollar herramientas y habilidades cognitivas que le permitan al alumno fortalecer su comprensión de dichos fenómenos mediante la construcción de modelos (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009).

## CONTENIDO

Fundamentamos nuestra propuesta de construcción de modelos desde una perspectiva epistemológica (Giere, 2004) y la complementamos con una visión ontológica (Gutiérrez, 2014), es decir, retomamos elementos ontológicos –entes y sus propiedades- y epistemológicos –enunciados legales- para la construcción de un modelo científico y por el cual entendemos:

**“Un modelo científico es una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas y un conjunto de enunciados legales que determinan el comportamiento de esas entidades. Las funciones esenciales de un modelo son la explicación y la predicción.” (Gutiérrez, 2014:51)**

Es a partir de esta definición que, para la construcción de nuestros modelos de referencia –descritos a continuación- homogenizamos la información –toda en términos de modelos- con el fin de contar con elementos que nos permitan direccionar una estrategia didáctica basada en modelos y que promueva la modelización de fenómenos de la ciencia con interés educativo. Así, inferimos las *entidades* de un sistema determinado y presentes en un fenómeno, con las propiedades asociadas a ellas, y *relaciones e inferencias generalizadas* que dan cuenta del comportamiento y predicciones sobre el sistema delimitado en el fenómeno a ser modelizado. Entendemos por *entidades del sistema*, la “cosa real o concreta, actual o posible” (Bunge, 2001), presente en el fenómeno elegido para ser modelizado – partículas, moléculas, organismos-. Por *propiedades*, los o él “rasgo o característica que posee algún objeto, ya sea conceptual o material.” (Bunge, 2001), esto es, algún atributo que distingue a alguna





entidad –estar cargado eléctricamente-. Por *relaciones* consideramos la mayoría de las propiedades - intrínsecas y relacionales- de las cosas reales, las cuales se conceptualizan como relaciones y, en particular, como funciones (Bunge, 2011); las cuales pueden dar lugar a *reglas* para establecer *inferencias*, entendiendo por éstas el “deducir algo, sacar una consecuencia de otra cosa, conducir a un resultado.” (Diccionario de la Lengua Española, 2015). Las inferencias pueden conducir al establecimiento de *inferencias generalizadas*, es decir al establecimiento de resultados presentes en cada ocasión que se tenga un “*si..., entonces...*”.

En este caso el fenómeno de referencia a modelizar, es de algunos fenómenos electrostáticos. La electricidad es una de las áreas básicas de la Física, y es un tema importante en todo tipo de escolarización básica. Muchos de los fenómenos eléctricos que se presentan en nuestra vida cotidiana son los electrostáticos: si se frota un peine o un globo en nuestro cabello, o una regla con una franela, se observará que el peine y la regla tienen la propiedad de atraer objetos ligeros, como pedacitos de papel. El globo puede quedar sostenido en la pared durante horas. Cuando nos quitamos el suéter en un día seco, podemos oír ‘chasquidos’ y ver- si esta oscuro- pequeñas chispas que ‘saltan’ y sentir ‘toques’. Si caminamos por una tienda alfombrada y de pronto tocamos una varilla, percibimos un ‘toque’. Todos estos ejemplos de fenómenos electrostáticos tienen que ver con las cargas eléctricas en reposo de un cuerpo. Los materiales que se comportan como el peine, el globo o la regla, al ser frotados, están electrizados o cargados eléctricamente; al adquirir esta propiedad son capaces de atraer objetos livianos.

Para entender el comportamiento electrostático de los cuerpos, es necesario analizar las partículas elementales de los átomos: los protones y los electrones. Los protones -presentan carga eléctrica positiva  $+1$  o  $+e$ -, que junto con los neutrones forman el núcleo del átomo; y los electrones que se encuentran orbitando alrededor de este núcleo -presentan la carga eléctrica opuesta, es decir, negativa  $-1$  o  $-e$ -. Los átomos son neutros -es decir, no presentan carga eléctrica-, ya que su número de protones es igual al número de electrones. Como todos los cuerpos están formados por átomos, poseen cargas eléctricas -protones y electrones-; sin embargo, no lo notamos porque estas cargas están *equilibradas*. Las propiedades eléctricas -atracción o repulsión- se presentan en un cuerpo cuando sus cargas están *desequilibradas*; es decir, cuando hay un mayor -o menor- número de electrones que de





protones. Suele presentarse que, si ambos cuerpos están electrizados por la misma carga se repelen, si están electrizados por diferentes cargas, se atraen.

Cuando frotamos la regla, el peine o el globo con otro material, lo que estamos provocando es un desprendimiento de electrones que pasan de un cuerpo a otro -provocando un desequilibrio de cargas en ambos cuerpos-. En algunos materiales, los electrones se desprenden fácilmente por frotamiento debido a que se encuentran muy lejos del núcleo y la atracción que ejerce éste es muy débil. El hecho de que la propiedad eléctrica puede migrar de un objeto a otro, se deduce que puede *moverse* con mayor facilidad en algunos materiales -conductores- y con menor facilidad en otros -aislantes-. Esto da paso a los fenómenos electrodinámicos, que no es nuestro propósito modelizar, pero podemos introducir este contenido al utilizar un electroscopio, ya que podemos observar la presencia y el movimiento de cargas eléctricas en un cuerpo.

En el estudio de los fenómenos electrostáticos, **los estudiantes no pueden ‘ver’ lo que sucede a nivel microscópico**, por lo que recaen en observar algún cambio a nivel macroscópico; lo cual afecta la construcción de un modelo cercano al científico. La comprensión de estos fenómenos es importante en la **educación científica escolar, ya que “una clara comprensión de los conceptos introducidos en electrostática es esencial si uno quiere adquirir una visión científica de los fenómenos electromagnéticos” (Furió y Guisasola, 1999:442).**

Para alcanzar el referente que aquí proponemos (MCEA), como dispositivo teórico-metodológico para el diseño y validación de una secuencia didáctica, comenzamos por construir el Modelo Estudiantil Inicial (MEI). Éste es inferido de las entidades, propiedades y reglas de inferencia de las ideas previas de los estudiantes que se reportan en la literatura especializada (Pereda, 2008; Pereda, S. y López, A., 2009) y que los estudiantes también pudieran presentar al iniciar la secuencia didáctica (Tabla 1). También elaboramos un Modelo Curricular (MCu) proveniente de los contenidos presentados en planes y programas de estudio de educación básica, Secundaria-Ciencias II -Explicación de los fenómenos eléctricos- (Tabla 2); pese a que no suelen estar estructurados en forma de modelos; sino que generalmente consisten en un listado de bloques secuenciados de contenidos, aprendizajes esperados y contenidos específicos (SEP, 2011). Igualmente, tomamos en cuenta las teorías científicas y modelos que soportan dicho contenido curricular -Electrostática en nuestro caso- y que muchas veces se presentan como conjuntos de conceptos y leyes desarticulados, es por ello que de igual manera





construimos lo que llamamos Modelo Científico -MCI- (Tabla 3) -el cual proviene de la consulta de libros de física básicos utilizados en el nivel educativo superior-.

Tabla 1. *Modelo Estudiantil Inicial (Ideas de los estudiantes) 13-14 años*

Entidades	Propiedades	Relación/Reglas de inferencia	Inferencias Generalizadas
Globo, Pared Regla de plástico, Trozos de Papel Cabello, Cepillo	El globo, la regla, los trozos de papel y el cabello son ligeros.  El globo, la regla y el cepillo pueden tener propiedades magnéticas como las de un imán.	<i>Si se frota el globo/regla/cepillo, con la pared/trozos de papel/cabello entonces se atraen.</i>  <i>Si se frota el globo/regla de plástico/cabello con el cabello o ropa/cepillo, entonces se pueden percibir 'toques'.</i>	<i>Si el frotamiento de uno de los cuerpos es más intenso que en otras ocasiones, entonces la atracción entre ambos cuerpos será mayor.</i>

Tabla 2. *Modelo Curricular (Currículo escolar)*<sup>ii</sup>

Entidades	Propiedades	Relaciones/Reglas de Inferencia	Inferencias Generalizadas
Átomo	Su núcleo contiene protones y neutrones.  En su órbita se encuentran los electrones que poseen carga eléctrica negativa.	<i>Si dos cargas eléctricas interactúan entre sí, entonces se producen fuerzas de atracción o repulsión</i>	-No se explicitan las reglas de inferencia-





Tabla 3. *Modelo Científico (Contenidos científicos)*

Entidades	Propiedades	Relaciones/Reglas de inferencia	Inferencias Generalizadas
Electrón	<p>Son portadores de carga eléctrica negativa (<math>e = 1.602 \times 10^{-19}</math> C).</p> <p>Se mantienen en ciertas órbitas alrededor del núcleo atómico por atracción eléctrica.</p> <p>Tiene una masa de <math>9.110 \times 10^{-31}</math> kg y se opone a ser acelerada por fuerza alguna.</p> <p>Presentan un momento magnético intrínseco: spin.</p> <p>La región que rodea a esta carga hay un Campo Eléctrico, manifestado en la presencia de otra carga eléctrica.</p> <p>Los electrones externos (ubicados en los últimos niveles de energía) pueden ser atraídos por otro átomo cercano.</p>	<p><i>Si</i> dos cargas dispuestas en posiciones relativas entre sí, <i>entonces</i> pueden manifestar fuerzas eléctricas de atracción o repulsión.</p> <p><i>Si</i> una carga <math>q_1</math> establece un campo eléctrico en el espacio que la rodea, <i>entonces</i> este campo actúa sobre una carga <math>q_2</math>, dando por resultado una fuerza <math>F_2</math>. <i>Si</i> una carga <math>q_2</math> establece un campo eléctrico e interactúa sobre <math>q_1</math>, <i>entonces</i> se establece una fuerza <math>F_1</math>.</p> <p><i>Si</i> una carga positiva (negativa) es liberada en cualquier punto en la vecindad de otra carga positiva (negativa), <i>entonces</i> experimenta una fuerza de repulsión que actúa radialmente hacia fuera; implicando que las líneas de fuerza de una carga puntual positiva/negativa estén dirigidas radialmente hacia fuera.</p> <p><i>Si</i> dos cargas de signos opuestos se encuentran en proximidad, <i>entonces</i> la concentración de líneas de campo es más grande en la región entre las cargas y se llevan hacia la región central, presentándose una atracción entre ambas.</p>	<p>Dos cargas eléctricas estacionarias, tienden a repelerse o atraerse entre sí con una fuerza proporcional al valor de las cargas e inversamente proporcional a su distancia mutua (Ley de Coulomb: <math>F = (k) \frac{q_1 q_2}{r^2}</math>).</p> <p><i>Si</i> <math>q_1</math> y <math>q_2</math> tienen el mismo signo, bien sean los dos positivos o los dos negativos, <i>entonces</i> el producto <math>q_1 q_2</math>, es positivo lo que indica que es una fuerza repulsiva; por el contrario, <i>si</i> <math>q_1</math> y <math>q_2</math> tienen signos opuestos el producto <math>q_1 q_2</math>, <i>entonces</i> es negativo, lo que indica una fuerza atractiva.</p>
Protón	<p>Son portadores de carga eléctrica positiva (<math>+e = 1.602 \times 10^{-19}</math> C).</p> <p>Tiene una masa de <math>1.673 \times 10^{-27}</math> kg y se opone a ser acelerada por fuerza alguna.</p> <p>La región que rodea a esta carga hay un Campo Eléctrico.</p>		





Materiales (Serie Triboeléctrica)	Pueden ganar o perder electrones, por lo tanto, pueden cargarse eléctricamente.	<i>Si una varilla de vidrio que ha sido cargada positivamente con un trozo de seda, entonces atraerá un trozo pequeño de corcho aún cuando el corcho este descargado: La carga positiva de la varilla atrae a los electrones del corcho y repele a los protones haciendo que estas partículas cambien sus posiciones ligeramente. Como resultado, la carga negativa se acumula en el lado del corcho próximo a la varilla y la carga positiva se acumula del otro lado.</i>	<i>Si un objeto que tiene un número igual de protones y electrones, entonces se dice que no esta cargado o que es neutro.</i>  <i>Si se frota una varilla de vidrio con un trozo de seda, entonces pasan electrones de vidrio a la seda. Si el vidrio pierde <math>N</math> electrones, entonces tendrá <math>N</math> protones más que electrones, por lo que su carga total será <math>Ne</math>. Análogamente, si la seda tiene <math>N</math> electrones más que protones, entonces su carga total será <math>-Ne</math>.</i>  <i>Si existen cuerpos cargados (por fricción o por inducción), entonces se pueden medir y detectar la presencia de cargas eléctricas.</i>
---	---	---	--

Finalmente, una vez que se han elaborado los modelos de los estudiantes (MEI), el modelo que se puede inferir del programa de estudios (MCu) y el modelo basado en un conocimiento científico estándar (MCi) acerca de los fenómenos electrostáticos, se tensionan estos tres modelos y se postula el MCEA (Tabla 4); el cual proponemos actúe como una hipótesis directriz, clara y explícita, que permita contar con criterios para diseñar y validar una secuencia didáctica basada en modelos y modelización (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014).





Tabla 4. *Modelo Científico Escolar de Arribo*

Entidades	Propiedades	Relaciones/Reglas de inferencia	Inferencias Generalizadas
Átomo: Electrones Protones	Los Electrones presentan carga negativa  Los Protones presentan carga positiva	<i>Si se frotran algunos cuerpos, entonces se electrizan ganando electrones.</i>  <i>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.</i>  <i>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas o positivas-positivas), entonces producirán fuerzas de repulsión.</i>  <i>Si dos materiales distintos presentan cargas eléctricas diferentes, y uno de ellos es un material conductor, entonces las cargas eléctricas - principalmente electrones- se mueven y pueden pasar de un cuerpo a otro.</i>	<i>Si un cuerpo tiene el mismo número de protones y electrones, entonces es eléctricamente neutro (no ejercerá fuerzas de atracción o de repulsión).</i>  <i>Si aumentan las cargas eléctricas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas.</i>  <i>Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados, entonces disminuirán las fuerzas eléctricas. Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas.</i>

Consideramos que, con el logro del MCEA, los estudiantes tendrían elementos para explicar, argumentar y predecir los fenómenos electrostáticos y transitar del nivel macroscópico –atracción entre un globo electrizado y la pared- al nivel microscópico, al señalar que las partículas atómicas son responsables de electrizar algunos cuerpos como el globo (Pereda, S. y López, A., 2009; López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014)

El MCEL, el cual es alcanzado al final de la secuencia didáctica, puede entonces ser comparado con el MCEA y con el MEI; logrando saber, entonces, si el modelo postulado como hipótesis directriz (MCEA) de la secuencia didáctica puede ser alcanzado y qué tanto fueron modificados los modelos iniciales de los estudiantes a partir de la misma (Figura 1). De esta manera, podemos validar la secuencia







didáctica frente a lo que nos propusimos (MCEA) y no simplemente una transformación de la manera inicial de pensar de los estudiantes.

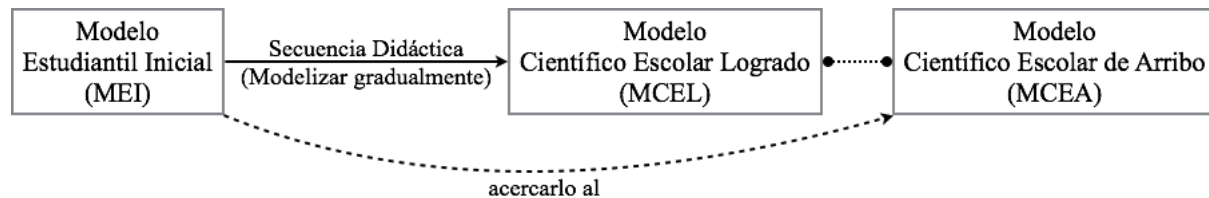


Figura 1. El MCEA se constituye como una hipótesis directriz a alcanzar mediante la secuencia didáctica sustentada en modelos y modelización.

Con la construcción del MCEA podemos establecer los criterios que orientan el diseño de una estrategia didáctica basada en modelos y que a continuación enunciamos:

- Identificar entidades y propiedades no consideradas por los estudiantes en su modelo inicial y que son requeridas para explicar el fenómeno de la electrostática en cuestión, en términos del MCEA.
- Introducir las relaciones entre entidades no consideradas por los alumnos en su modelo inicial y que son necesarias para explicar el fenómeno de la electrostática en cuestión, en términos del MCEA.
- Buscar establecer reglas de inferencia e inferencias generalizadas no visualizadas por los estudiantes en su modelo inicial y que están postuladas para su logro en el MCEA y explicar el fenómeno tal como ha sido considerado en éste.
- Diseñar una situación en la que se pueda aplicar el modelo construido al final de la secuencia didáctica, pero a un nuevo fenómeno electrostático; aunque de carácter muy similar al introducido en clase.

El diseño de la secuencia didáctica con base en el MCEA, nos permite:

- Lograr conocimiento de en qué medida el MCEL por los estudiantes al final de la secuencia didáctica, se acercó al MCEA; permitiendo validar la estrategia didáctica.
- Delinear etapas o fases de la secuencia didáctica con base en la definición de modelo adoptada.





- Alentar un acercamiento al fenómeno en cuestión y exploración del mismo, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.

## CONCLUSIÓN

Con el MCEA es posible saber dónde y cómo se quiere llegar con nuestros alumnos en términos de la construcción de conocimientos basada en modelos sobre fenómenos electrostáticos, tomando en cuenta la manera de pensar del estudiante, lo planteado por el programa de estudios y el conocimiento científico.

## REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1, 40-49.
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2015). Recuperado de <http://www.rae.es/ayuda/diccionario-de-la-lengua-espanola>
- Bunge, M. (2001). Diccionario de Filosofía. México: Siglo XXI Editores, pp. 219.
- Furió, C. y Guisásola, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 441-452.
- Giere, R. N. (2004). "How Models are Used to Represent Reality", *Philosophy of Science*, 71 (December 2004) pp. 742-752.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos. Aproximaciones y alternativas. *Revista Bio-grafía*, Vol. 7(13), 37-66.
- López-Mota, A. y Moreno-Arcuri, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: El caso del fenómeno de la fermentación. *Revista Bio-Grafía*, 7(13), 109-126.





Pereda, S. (2008). *Diseño de una estrategia didáctica para propiciar el cambio conceptual sobre electrostática en alumnos de secundaria*. (Tesis de maestría). Recuperada de Biblioteca Gregorio Torres Quintero.

Pereda, S. y López, A. (2009). Estrategia didáctica para propiciar el cambio conceptual sobre electrostática en alumnos de secundaria. *Entre Maestros*, 9(31), 22-27.

SEP (2011). *Programas de estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Secundaria. Ciencias*. México, D. F.:Secretaría de Educación Pública.

## NOTAS FINALES

---

<sup>i</sup> La inferencia surge a partir de una evaluación mental entre distintas expresiones [o hechos] que, al ser relacionadas/os como abstracciones, permiten trazar una implicación lógica [o factual]

<sup>ii</sup> Este modelo se infiere a partir de lo que se menciona en los Planes y Programas de Estudio de Educación Básica Secundaria-Ciencias, con respecto a “Explicación de los fenómenos eléctricos” (SEP, 2011:57)

